

Arlena KOWALSKA
Uniwersytet Śląski, Sosnowiec

METODY ELEKTROMAGNETYCZNE W OKONTUROWANIU ZASOLONYCH WÓD PODZIEMNYCH NA OBSZARZE ZANIECZYSZCZONYM ODPADAMI KWK „BRZESZCZE – SILESIA”

Streszczenie. Metody elektromagnetyczne są skutecznym narzędziem w ochronie środowiska gruntowo-wodnego. W niniejszej pracy posłużyły okonturowaniu zanieczyszczeń wód podziemnych w ośrodku porowym na obszarze zdegradowanym depozycją odpadów ciekłych – zbiornik wód słonych Rontok Duży i stałych – składowisko odpadów powęglowych KWK „Brzeszcze-Silesia”. Badania elektromagnetyczne przeprowadzono w wersji pomiarów bardzo niskiej częstotliwości (VLF – Very Low Frequency) miernikiem WADI oraz pomiarów konduktometrem EM-34. Wykorzystanie różnej aparatury pomiarowej do badań elektromagnetycznych, na obszarze zanieczyszczonym, pozwoli na porównanie wyników badań, zatem w przyszłości na tej podstawie będzie można dobrać odpowiednią aparaturę w zależności od zapotrzebowania.

ELECTROMAGNETIC MAPPING OF GROUNDWATER SALINITY WITHIN CONTAMINATED AREA OF THE ‘BRZESZCZE – SILESIA’ COAL MINE

Summary. Electromagnetic methods are efficient tools in groundwater protection. The paper presents electromagnetic mapping of groundwater contamination within degraded area of the ‘Brzeszcze – Silesia’ Coal Mine. Mine water reservoir ‘Rontok Duży’ and coal mining waste dump of ‘Brzeszcze – Silesia’ are situated in the area. The measurements have been made with two electromagnetic geophysical techniques: Very Low Frequency with WADI equipment and ground conductivity meter EM-34. Comparison of results acquired with different measurement methods allows selection of proper equipment in the future.

1. Wstęp

Badaniami objęto obszar Kasztovej Dziury (gmina Pszczyna) zanieczyszczony odpadami KWK „Brzeszcze – Silesia”. Głównymi składnikami wpływającymi negatywnie na środowisko wodne, na wybranym obszarze są chlorki, siarczany oraz niektóre metale ciężkie (ołów, kadm, chrom, cynk) migrujące do wód podziemnych ze zbiornika wód słonych Rontok Duży i składowiska odpadów pogórnictwa w Rudoltowicach.

Celem niniejszej pracy jest wskazanie metod elektromagnetycznych jako użytecznych w okonturowaniu zasolonych wód podziemnych. Do pomiarów zanieczyszczeń wykorzystano miernik WADI oraz konduktometr EM-34, co pozwoli na porównanie otrzymanych wyników badań i ułatwi przyszły wybór aparatury w zależności od potrzeb.

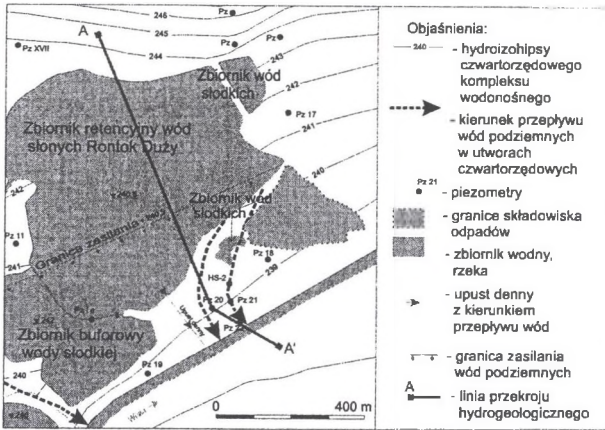
2. Obszar badań

Badania elektromagnetyczne zrealizowano w województwie śląskim, gminie Pszczyna, sołectwie Rudoltowice, na obszarze Kasztovej Dziury. Teren ten należy do obszaru górniczego Kompani Węglowej S.A., Centrum Wydobywczego Wschód, KWK „Brzeszcze – Silesia”.

