

## Wpływ górnictwa barytu i węgla kamiennego w Boguszkowie na zanieczyszczenie metalami ciężkimi osadów rzecznych zlewni Leska (Sudety)

Stanisław Zbigniew Mikulski\*

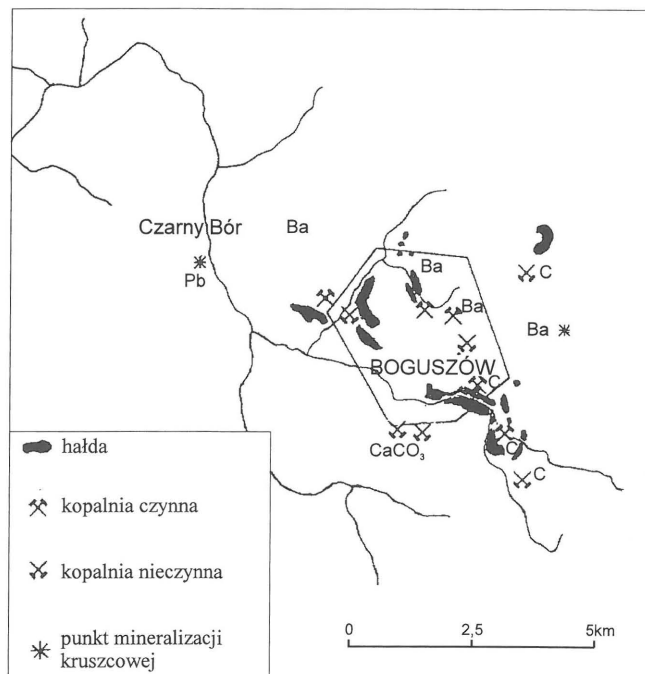
Początki górnictwa rud srebronośnych w rejonie Boguszkowa sięgają XIV w. — eksploatacji węgla kamiennego w obrębie obniżenia środkowego Leska natomiast — wieku XVI (Dziekoński, 1972). Rudy srebronośnej galeny eksploatowano w Masywie Chełmca, w obrębie wzgórz Parkowego i Hutniczego. Do dziś na zboczach dolin potoku Kolskiego i Chełmieckiego pozostały zawałone wloty sztolni oraz stare hałdy. Rudom Pb i Ag towarzyszył baryt, który dopiero od 1867 r. był eksploatowany na skalę przemysłową. Trwa ona do dzisiaj. Obecnie teren górniczy kopalni barytu Boguszków zajmuje południowy stok kopuły Chełmca oraz obszary przyległe do niego na terenie miasta Boguszków. Teren tej kopalni ma powierzchnię ok. 100 ha (Wójcik, 1993). W rejonie czynnego szybu wydobywczego znajdują się liczne stare wyrobiska, a wzdłuż doliny potoku Kolskiego są składowane odpady na hałdach. Wśród nich są obecne skały płonne, zawierające rozproszoną mineralizację kruszcową, ubogie partie rud siarczkowych czy barytowych. W przypadku górnictwa węgla kamiennego hałdy w okolicy Boguszkowa należą do kopalni węgla kamiennego Victoria, ich część jest zlokalizowana przy nieczynnych szybach Witold, Klara, Wiktor, Józef. Są one stosunkowo niewielkie — zazwyczaj o wysokości od 10 do 50 m i powierzchni od 3 do 20 ha. Również w dolinie górnego Leska, w Gorcach, są zlokalizowane dwie nieczynne obecne hałdy. Największe hałdy jednak znajdują się w górnym odcinku Leska, w pobliżu ujścia jego lewego dopływu Miła (ryc. 1). Należą one do Kopalni-Koksowni-Elektrociepłowni Victoria. Hałdy związane z górnictwem węgla kamiennego, zajmują powierzchnię ok. 45 ha. W ich składzie dominują skały płonne, reprezentowane przez piaskowce, mułowce, zlepieńce, porfiry, iły, łupki oraz muł i pył węglowy, a także żużle i popioły.

W strefie wietrzenia, z materiału zawartego w hałdach, są uwalniane pierwiastki metaliczne, które ulegają migracji oraz strącaniu m.in. w osadach rzek i potoków, przepływających przez te tereny.

