

Marta KONDRACKA<sup>1</sup>, Marzena KLECZKA<sup>2</sup>

BADANIE OPORNOŚCI ELEKTRYCZNEJ  
ODPADÓW POGÓRNICZYCH RUD ZN – PB

ELECTRICAL RESISTIVITY OF POSTMINING WASTES, OLKUSZ, SOUTHERN  
POLAND

**Abstract**

Preliminary tests were performed to evaluate the electrical resistivity of post-mining wastes. The electrical resistivity of postflotation and post-launders wastes was examined with field and laboratory geoelectrical measurements. Depending on wastes type different electrical resistivity ( $\rho$ ) was observed. The post-launders wastes were characterized by much higher electrical resistivity ( $\rho \in 82-2415 \Omega m$ ) than post-flotation wastes ( $\rho \in 4-14 \Omega m$ ) examined with laboratory measurements. The values examined with field measurements were different than laboratory measurement. The electrical resistivity of post-launders wastes were  $\rho \in 15-9000 \Omega m$  and for post-flotation wastes were ( $\rho \in 5-15 \Omega m$ ). The difference between electrical resistivity of postlaunders and postflotation wastes is caused mainly by different mineralogical composition of the wastes.

**Key words:** electrical resistivity, geoelectrical measurements, post-mining wastes, post-launders wastes, post-flotation wastes

**Wstęp**

Elektryczna oporność elektryczna zależy od wielu własności badanego podłoża. Zależy ona od składu mineralnego, zróżnicowania wielkości cząstek stałych, oporności elektrycznej cieczy i gazów wypełniających pory skały, stopnia nasycenia porów, struktury i tekstury, a w szczególności sposobu wzajemnego rozłożenia porów w skale, stosunków hydrogeologicznych i geochemicznych. (np. McNeill 1990, Samoučliana A i in., 2005)

Celem badań było określenie zróżnicowania oporności elektrycznej odpadów pogórnich zdeponowanych na składowisku w Pomorzanach - dzielnicy miasta Olkusz. Obszar badań odpadów płuczki leży na terenach objętych dawną działalnością górnictwem obecnie zurbanizowanych.

Zwał odpadów powstał w wyniku przeróbki i działalności wydobywczej prowadzonej przez kopalnię galmanu „Józef” w miejscowości Stary Olkusz w latach 1896-1931. (Cabała, 2007) Zwałowisko odpadów pogórnich zajmuje powierzchnię ok. 5,71 ha. W obszarze składowiska zalegają pryzmy odpadów popłuczkowych oraz poflotacyjnych. Z tego też powodu mamy do czynienia ze zróżnicowaniem odpadów pod względem składu chemicznego. Odpady popłuczkowe o charakterystycznej czerwonej barwie, zawierają tlenki i wodorotlenki Fe (goethyt), węglany i siarczki cynku, kaolinit, illit i dolomit, charakteryzuje się wysoką zawartością

<sup>1</sup> Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200, Sosnowiec, martakondracka @o2.pl

<sup>2</sup> Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41 – 200, Sosnowiec, marzena.kleczka@poczta.fm,

kadmu, który związany jest z siarczkami żelaza. Odpady poflotacyjne o charakterystycznej szarej barwie, zawierają znaczne ilości ołowiu do 25%, galenę, żelazo związane jest w siarczku (pirycie i markasyce), gips, minerały ilaste i SiO<sub>2</sub>, małą zawartość węglanów oraz wysoką zawartością talu. (Cabała, 2007)

## **Metodyka badań**

### ***Pomiary polowe***

Dziesięć płytkich sondowań elektrooporowych wykonano miernikiem Terrameter SAS 300C (ABEM, 2006) w układzie Schlumbergera bezpośrednio na odpadach pogórnich. Elektrody potencjałowe umieszczono w odległości 0,1 m od środka rozstawu, a elektrody prądowe rozmieszczano wzdłuż linii prostej na odległość do 20 m.

### ***Pomiary laboratoryjne***

Punkty poboru próbek odpowiadają miejscom wykonywania sondowań elektrooporowych. Pomiaru oporności dokonywano w komorze pomiarowej (rys. 1) za pomocą miernika Terrameter SAS 300 C. (ABEM, 2006) W komorze pomiarowej zamontowane są elektrody prądowe pomiędzy którymi przepuszczany jest prąd oraz elektrody pomiarowe MN, pomiędzy którymi jest mierzona różnica potencjałów. Za pomocą Terrametru SAS 300 C uzyskano wartość oporu elektrycznego próbki odpadu (R), który jest proporcjonalny do oporności elektrycznej próbki odpadu. Oporność elektryczna obliczana jest za pomocą wzoru (1) wg zalecania normy ASTM G57:

$$\rho = R \cdot \left( \frac{S}{a} \right) \quad [\Omega \text{m}] \quad (1)$$

gdzie:

a – odległość między elektrodami pomiarowymi MN, a = 0,13 m,

S – przekrój poprzeczny komory pomiarowej, S =  $\pi r^2$ , [m<sup>2</sup>]

R – opór elektryczny, [ $\Omega$ ].

