

Małgorzata SOWA  
Politechnika Śląska, Gliwice

## WPLYW REKULTYWACJI SKŁADOWISKA ODPADÓW CHEMICZNYCH W TARNOWSKICH GÓRACH NA STĘŻENIE WYBRANYCH METALI W WODACH POWIERZCHNIOWYCH

**Streszczenie.** Nieczynne od 1995 roku składowisko zajmowało powierzchnię 39,2 ha, gromadząc ok 1,5 mln m<sup>3</sup> niebezpiecznych odpadów zawierających m. in. : Zn, Pb, Cu, Cd, B, Ba i Sr. Od roku 2000 rozpoczęto rewitalizację zdegradowanych obszarów, przenosząc odpady na Centralne Składowisko Odpadów (CSO), z którego odcieki kierowane są do oczyszczalni ścieków. Do końca roku 2005 wykonano około 60% prac rekultywacyjnych. W artykule przedstawiono zmienność chemizmu wód powierzchniowych na przykładzie rzeki Stoły, która przepływa przez zdegradowany obszar i jest m. in. odbiornikiem oczyszczonych ścieków. Na podstawie analiz chemicznych z lat 1999 – 2005 określono stężenia: Zn, B, Ba i Sr w wodach rzeki przed i za skażonym terenem. Pozwoliło to na ocenę wpływu dotychczasowej rekultywacji na jakość wód powierzchniowych. Obecnie rzeka nadal nie spełnia wymogów II klasy czystości wód powierzchniowych, a do głównych zanieczyszczeń należą związki baru i boru.

## INFLUENCE OF CHEMICAL WASTE DUMP RECLAMATION IN TARNOWSKIE GÓRY UPON CONCENTRATION OF THE CHOSEN METALS IN SURFACE WATER

**Summary.** Waste dump, closed in 1995, occupied the surface of 39,2 ha and accumulated approx. 1,5 mln m<sup>3</sup> of dangerous wastes, containing Zn, Pb, Cu, Cd, B, Ba, Sr and other elements. Revitalization of the degraded area was commenced in 2000 and the wastes were moved to the Central Waste Dump (CSO) where leachates were directed to a sewage-treatment plant. By the end of 2005 approx. 60 % of revitalization work was executed. The paper presents variability of surface water chemism of the Stoła River, which flows through the degraded area and receives water from the sewage-treatment plant. On the grounds of chemical analyses made in 1999 – 2005 a concentration of Zn, B, Ba and Sr in the river water before and behind the contaminated ground was determined. This allowed for estimation of influence of reclamation efforts upon surface water quality. At present the Stoła River does not meet requirements for the second class of water cleanness and chemical compounds of barium and boron are still the main water pollutants.

## 1. Wprowadzenie

Zakłady Chemiczne „Tarnowskie Góry” w likwidacji zlokalizowane są w północnej części miasta, ok. 2 km od centrum. Od kilku stuleci prowadzono tam działalność przemysłową. Początkowo eksploatowano rudy srebra i ołowiu. W połowie XIX w uruchomiono hutę żelaza, a następnie papieru jedwabnego, która funkcjonowała do 1919 r.

We okresie międzywojennym rozpoczęto produkcję związków chemicznych, która trwała do połowy lat 90. XX w. Produkowano m.in.: siarczek, chlorek, wodorotlenek, siarczan i azotan baru, kwas borowy, ortofosforan cynku, związki strontu [3].

Procesy restrukturyzacji przemysłu chemicznego spowodowały zamknięcie zakładów. W wyniku prowadzonej produkcji powstało ok. 1,5 mln m<sup>3</sup> odpadów. Wszystkie odpady znajdują się na „Liście odpadów niebezpiecznych” wg Dz.U. nr 162 poz. 1135/2003 r. Łącznie powierzchnia składowania wynosiła ok. 39,2 ha. Największą ilość stanowią odpady z produkcji związków boru – 54,5% i siarczanu baru – 24,2%.