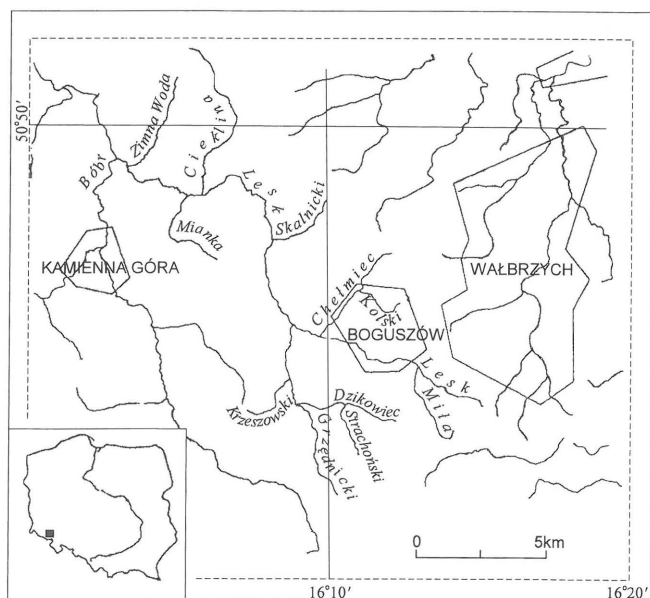
### Wybór sieci hydrograficznej oraz zakres i metodyka badań

W celu określenia stopnia zanieczyszczeń w osadach rzecznych zlewni Leska, przepływającej w niektórych swych odcinkach bezpośrednio przez dawne lub obecnie czynne tereny górnicze, wybrano 227 próbek geochemicznych aluwialnych z 12 potoków. Rzeka Lesk, wraz ze swoimi dopływami, odprowadza wody z Gór Wałbrzyskich, Kotliny Kamieniogórskiej i Krzeszowskiej do Bobru, będącego lewym dorzeczem Odry. Głównymi dopływami Leska są: potoki Grzędnicki wraz z dopływami Dzikowiec, Strachociński, Krzeszowski, Chełmiec z dopływem Kolski oraz Skalnicki, Miła, Cieklińska i Zimna Woda (ryc. 2). W

sumie długość omawianych potoków wynosi 66,1 km, a całkowita powierzchnia zlewni Leska ok. 125,1 km<sup>2</sup>. Do obliczeń statystycznych wykorzystano selektywnie archiwalne wyniki oznaczeń geochemicznych w próbkach aluwialnych, pobranych w ramach prac prospekcyjnych, prowadzonych przez PG we Wrocławiu, w latach 1986–



Ryc. 1. Szkic lokalizacyjny hałd górniczych w rejonie zlewni Leska



Ryc. 2. Fragment mapy sieci hydrograficznej i obszarów zurbanizowanych regionu wałbrzyskiego wg Mikulskiego (1994a)

\*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4  
00-975 Warszawa

1988 (Mikulski & Turkiewicz, 1990). Próbkę te, były pobierane co 250 m, z rzek i potoków, dłuższych od 5 km, z osadów o frakcji mułkowo-ilastej i masie ok. 0,5 kg. Próbkę po doprowadzeniu do stanu powietrznego, przesianiu przez sito nylonowe (0,1 mm) i skwantowaniu zanalizowano w Laboratorium Chemicznym PG w Lubinie. Z całego zbioru 5890 próbek (Mikulski & Turkiewicz, 1990) — do opracowania atlasu map zanieczyszczeń sieci hydrograficznej regionu wałbrzyskiego — wykorzystano 1720 próbek (Mikulski, 1994a), a do niniejszego artykułu 227. Prezentowane tu, w formie graficznej, wyniki (ryc. 1–10) stanowią fragmenty różnych map wykonanych dla regionu wałbrzyskiego (obszar ok. 10% większy od arkusza Wałbrzych mapy geologicznej, w skali 1 : 100 000) (Mikulski, 1994a). Do wykonania komputerowych map zanieczyszczeń pierwiastkami osadów rzecznych zastosowano dwie metody. Metodę obliczenia wskaźników koncentracji metali ( $K_k$ ), polegającą na oznaczeniu wartości ilorazu dla średnich zawartości metali w poszczególnych potokach do wartości tła geochemicznego regionu wałbrzyskiego. Drugą metodą określono zawartości anomalne, gdy oznaczona koncentracja danego pierwiastka w próbce była wyższa od wartości ( $X_{1720} + 35$ ). Wiosną 1993 r. wykonano opróbowanie kontrolne, zachowując poprzednią metodykę, a chemiczne oznaczenia pierwiastków wykonano w Centralnym Laboratorium PiG.