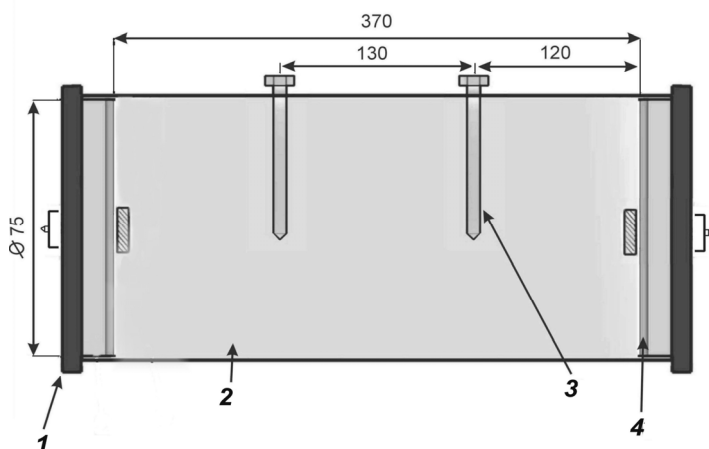
## **Analiza i dyskusja**

### ***Pomiary polowe***

W wyniku wykonania 10 sondowań elektrooporowych wykonano 3 przekroje geoelektryczne (rys. 2-4).

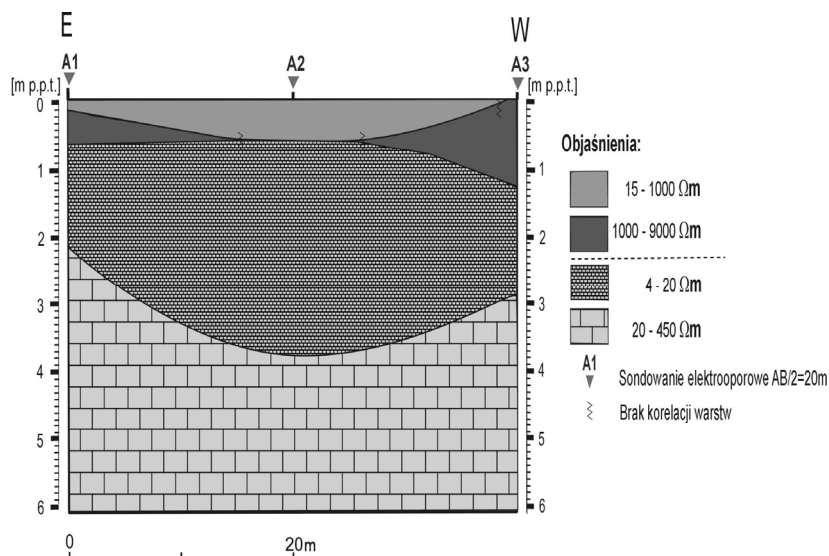
W odpadach zalegających na tym terenie badań występują znaczne ilości minerałów zawierających w swojej strukturze metale. (Adamczyk i Haładus, 1979; Cabała i Sutkowska, 2006) Ilość jonów siarczanowych pochodząca z utleniania siarczków może mieć duży wpływ na rozkład oporu właściwego tej warstwy.

Przekrój geoelektryczny B (rys. 3) sporządzono na podstawie ilościowej interpretacji krzywych z sondowań B1, B2, B3, B4, przedstawia również model czterowarstwowy. Miąższość pierwszej warstwy odpadów jest zmienna i wynosi od 0.22 m do 1.61 m. Druga warstwa, będąca warstwą wysokooporową zalega do głębokości 1.75 m w części wschodniej przekroju geoelektrycznego, natomiast w części zachodniej do głębokości 0.75 m. Trzecia warstwa natomiast reprezentowana jest najprawdopodobniej przez ility kajpru, rozpoznaną także na przekroju geoelektrycznym A (rys. 1).