2.1. Warunki hydrogeologiczne

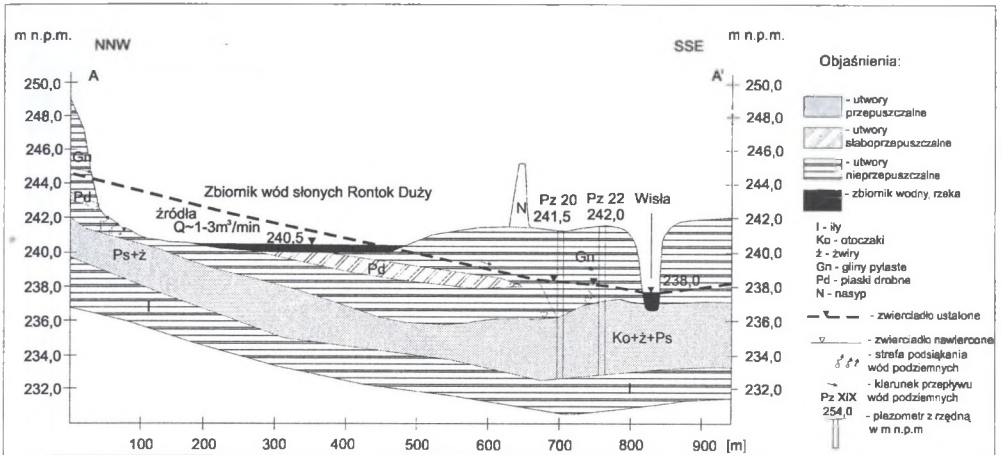
Na badanym obszarze występuje czwartorzędowy poziom wodonośny, którego miąższość wynosi od 3 do 10 m. Przepływ wód podziemnych czwartorzędu odbywa się w kierunku południowym, zgodnie z kierunkiem splywu wód powierzchniowych (rys. 1). Poziom ten ma charakter ciągły i budują go utwory słabo wysortowane, najczęściej utwory piaszczysto – zwirowe i otoczaki. Średni współczynnik filtracji wyznaczony na podstawie 10 otworów na terenie Goczałkowic i Rudoltowic wynosi $k_{sr}=1,83 \times 10^{-4}$ m/s. Zwierciadło jest słabo naporowe, rzadko swobodne i wykazuje ścisły związek z utworami powierzchniowymi (Sady, 1998). Poziom ten jest zasilany wodami atmosferycznymi, zatem głębokość położenia

zwierciadła wód jest uwarunkowana wielkością opadów (Chmura, Chowaniec, 2000) (rys. 1, 2).



Rys. 1. Mapa hydrogeologiczna obszaru wokół zbiornika Rontok Duży wraz z linią przekroju (rys. 2), (wg Sady, 1998)

Fig. 1. The hydrogeological map of the area around the Rontok Duży reservoir with the cross-section line (fig. 2), (Sady, 1998)



Rys. 2. Przekrój hydrogeologiczny A-A' (wg Kajder, 1977; Sady, 1998)

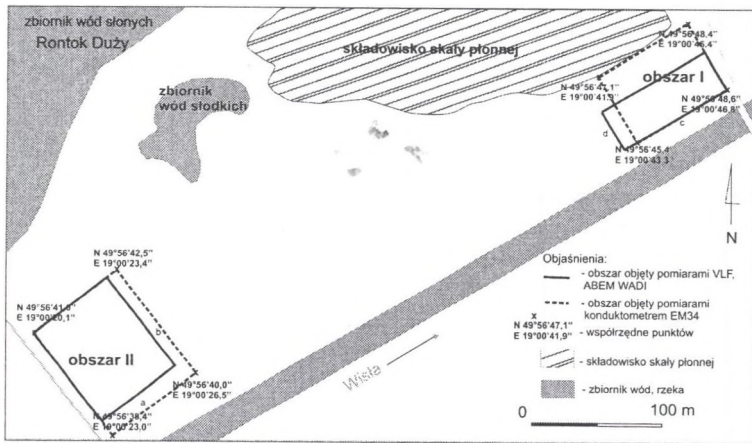
Fig. 2. The hydrogeological cross-section A-A' (Kajder, 1977, Sady, 1998)

3. Metodyka i interpretacja badań

3.1. Metoda elektromagnetyczna VLF (Very Low Frequency)

Metoda elektromagnetyczna bardzo niskich częstotliwości (VLF – Very Low Frequency) pozwoliła na okonturowanie zasolonych wód podziemnych na podstawie pomiaru odpowiedzi ośrodka geologicznego na indukowane pole elektromagnetyczne. W pomiarach wykorzystano miernik ABEM WADI, który odbiera sygnał z jednego spośród 42 światowych nadajników wojskowych generujących pierwotne fale elektromagnetyczne o częstotliwości 15 – 30 kHz. Miernik WADI rejestruje dwie składowe sygnału będące odpowiedzią ośrodka skalnego na pierwotne fale elektromagnetyczne. Są to wartości składowej urojonej (quadrature) i rzeczywistej (in – phase) (Abem, 1993).