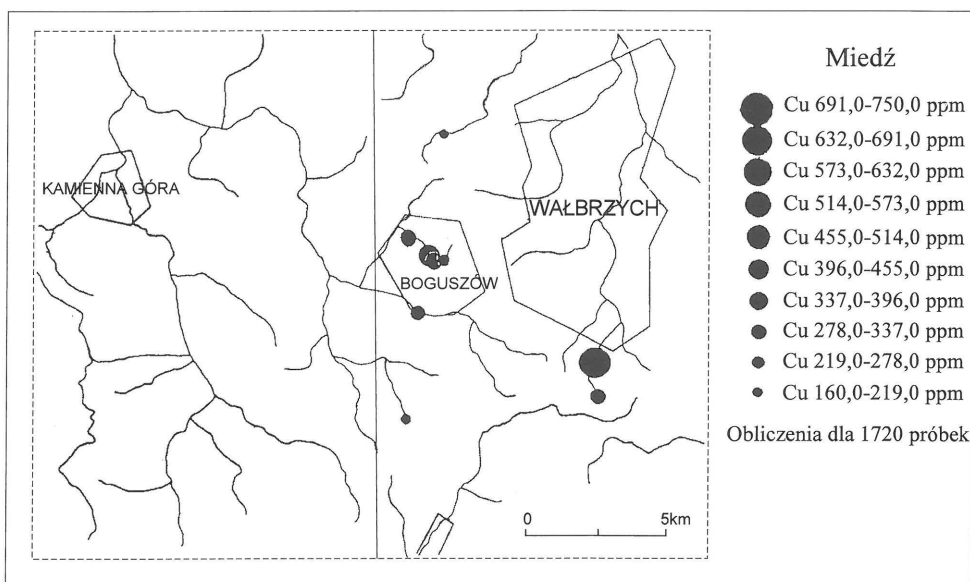
### Metale śladowe w osadach rzecznych zlewni Leska

**Miedź.** Anomalie miedzi, stwierdzone w obrębie osadów rzecznych, są pochodzenia antropogenicznego. Koncentrują się one głównie w rejonie kopalni barytu oraz hałd kopalni węgla kamiennego w Boguszkowie. Najwyższa średnia zawartość Cu została stwierdzona w osadach potoku Kolskiego  $X_{n=9} = 184,4$  ppm ( $K_k = 3,05$ ), a maksymalna zawartość w próbce aluwialnej, pobranej przy hałdzie — 450,0 ppm (ryc. 3). Wykonane wiosną 1993 r. analizy kontrolne potwierdziły anomalne zawartości Cu w osadach potoku Kolskiego. W próbkach pobranych poniżej kopalni barytu zawartość Cu = 0,234%, a w próbce zlokalizowanej poniżej kotłowni grzewczej — 407 ppm. Wartości

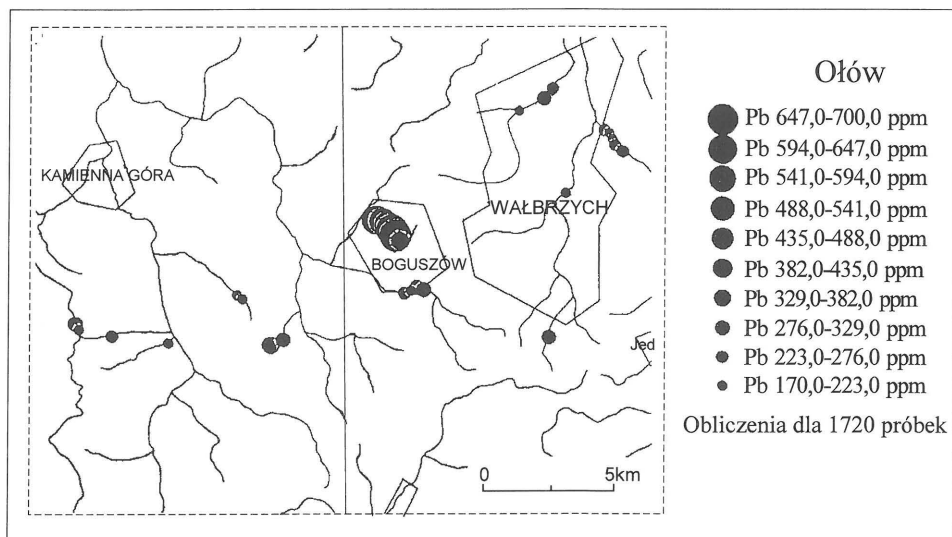
współczynnika koncentracji zbliżone do poziomu tła, wykazują osady Leska, przy czym najwyższe koncentracje miedzi (ok. 200 ppm) stwierdzono w jego środkowym odcinku w Boguszkowie. W pozostałych osadach koncentracje Cu były niższe od tła geochemicznego.

**Ołów.** Zaledwie 5% badanej populacji próbek ze zlewni Leska wykazuje anomalne zawartości (zakres od 170 do 700 ppm, ryc. 4).