**Rys. 1** Komora pomiarowa, 1 – zatyczka, 2 – badana próbka, 3 – elektrody pomiarowe (M i N),  
4 – elektrody prądowe (A i B)

**Fig. 1** Experimental chamber for measurement of soils electrical conductivity (1–cap of the chamber,  
2–sample of soil or waste, 3 – potential electrodes (M and N), 4 - current electrodes (A and B))

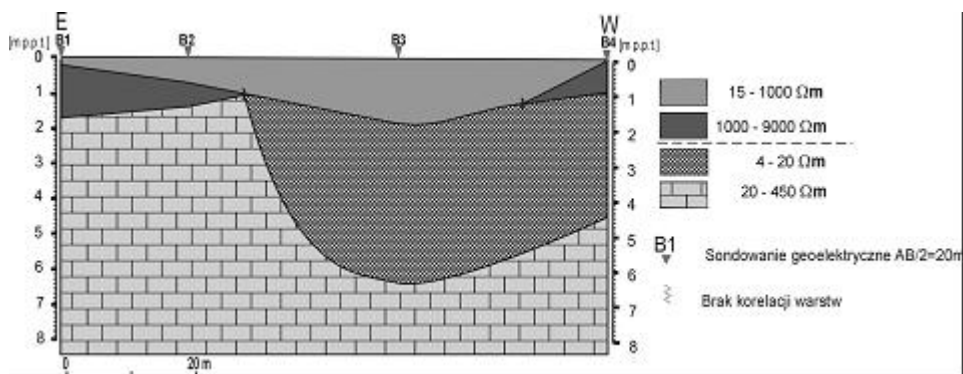


**Rys. 2** Przekrój geoelektryczny A przez odpady pogórnice składowane w Pomorzanych

**Fig. 2** Geoelectrical cross section – A on post-mining landfill in Pomorzany (Southern Poland)

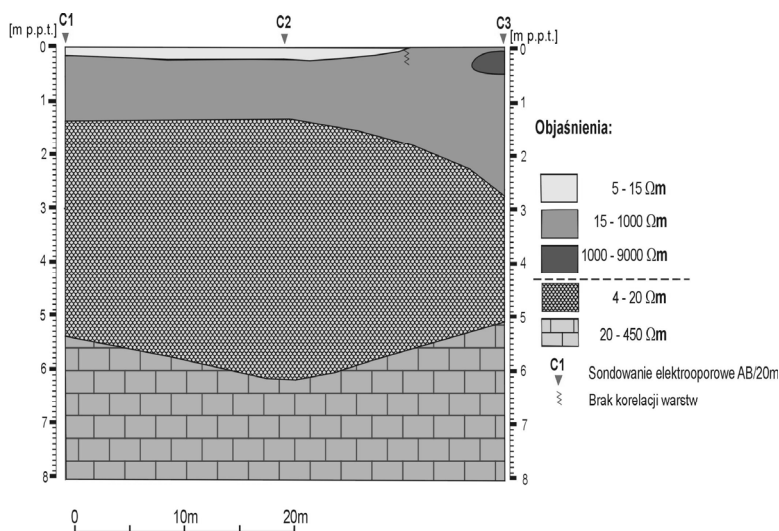
Warstwa ta nie podściela w całej rozciągłości wysokooporowej warstwy odpadów pogórnich. Spąg warstwy trzeciej zalega do głębokości 6.25 m, oporność elektryczna tej warstwy zawiera się w przedziale od  $4\ \Omega\text{m}$  do  $20\ \Omega\text{m}$ . W części środkowej profilu B istnieje bezpośredni kontakt między warstwą odpadów popłuczkowych o średnich oporach właściwych, a warstwą skał praktycznie nieprzepuszczalnych.

Przekrój geoelektryczny C (rys. 4) sporządzono na podstawie ilościowej interpretacji krzywych elektrooporowych z sondowań C1, C2, C3 przedstawia model czterowarstwowy. Pierwsza warstwa została wyznaczona na podstawie interpretacji z sondowań geoelektrycznych C1 i C2. Warstwa ta ma znacząco obniżone wartości oporu rzeczywistego w stosunku do warstwy odpadów niżej leżących. Wartość oporu właściwego wynosi od  $5\ \Omega\text{m}$  do  $15\ \Omega\text{m}$ , a miąższość ok. 0.23 m. Jest to warstwa odpadów poflotacyjnych zbudowana w dużej części z gipsów, minerałów ilastych i małej ilości węglanów (Cabała, 2007). Poniżej zalega druga warstwa, która posiada maksymalną miąższość i największe opory właściwe w części zachodniej profilu. Głębokość zalegania spągu warstwy wynosi 2.80 m. Następną warstwę w postaci wkładki o miąższości około 0.8 m i bardzo wysokiej oporności elektrycznej  $7251\ \Omega\text{m}$  stwierdzono na podstawie sondowania C3 w części zachodniej. Anomalia ta reprezentuje trzecią warstwę odpadów popłuczkowych. Kolejna warstwa to utwory triasu górnego podścielające odpady popłuczkowe. Warstwa ta zalega do głębokości około 5,5 m, stwierdzono ją również na przekrojach elektrycznych A i B. Poniżej zalega ostatnia warstwa reprezentująca również utwory triasu górnego. Uzyskane podczas interpretacji oporności elektrycznej wskazują na występowanie łowców, margli, utworów piaszczysto – ilastych z wkładkami wapieni.