Ze względu na brak zabezpieczenia podłoża pod „dzikimi składowiskami”, odpady spowodowały zanieczyszczenie wód podziemnych, w tym Głównego Zbiornika Wód Podziemnych 330 Gliwice, stanowiącego rezerwuuar wody pitnej dla ok. 600 tys. mieszkańców regionu. Na podstawie prowadzonego od 1990 r. monitoringu wód stwierdzono, że powierzchnia zanieczyszczonych utworów triasowych wynosi ok. 600 ha [5], natomiast warstw przypowierzchniowych neogenu ok. 300 ha. Zanieczyszczeniu uległy również wody powierzchniowe. Głównym ciekim rozpatrywanego obszaru jest rzeka Stoła, przepływająca w północnej części Zakładów, ze wschodu na zachód. Jest ona lewobrzeżnym dopływem Małej Panwi. Zdeponowane w dolinie rzeki odpady stanowią źródło jej zanieczyszczenia głównie związkami: boru, baru, strontu i cynku. W celu ochrony czystości wód podziemnych i powierzchniowych przystąpiono do rekultywacji zdegradowanych terenów.

## 2. Przebieg rekultywacji

Realizację projektu rewitalizacji zdegradowanego obszaru rozpoczęto w połowie 2000 r. Planowane zakończenie prac miało nastąpić w końcu 2005 r. [5].

Jednak w wyniku zaistniałych trudności finansowych (koszt przedsięwzięcia określono na 351 mln zł) do grudnia 2005 r. zrealizowano ok. 60% planowanych prac rekultywacyjnych.

Rekultywacja obejmuje następujące etapy:

- budowę Centralnego Składowiska Odpadów (CSO) o powierzchni 16 ha i pojemności 1,6 mln m<sup>3</sup> podzielonego na 5 kwater. Projekt składowiska spełnia wymogi Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dn. 05.03.2001 r. [8];
- zdeponowanie na składowisku wszystkich odpadów poprodukcyjnych, odpadów z wyburzeń nieczynnych obiektów oraz skażonej ziemi, w ilości ok. 1,5 mln m<sup>3</sup>;
- rekultywację terenów po dawnych zwałowiskach oraz czaszy CSO, o łącznej powierzchni 56 ha;
- przeprowadzenie regulacji rzeki Stoły;
- prowadzenie monitoringu środowiska w rejonie zakładów obejmującego wody podziemne i powierzchniowe, gleby, powietrze i hałas;
- oczyszczanie odcieków z CSO, wód z drenażu głębokiego i ścieków bytowo-gospodarczych z oczyszczalni biologiczno–chemicznej, przed ich zrzutem do rzeki Stoły.

### 3. Cel i zakres badań

Celem badań jest określenie wielkości średnich rocznych stężeń podstawowych wskaźników zanieczyszczeń rzeki Stoły, jak: Zn, Ba, Sr i B w latach 1999 – 2005, tj. sprzed okresu rekultywacji i w czasie jego trwania. Badaniami objęto trzy punkty pomiarowo–kontrolne monitoringu podstawowego, a mianowicie:

p.p.RS – 1 (próbka 1) – położony przed wschodnią granicą Zakładów Chemicznych, przy torach kolejowych;

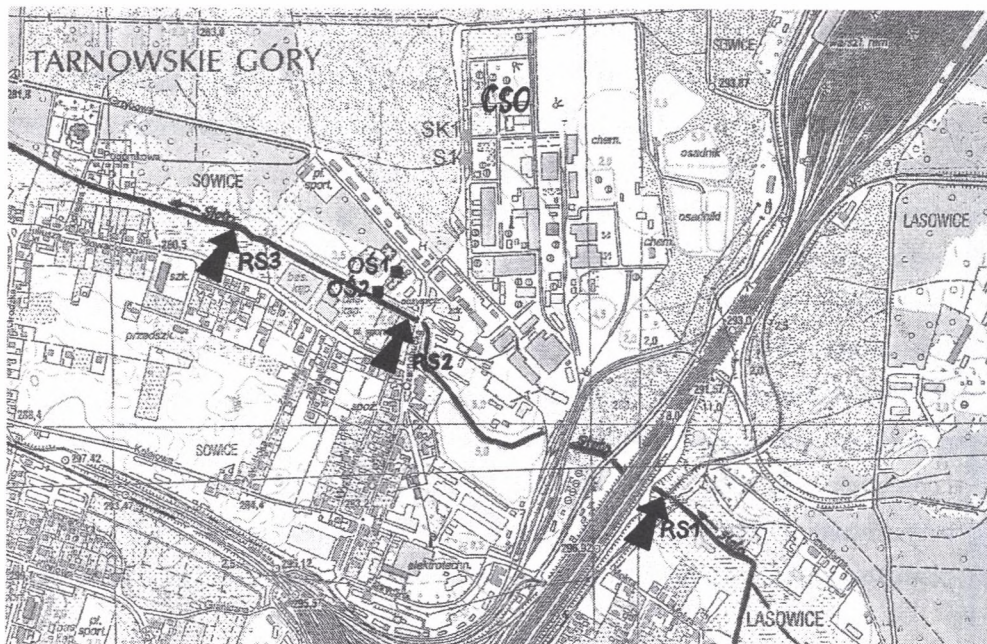
p.p.RS – 2 (próbka 2) – na wysokości Zakładów;