Silnie anomalne koncentracje ołowiu oznaczono w aluwialnych potoku Kolskiego ( $K_k = 8,83$ ). W kolejnych sześciu próbkach zawartości mieściły się w przedziale 382,0–700,0 ppm ( $X_{n=9} = 408,0$  ppm). W próbce kontrolnej — pobranej w pobliżu hałd w dolinie potoku Kolskiego — oznaczono zawartość Pb równą 0,194%. W górnym odcinku potoku Leska, poniżej hałd kopalni węgla kamiennego, stwierdzono również anomalne zawartości ołowiu w aluwialnych. W czterech kolejnych próbkach oznaczono od 170 do 329 ppm Pb. Osady Leska zostały zaliczone do słabo anomalnych z kon-



Ryc. 3. Fragment mapy anomalnych zawartości miedzi w osadach aluwialnych regionu wałbrzyskiego wg Mikulskiego (1994a)



Ryc. 4. Fragment mapy anomalnych zawartości ołowiu w osadach aluwialnych regionu wałbrzyskiego wg Mikulskiego (1994a)

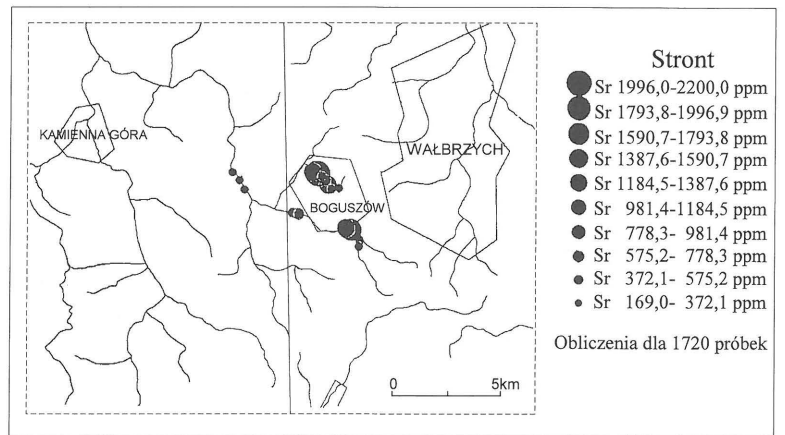
centracjami ołowiu w zakresie od 20 do 310 ppm ( $X_{n=57} = 76,0$  ppm). Anomalne koncentracje Pb (276,0–379,0 ppm) zostały stwierdzone również w osadach górnego odcinka potoku Krzeszowskiego ( $X_{n=10} = 97,6$  ppm). Anomalia jest związana prawdopodobnie z przejawami mineralizacji kruszcowej.

**Arsen.** Zawartości arsenu w osadach rzecznych na omawianym obszarze są niskie i wykazują stosunkowo małe zróżnicowanie, np. w potoku Leska zakres zawartości od 5 do 23 ppm ( $X_{n=57} = 12,3$  ppm). Podobne koncentracje stwierdzono w pozostałych potokach, z wyjątkiem osadów rzecznych potoków Kolskiego i Chełmca, których wody spływają z góry Chełmiec, będącej miejscem eksploatacji górniczej rud barytowo-polimetalicznych. Osady te, wykazują nieco wyższe średnie zawartości, odpowiednio — 18,3 i 16,2 ppm (maks. 29 ppm). W porównaniu z innymi aluwiami, w regionie wałbrzyskim, np. w Pełcznicy, gdzie w wielu próbkach stwierdzono koncentracje powyżej 150 ppm (maks. 220,0 ppm) (Mikulski, 1994a) zanieczyszczenia As są kilkakrotnie niższe. W badaniach kontrolnych tylko w jednej próbce — z potoku Kolskiego — oznaczono podwyższoną koncentrację arsenu — 170 ppm.

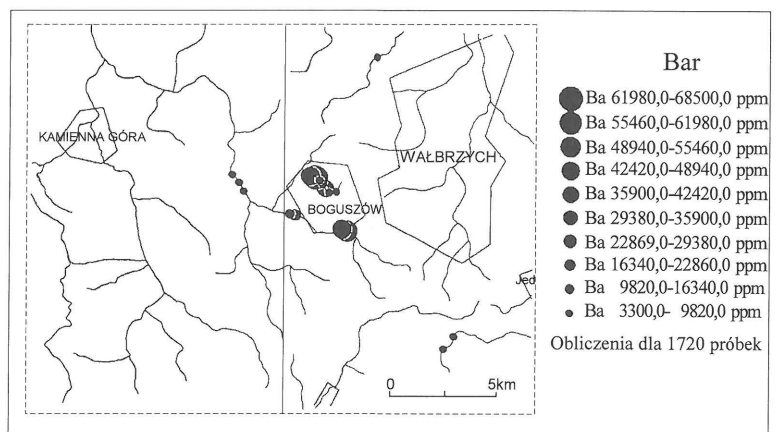
**Stront.** Jest pierwiastkiem, który w przypadku osadów potoku Kolskiego i niektórych odcinków potoku Leska występuje w b. wysokich koncentracjach. Miejscami, stanowi wręcz silne skażenie osadów. Szczególnie w pobliżu hałd kopalni barytu w Boguszu i poniżej hałd kopalni węgla kamiennego — Victoria, przy ujściu lewego dopływu Miła do Leska (ryc. 5). Źródłem tego zanieczyszczenia jest materiał z hałd, głównie fragmenty mineralizacji złożowej, pył i węgiel kamienny oraz skały płonne. Maksymalne zawartości Sr w próbkach dla potoku Kolskiego wynoszą 0,22% ( $X_{n=9} = 658,8$  ppm), a w osadach Leska 0,16% ( $X_{n=57} = 109,8$  ppm). Anomalne zawartości strontu w potoku Leska oznaczono na odcinku do ok. 7 km poniżej hałd (ryc. 5).