Pomiary elektromagnetyczne VLF przeprowadzono w listopadzie 2005 roku i maju 2006 roku na dwóch obszarach wybranych na podstawie największego spodziewanego zasolenia czwartorzędowego zbiornika wód podziemnych. Na lokalizację pomiarów (rys. 3) miały również wpływ warunki terenowe.

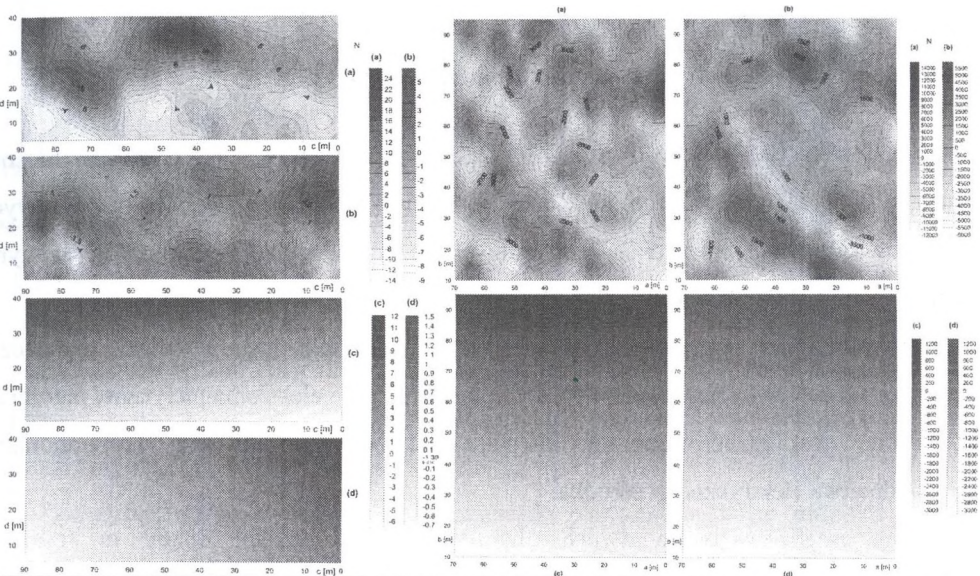


Rys. 3. Lokalizacja pomiarów VLF miernikiem WADI i pomiarów konduktometrem EM34
 Fig. 3. The location of VLF measurements with the WADI measurer and measurements of EM34 conductometer

Rysunek 4 przedstawia mapy wypadkowego pola elektromagnetycznego obszaru I o powierzchni 90x35 m, rys. 5 przedstawia mapy obszaru II o powierzchni 70x85 m. Odległości pomiędzy punktami i profilami dla obu obszarów pomiarowych wynosiły 5 m.

Mapy (rys. 4, rys. 5) oznaczone symbolami (a) i (b) powstały na skutek interpolacji danych pomiarowych metodą krigingu, natomiast mapy oznaczone symbolami (c) i (d) otrzymano interpolując dane pomiarowe metodą regresji wielomianowej w programie Surfer 8. Regresję wielomianową zastosowano dla wskazania ogólnego trendu danych przy znacznym wygładzeniu powierzchni. Mapy oznaczone symbolami (a) i (c) prezentują dane rzeczywiste wypadkowego pola elektromagnetycznego, natomiast (b) i (d) to mapy utworzone na podstawie danych urojonych wypadkowego pola elektromagnetycznego.

Wody słone charakteryzują się znacznymi dodatnimi anomaliami zarówno w wartościach rzeczywistych, jak i urojonych wypadkowego pola elektromagnetycznego. Natomiast wody niezanieczyszczone można rozpoznać na podstawie dodatnich anomalii wartości rzeczywistych, niepokrywających się z wartościami urojonymi wypadkowego pola elektromagnetycznego.



((a),(c) – wartości rzeczywiste wypadkowego pola elektromagnetycznego; (b),(d) – wartości urojone wypadkowego pola elektromagnetycznego; (a),(b) – interpolacja metodą krigingu; (c),(d) – regresja wielomianowa)

Rys. 4. Mapy wypadkowego pola elektromagnetycznego obszaru I

Fig. 5. The maps of electromagnetic field of the I field

Rys. 5. Mapy wypadkowego pola elektromagnetycznego obszaru II

Fig. 5. The maps of electromagnetic field of the II region

Na obszarze II (rys. 5) stwierdzono bardzo wysokie wartości wypadkowego pola elektromagnetycznego, spowodowane warunkami pogodowymi. Na mapach (a) i (b) (rys. 5)

wyraźnie zaznaczają się dwie strefy, które mogą wskazywać obszary migracji solanki ze zbiornika Rontok Duży. Strefa w części północnej może być związana z infiltracją wody słonej ze zrzutu wód w kierunku studni. Druga strefa może wskazywać na nieszczelność koryta zrzutu wód.