p.p.RS – 3 (próbka 3) – za Zakładami i zrzutem ścieków z oczyszczalni.

Miejsca lokalizacji punktów pomiarowych przedstawiono na mapie (rys. 1).

Analizy chemiczne z lat 1999 – 2003 wykonał GIG [1], natomiast pochodzące z lat 2004 – 2005 OB. I KŚ [7]. Analizy wykonano metodą spektrofotometrii absorpcji atomowej.

Stopień zanieczyszczenia wód powierzchniowych oceniono zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dn. 11.02.2004 r.



Rys. 1. Mapa lokalizacji miejsc opróbowania  
Fig. 1. Map of place checkpoints

#### 4. Wyniki badań

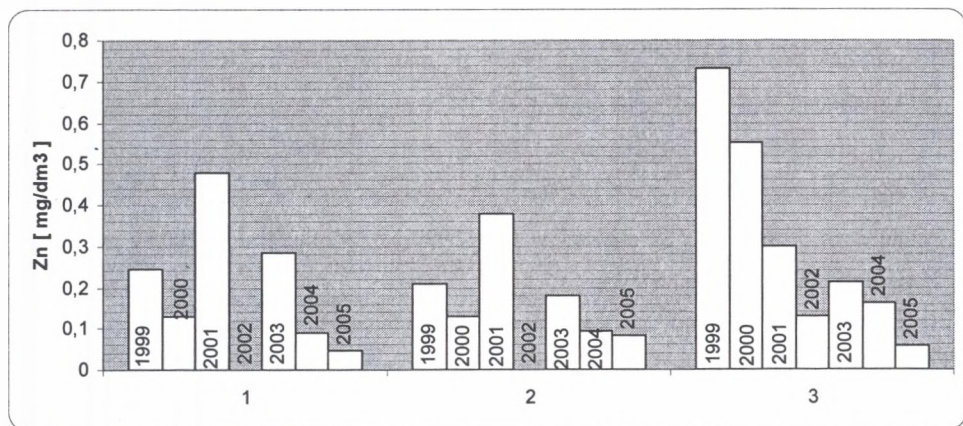
Wyniki badań średnich rocznych stężeń Zn, Ba, Sr i B w wodach Stoły w latach 1999 – 2005 przedstawiają rys. 2, 3, 4, 5. Docelowo rzeka Stoła ma posiadać II klasę czystości wód powierzchniowych, w związku z tym oceny stopnia zanieczyszczenia dokonano w odniesieniu do granicznych stężeń ww. pierwiastków dla tej klasy.

Zanieczyszczenie poszczególnymi pierwiastkami przedstawia się następująco:

- Cynk – Zn

Stężenie cynku (rys. 2) w punktach pomiarowych 1 i 2 (przed i na wysokości Zakładów) w całym okresie obserwacji nie przekracza dopuszczalnego dla II klasy czystości, tj.  $0,5 \text{ mg/dm}^3$ . W p.p. 3 za Zakładami, w latach 1999 i 2000, czyli przed rozpoczęciem rekultywacji, jego stężenie w ilości  $0,730 \text{ mg/dm}^3$  i  $0,550 \text{ mg/dm}^3$  nieznacznie było

przekroczone, mieściło się w III klasie czystości. Począwszy od 2001 r. zawartość cynku maleje i w 2005 r. wynosiło tylko  $0,058 \text{ mg/dm}^3$ . Cynk nie stanowi ponadnormatywnego zanieczyszczenia rzeki.