Histogram koncentracji Sr w próbkach dla całego rejonu wałbrzyskiego wskazuje, że ok. 99% populacji wynosi poniżej 160 ppm. Obliczona wartość średniej arytmetycznej dla regionu wałbrzyskiego ( $n = 1720$ ) jest ponad 10-krotnie niższa, niż w potoku Kolskim (50,7 ppm). W sumie osady o silnej anomalii Sr stanowią ok. 6,3% zbadanych obszarów. Najwyższą wartość współczynnika koncentracji metali ( $K_k$ ), wśród wszystkich rozpatrywanych pierwiastków, na obszarze objętym badaniami (2700 km<sup>2</sup>), stwierdzono w potoku Kolskim ( $K_k = 34,02$ ), (Mikulski, 1994a). Przeprowadzone w 1993 r. badanie kontrolne osadów potoku Kolskiego wykazało zawartość Sr w próbce 0,389%, czyli prawie dwukrotne wzbogacenie w stosunku do danych z końca lat osiemdziesiątych. W pozostałych osadach potoków zlewni Leska, dla regionu wałbrzyskiego, zawartości są poniżej wartości tła geochemicznego

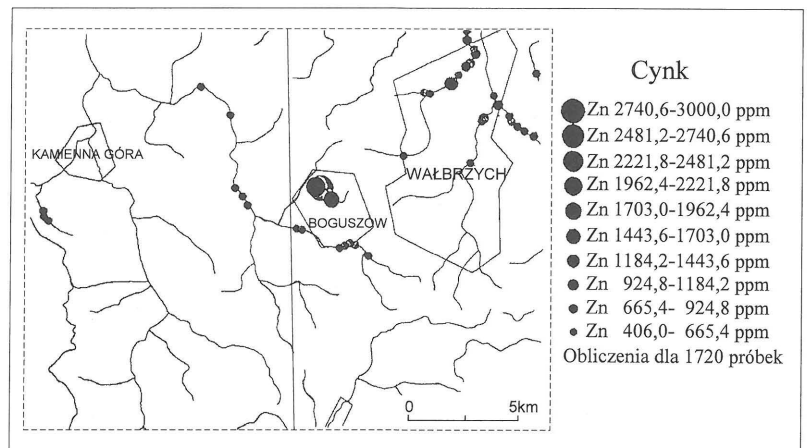
**Kobalt.** Pierwiastek ten wchodzi na ogół w skład minerałów żelaza i manganu, głównie siarczkowych. Dlatego też, jego rozkład powierzchniowy jest ściśle związany z zachowaniem się Fe i Mn, co potwierdziły uzyskane rezultaty. Pojedyncze zawartości Co, w osadach aluwialnych potoku Leska, osiągają maksymalnie 90,0 ppm, w potoku Kolskim natomiast maksymalnie 70,0 ppm, niższe koncentracje wy-



Ryc. 5. Fragment mapy anomalnych zawartości strontu w osadach aluwialnych regionu wałbrzyskiego wg Mikulskiego (1994a)

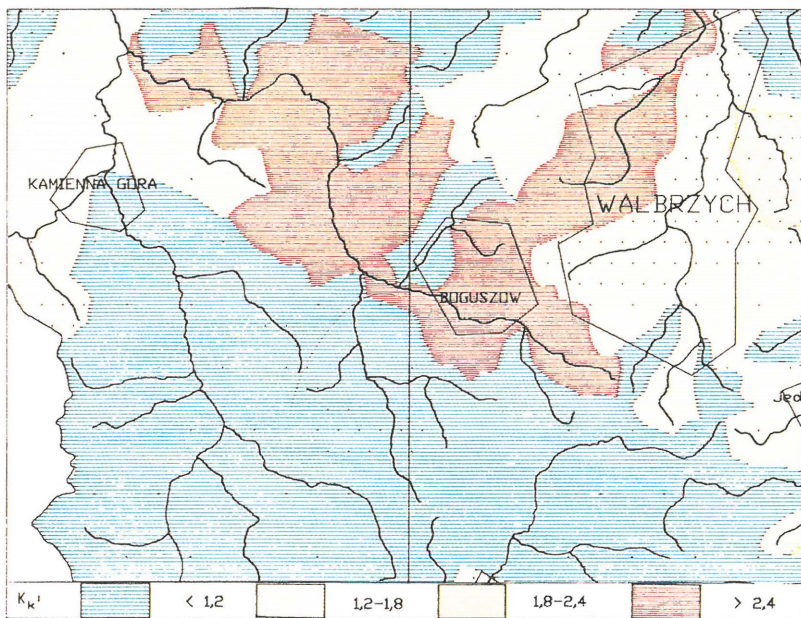


Ryc. 6. Fragment mapy anomalnych zawartości baru w osadach aluwialnych regionu wałbrzyskiego wg Mikulskiego (1994a)