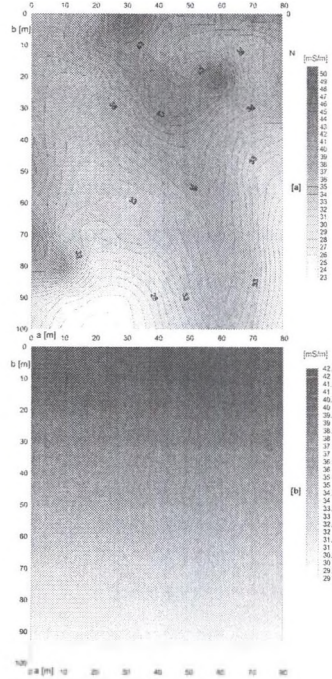
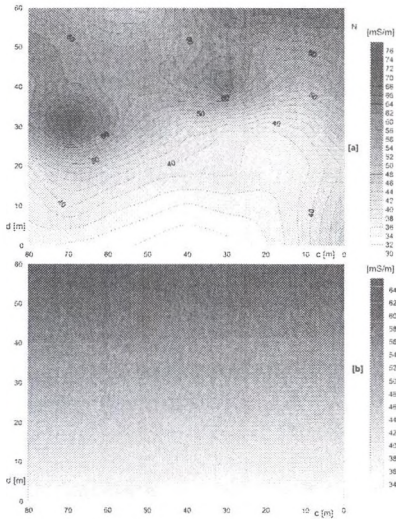
Na podstawie przeprowadzonych badań na obszarze I (rys. 4) rozpoznano na północy obszar zanieczyszczonej warstwy wodonośnej. Świadczą o tym wyraźne dodatnie anomalie wartości rzeczywistych (a) (rys. 4) i dodatnie anomalie wartości urojonych (b) (rys. 4). Najprawdopodobniej obszar ten nie jest bezpośrednio zanieczyszczany wodami słonymi ze zbiornika Rontok Duży, a wykazane zanieczyszczenia pochodzą ze składowiska odpadów pogórnich. Mapy (c) i (d) (rys. 4) wyraźnie wskazują, że im bliżej składowiska odpadów powęglowych, tym bardziej widoczne dodatnie anomalie w wartościach rzeczywistych i urojonych wypadkowego pola elektromagnetycznego.

3.2. Metoda elektromagnetyczna – konduktometr EM-34-3XL

Konduktometr EM-34-3XL firmy GEONICS zastosowano w celu wyznaczenia stref migracji zanieczyszczeń ze zbiornika Rontok Duży i składowiska odpadów powęglowych w Rudołtowicach oraz porównania otrzymanych wyników badań z danymi uzyskanymi z aparatury VLF – ABEM WADI.

Wykorzystany w pomiarach konduktometr zbudowany jest z cewki nadawczej i odbiorczej, gdzie cewka nadawcza wytwarza pierwotne pole elektromagnetyczne, natomiast pole wtórne jest generowane w ośrodku geologicznym i jest proporcjonalne do przewodnictwa elektrycznego ośrodka.

Badania zrealizowano na dwóch obszarach o powierzchni 80x60 m (rys. 6) i 100x80 m (rys. 7) w maju 2008 roku. Pola pomiarowe rozmieszczono podobnie jak wcześniej wykonane pomiary VLF, powiększając teren badań w miarę możliwości ograniczonych zagospodarowaniem terenu (rys. 3). Przy rozstawie cewek 10 m przeprowadzono pomiar z poziomą orientacją dipola (cewki zorientowane pionowo) – HD10, zasięg penetracji ośrodka geologicznego w tym przypadku wynosi około 7,5 m.



([a] – interpolacja metodą Krigingu, [b] – regresja wielomianowa)

([a] – interpolation with the Kriging method, [b] – regression polynomial)

Rys. 6. Mapy pozornej przewodności elektrycznej Rys. 7. Mapy pozornej przewodności elektrycznej
ośrodka geologicznego na obszarze I ośrodka geologicznego na obszarze II
Fig. 6. The maps of electric conductivity of Fig. 7. The maps of seeming electric conductivity of
geological environment on the area I geological environment on the area II

Mapy pozornej przewodności elektrycznej ośrodka geologicznego (rys. 6, rys. 7) oznaczone symbolami [a] utworzono interpolując dane pomiarowe metodą krigingu, natomiast mapy oznaczone symbolami [b] powstały na skutek interpolacji danych metodą regresji wielomianowej w programie Surfer 8.