**Rys. 3** Przekrój geoelektryczny B przez odpady pogórnice składowane w Pomorzanych

**Fig. 3** Geoelectrical cross section – B on post-mining landfill in Pomorzany (Southern Poland)



**Rys. 4** Przekrój geoelektryczny C przez odpady pogórnice składowane w Pomorzanych

**Fig. 4** Geoelectrical cross section – C on post-mining landfill in Pomorzany (Southern Poland)

#### *Pomiary laboratoryjne*

W tabeli 1 przedstawiono wyniki oporności elektrycznej próbek odpadów popłuczkowych i poflotacyjnych.

**Tabela 1.** Oporność elektryczna próbek odpadów pogórnich zdeponowanych na składowisku w Pomorzanych

**Table 1.** Electrical resistivity of post-mining wastes

Typ odpadu	Nr próbki	w [%]	oporność elektryczna [Ωm]
odpady poflotacyjne	P1	6,6	4
	P2	11,3	14
odpady popłuczkowe	P4	6,8	412
	P5	11,7	82
	P6	32,5	2415
	P7	11,4	595
	P8	13,0	132

Odpady poflotacyjne charakteryzują się znacznie niższą opornością elektryczną ( $\rho \in 4-14 \Omega m$ ) niż odpady popłuczkowe ( $\rho \in 82-2415 \Omega m$ ). Może być to skutkiem wysokiej zawartości minerałów nietrwałych, które pod wpływem wody łatwo ulegają przekształceniu uwalniając część jonów do roztworu. Zdolność dużej ługowalności odpadów szarych powoduje przy stosunkowo niskiej wilgotności ( $w \in 6,6 - 11,3\%$ ) powstanie bardzo silnego elektrolitu (Cabała 2007), który ułatwia przepływ prądu przez próbkę.

### **Podsumowanie**

Odpady pogórnice zdeponowane na składowisku w Pomorzanach charakteryzują się zróżnicowanymi wartościami oporności elektrycznej. Związane to jest przede wszystkim tym, iż badane odpady popłuczkowe i poflotacyjne różnią się składem chemicznym.

Wyznaczona metodą laboratoryjną oporność elektryczna wykazała, iż odpady popłuczkowe charakteryzują się wyższą opornością elektryczną ( $\rho \in 82-2415 \Omega m$ ) niż odpady poflotacyjne ( $\rho \in 4-14 \Omega m$ ). Podobne zróżnicowanie wartości oporności elektrycznej otrzymano w wyniku polowych pomiarów elektrooporowych. Według nich także odpady poflotacyjne charakteryzują się niższą opornością elektryczną ( $\rho \in 5-15 \Omega m$ ) niż odpady popłuczkowe ( $\rho \in 15-9000 \Omega m$ ). Związane to jest zapewne z różnym składem chemicznym tych odpadów.

Zróżnicowanie głębokościowe oporności elektrycznej odpadów pogórnich wynika z zachodzących przemian mineralogicznych w odpadach, które są spowodowane infiltracją wód opadowych w głąb składowiska.

### **Literatura**

- [1] ABEM, (2006): Instruments AB. Instruction Manual.
- [2] Adamczyk, A. and Haładus, A. (1996): Opinia hydrologiczna dotycząca wpływu odpadów popłuczkowych (płuczka „Józef”) na jakość wód podziemnych, Kraków.
- [3] ASTM, (2001): Standard test method for field measurement of soil resistivity using the Wenner , four-electrode method, G 57 – 95a. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- [4] Cabała, J. and Sutkowska, K. (2006): Wpływ dawnej eksploatacji i przeróbki rud Zn-Pb na skład mineralny gleb industrialnych, rejon Olkusz i Jaworzna, Prace Nauk. Inst. Górn. Politechniki Wrocławskiej 117, Studia i Materiały 32, 13-22.
- [5] Cabała, J. (2007): Metale ciężkie w glebach ryzosferowych olkuskiego rejonu eksploatacji rud Zn-Pb, Prace UŚ.
- [6] McNeill, J. (1990): Electrical conductivity of soils and rocks. Geonics Limited, Technical Note TN-5.
- [7] Samouëliana, A., Cousina, I., Tabbaghc, A., Bruandd, A. and Richard, G. (2005): Electrical resistivity survey in soil science. Soil and Tillage Research 83, 173–193.