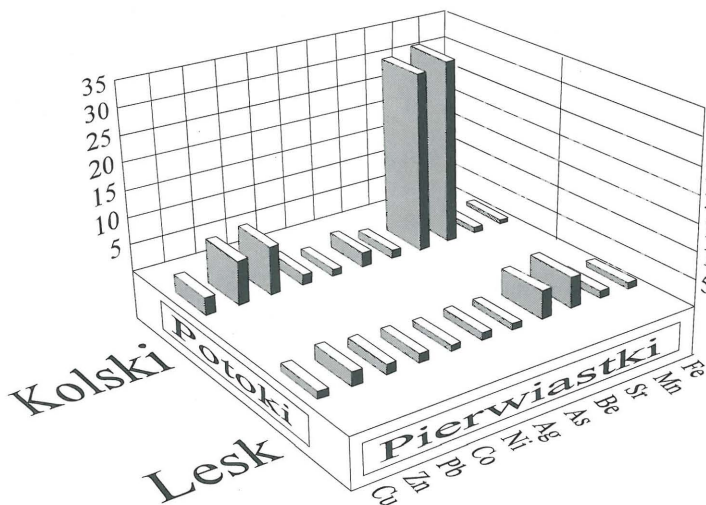


Ryc. 7. Fragment mapy anomalnych zawartości cynku w osadach aluwialnych regionu wałbrzyskiego wg Mikulskiego (1994a)





Ryc. 8. Fragment mapy intensywności aluwialnych anomalii Zn ( $K_k$ ) w obrębie zlewni potoków regionu wałbrzyskiego wg Mikulskiego (1994a)

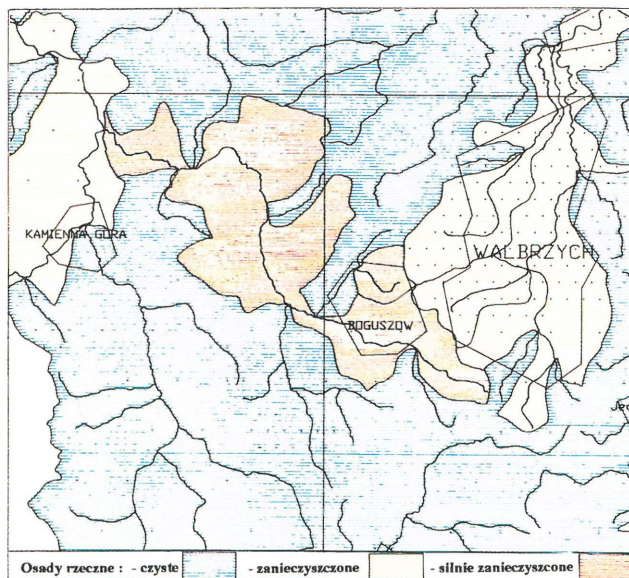


Ryc. 9. Histogram wartości współczynników koncentracji metali ( $K_k$ ) dla potoków Kolskiego i Leska wg Mikulskiego (1994a)

stępują w potoku Mianka. Zawartości Co w zlewniach tych potoków, na tle regionu wałbrzyskiego, zostały zaklasyfikowane do anomalnych i słabo anomalnych (Mianka  $K_k = 2,03$ ). W pozostałych potokach osady nie wykazują zanieczyszczeń wyższych od tła geochemicznego.

**Nikiel.** Koncentracje niklu w osadach zlewni Leska są zazwyczaj niższe od poziomu tła geochemicznego dla regionu wałbrzyskiego ( $X_{n=1718} = 36,09$  ppm). Wyjątkiem są aluvia w górnym odcinku Leska oraz przy jego lewym dopływie — potoku Miła, w oko-

Ryc. 10. Fragment mapy koncentracji metali ciężkich ( $W_{sk}$ ) w osadach aluwialnych regionu wałbrzyskiego wg Mikulskiego (1994a)



licy hałd kopalni Victoria w Boguszwie, gdzie pojedyncze koncentracje w próbkach wynoszą ponad 100 ppm (maks. 154 ppm).