Zakładając, że przewodność elektryczna dla piasków w strefie saturacji wynosi od 5 do 25 mS/m (Schön, 2004) można zauważyć, że wartości na obu mapach są podwyższone, zwłaszcza na obszarze I (rys. 6). Może to świadczyć o wpływie składowiska odpadów powęglowych na jakość wód podziemnych, gdyż teoretycznie zbiornik Rontok Duży oddziałuje na wody podziemne głównie w części zachodniej terenu badań (Dusza, 1994). Im bliżej składowiska, tym wartości pozornej przewodności elektrycznej są wyższe (rys. 6 [b]) i osiągają maksymalnie wartość ponad 70 mS/m. Na obszarze tym wody zanieczyszczone

migrują najprawdopodobniej dwiema strefami, zgodnie z kierunkiem przepływu wód podziemnych.

Obszar II (rys. 7) charakteryzuje się pozorną przewodnością elektryczną sięgającą maksymalnie ponad 49 mS/m. Szczególną uwagę zwraca na tym obszarze jedna strefa migracji wód słonych, położona w części centralnej terenu badań, rozprzestrzeniająca się w kierunku południowym zgodnie z przepływem wód podziemnych oraz południowo – wschodnim, w kierunku studni. Podwyższone wartości pozornej przewodności elektrycznej można również zauważyć wzdłuż zachodniej krawędzi obszaru, co może świadczyć o nieszczelności koryta zrzutu wód, zwłaszcza w części południowej obszaru II.

4. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań na wybranym obszarze wykazano użyteczność konkretnej aparatury pomiarowej (ABEM WADI i EM-34-3XL) w badaniach środowiskowych. Wybrane metody elektromagnetyczne są skutecznym narzędziem w okonturowaniu zasolenia wód podziemnych spowodowanego migracją zanieczyszczeń ze zbiornika kopalnianych wód słonych i składowiska odpadów powęglowych.

Ponadto można zauważyć, iż pomimo rozbieżnego czasu przeprowadzanych badań, poszerzenia obszarów pomiarowych i odmiennej aparatury do pomiarów elektromagnetycznych oraz mierzonych wartości, na otrzymanych mapach wypadkowego pola elektromagnetycznego i pozornej przewodności elektrycznej wskazano podobne strefy migracji zanieczyszczeń.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów stwierdzono, że:

- Wody słone migrują ze zbiornika Rontok Duży wąskimi strefami w kierunku rzeki Wisły i studni; obie metody pozwoliły na okonturowanie strefy migracji wód słonych w części centralnej obszaru II.
- Koryto zrzutu wód jest prawdopodobnie nieszczelne.
- Na podstawie pomiarów VLF stwierdzono, że zanieczyszczenia ze składowiska odpadów powęglowych mają charakter aureoli mniej więcej równomiernie otaczającej źródło

zanieczyszczeń, powiększenie obszaru pomiarowego w pomiarach konduktometrem EM-34 pozwoliło na wskazanie dwóch stref migracji zanieczyszczeń ze składowiska.

BIBLIOGRAFIA

1. Abem: Instruction Manual Abem Wadi VLF, 1993.
2. Chmura A., Chowaniec J. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000. Arkusz Kęty (993), Warszawa 2000.
3. Dusza D.: Analiza skuteczności zabezpieczeń złoża borowiny „Rudołtowice” przed infiltracją wód słonych z KWK „Silesia” Czechowice – Dziedzice. Politechnika Śląska, Gliwice (niepublikowana) 1994.
4. Kajder Z.: Goczałkowice Zdrój, zabudowa piezometrów wokół złoża borowiny, profile geologiczne. Wojewódzkie Przedsiębiorstwo Wiertniczo – Geologiczne, Tychy 1977.
5. Sady A.: Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w związku z wydobywaniem kopaliny ze złoża węgla kamiennego KWK „Silesia”. Przedsiębiorstwo Usługowo – Produkcyjno – Handlowe PROGEO Sp. z o.o., Katowice 1998.
6. Schön J., H.: Physical properties of rocks - Fundamentals and principles of petrophysics, Elsevier, Amsterdam 2004.

Recenzent: Dr hab. inż. Marek Pozzi
Profesor Politechniki Śl.