**Mangan.** Słabo anomalne zawartości Mn stwierdzono w osadach rzecznych potoków Leska i Mianka (wartości  $K_k = 1,29$ ). Koncentracje manganu w pobliżu hałd w górnym odcinku Leska i w dolnym odcinku jego dopływu Miła są na poziomie od 0,18 do 0,34% (maks. 1%). Występowanie zanieczyszczeń Mn w tym rejonie jest spowodowane procesami jego ługowania z hałd kopalni węgla kamiennego. Anomalnych koncentracji Mn w obrębie zlewni Leska nie stwierdzono.

**Srebro.** Podwyższone koncentracje srebra w aluviach omawianego rejonu wykazują osady potoku Kolskiego, Chełmskiego oraz pojedyncze próbki z potoku Leska, zlokalizowane w pobliżu hałd górniczych. Srebro pochodzi z dawniej eksploatowanych w rejonie Chełmca srebronośnych rud polimetalicznych, z węgla kamiennego oraz z popiołów składowanych w pobliżu kopalni, elektrowni i koksowni Victoria. Wśród minerałów kruszcowych głównym źródłem Ag na tym obszarze jest galena, tetraedryt, argentyt i siarkosole antymonowe. W osadach potoku Kolskiego srebro występuje w zakresie od 1 do 3,1 ppm ( $X_{n=9} = 1,77$  ppm). Pojedyncze, maksymalne zawartości Ag w dwu wspomnianych wyżej potokach osiągają 3,1 ppm.

**Bar.** Bardzo silnie anomalne koncentracje Ba, wręcz skażenie osadów stwierdzono w aluviach potoku Kolskiego, przepływającego przez rejon złoża barytu w Boguszwie, gdzie wzdłuż jego doliny jest składowany materiał odpadowy z kopalni barytu oraz są obecne naturalne wychodnie żył barytowych. Bardzo wysoka wartość współczynnika koncentracji metali jest ponad 30-krotnie wyższa

od tła geochemicznego dla regionu wałbrzyskiego. W kilku kolejnych próbkach oznaczone zawartości Ba były w zakresie od 0,33 do 6,8% ( $X_{n=9} = 2,09\%$ ), ryc. 6. Kontrolne badanie wykazało w większości próbek z tego potoku zawartości baru ok. 1%, w jednej z próbek natomiast oznaczono zawartość równą 10,2%!

Za anomalne uznano również osady w środkowym odcinku potoku Leska, wśród których maksymalna oznaczona zawartość Ba wyniosła 5,12% (ryc. 7). Dla całego potoku Leska wartość współczynnika koncentracji metali jest znacznie niższa ( $K_k = 4,94$ ), a zakres oznaczonych zawartości tego pierwiastka w próbkach od 100 do kilku tysięcy ppm ( $X_{n=57} = 0,312\%$ ). W pozostałych próbkach aluwialnych z obszaru zlewni Leska koncentracje Ba nie przekraczały wartości tła geochemicznego dla regionu wałbrzyskiego ( $X_{n=1710} = 745,9$  ppm).

**Cynk.** Bardzo silnie anomalne zawartości tego pierwiastka występują w osadach potoku Kolskiego. W kilku kolejnych próbkach oznaczono 1600, 2100 i 3000 ppm (ryc. 7). Średnia arytmetyczna zawartość Zn wynosi 811,1 ppm (dla  $n = 9$ ). Wysokie zawartości ( $K_k = 7,95$ ) są związane z obecnością w materialewał m.in. antropogenicznych odpadów oraz minerałów kruszcowych (sfalerytu, smitsonitu). Badanie kontrolne potwierdziło wysoką koncentrację Zn w osadach wodnych rejonu kopalni barytu (0,255%). Zdecydowanie niższy, aczkolwiek również anomalny, poziom koncentracji Zn stwierdzono w osadach Leska. Szczególnie w jego górnym i środkowym biegu, na odcinku ok. 10 km, gdzie w kolejnych próbkach zawartości Zn były na poziomie od 405 do 665,4 ppm (ryc. 7). Średnia arytmetyczna zawartość dla całego potoku od źródeł do ujścia (dla  $n = 57$  próbek) jest ponad 3-krotnie niższa niż dla potoku Kolskiego i wynosi 243,3 ppm ( $K = 2,54$ ). W pozostałych potokach zlewni Leska koncentracje cynku w osadach są niższe od tła geochemicznego, zazwyczaj mieszczą się w przedziale od 20 do 100 ppm (maks. 250 ppm) i zostały zaliczone do klasy aluwii czystych  $K_k=1,2$  (ryc. 8).

### Podsumowanie

Osady rzeczne potoku Kolskiego, który przepływa przez tereny górnicze kopalni barytu w Boguszowie oraz osady górnego odcinka potoku Leska tuż poniżej ujścia jego lewego dopływu (Mila), w rejoniewał górniczych kopalni węgla kamiennego Victoria wykazują wysokie zanieczyszczenie metalami ciężkimi osadów rzecznych. Nagromadzone wwałdach ubogie partie rud barytowo-polimetalicznych, słabszej jakości węgiel i pyły kamienne, żużel, skały płonne oraz różnego typu metalowe odpady kopalniane są źródłem licznych metali śladowych. W wyniku naturalnych procesów wietrzeniowych pierwiastki te, ulegają migracji zwał do stosunkowo szybkiemu wytrąceniu w osadach aluwialnych (Lumsden, 1992; Kozłowski, 1991). Najwyższe koncentracje pierwiastków stwierdzono tuż przywałdach oraz poniżej nich, na odcinku do 1–1,5 km. W przypadku obszaru górniczego kopalni barytu w Boguszowie nastąpiło skażenie osadów potoku Kolskiego strontem i barem, w mniejszym stopniu ołowiem, cynkiem oraz miedzią i srebrem. Z kolei w górnym odcinku potoku Leska nastąpiło silne zanieczy-

szczenie osadów barem i strontem oraz w mniejszym stopniu ołowiem i cynkiem. Na ryc. 9 wyraźnie jest widoczna wielkość zanieczyszczenia omawianych potoków poszczególnymi pierwiastkami na tle wartości tła geochemicznego dla rejonu wałbrzyskiego. Wykonane wiosną 1993 r. badania kontrolne, wykazały wzrost zanieczyszczeń w stosunku do opróbowania, wykonanego w latach 1986–1988, szczególnie w rejoniewał górniczych kopalni barytu w Boguszowie. Współczynnik skażenia ( $W_{sk}$ ) określa sumaryczny wpływ koncentracji pierwiastków w aluwii ( $W_{sk}$ , porównaj — Mikulski, 1994b) danego potoku. Obliczony współczynnik skażenia dla potoku Kolskiego jest bardzo wysoki — 93,57, ryc. 10).

Jest on zdecydowanie najwyższy w rejonie wałbrzyskim. W porównaniu do innych dawnych obszarów górniczych rud polimetalicznych w Sudetach jest on kilkukrotnie wyższy (Lis, 1995; Mikulski, 1994a). W rejonie Srebrnej Góry osiągnął wartość 29,32, dla osadów Trujacej — 24,25 (dawny rejon górniczy Złotego Stoku) czy aluwii potoku Lipowego — 22,39 (dawny rejon górniczy w Lipie Jaworowskiej), (porównaj Mikulski, 1994b, c). Dla potoku Leska wartość wskaźnika  $W_{sk}$  wynosi 23,09. Jednak w jego górnym i środkowym odcinku, na długości ok. 7 km, jego wartość jest wyższa i wskazuje na silne zanieczyszczenie aluwii.

W przypadku pozostałych 9 potoków tworzących zlewnię Leska wartości wskaźnika  $W_{sk}$ , poza niewielkimi odcinkami w potokach Mila (poniżejwał) i potoku Krzeszowskiego, osiągają wartości bardzo niskie. W większości z tych potoków oznaczone zawartości metali były znacznie niższe od tła geochemicznego dla regionu wałbrzyskiego (Mikulski, 1994a).

Silne skażenie osadów potoku Kolskiego spowodowało zniszczenie prawie wszystkich żyjących w niej gatunków zwierzęcych i większości roślinnych. Z kolei nawałdach i wokół nich pojawiły się zwyrodniałe gatunki roślin o zmutowaciących cechach.

Brak jakichkolwiek sztucznych nieprzepuszczalnych uszczelnień w podłożu i wokółwał umożliwiają swobodną migrację z nich pierwiastków, które zanieczyszczają nie tylko okoliczne osady rzeczne, ale przede wszystkim gleby, łąki oraz wody. Pierwiastki te trafiają do łańcucha żywnościowego okolicznych mieszkańców i zwierząt hodowlanych.

### L i t e r a t u r a

- DZIEKOŃSKI T. 1972 — Wydobywanie i metalurgia kruszców na Dolnym Śląsku od XII do połowy XX w. Ossolineum, Wrocław.
- LIS J. 1995 — Atlas geochemiczny Polski. PAE.
- LUMSDEN G. 1992 — Geology and the Environment in Western Europe. Oxford.
- KOZŁOWSKI S. 1991 — Gospodarka a środowisko przyrodnicze. PWN.
- MIKULSKI M. & TURKIEWICZ A. 1990 — CAG PIG, nr inwent. 304 i 305/91.
- MIKULSKI S.Z. 1994a — CAG PIG, nr inwent. 35/95.
- MIKULSKI S.Z. 1994b — Prz. Geol., 42: 470–476.
- MIKULSKI S.Z. 1994c — Pos. Nauk. PIG, 51: 38–39.
- WÓJCIK J. 1993 — Stud. Geogr. 59. Wyd. UW.