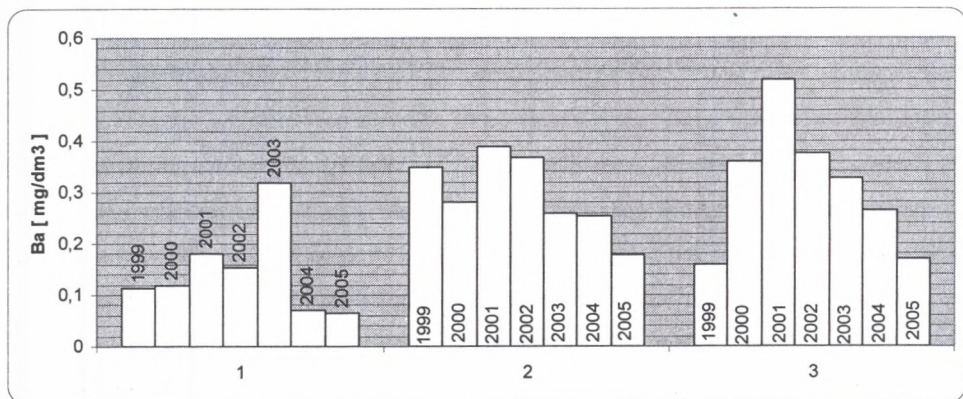


Rys. 2. Zmienność stężenia cynku w latach 1999 – 2005

Fig. 2. Variability of zinc concentration in the Stoła River in 1999-2005

- Bar – Ba

Stężenie baru (rys. 3) w całym okresie obserwacji w 2 i 3 punkcie pomiarowym mieści się w III klasie czystości. Począwszy od 2002 r. jego stężenie spada od  $0,376 \text{ mg/dm}^3$  do  $0,169 \text{ mg/dm}^3$ , przy dopuszczalnym  $0,10 \text{ mg/dm}^3$ . Dotychczasowy przebieg rekultywacji wpływa na obniżenie stężenia baru w wodach rzeki.

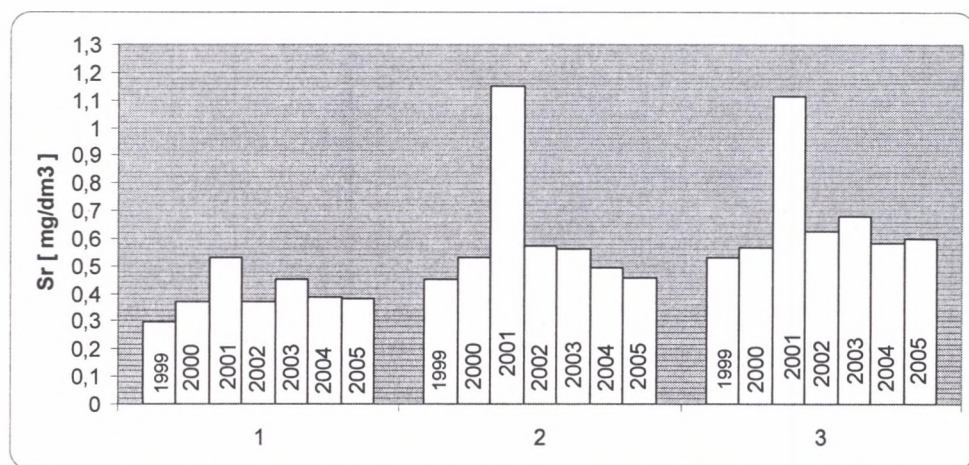


Rys. 3. Zmienność stężenia baru w latach 1999 – 2005

Fig. 3. Variability of barium concentration in the Stoła River in 1999-2005

- Stront – Sr

Stężenie strontu w wodach Stoły przedstawia tablica 3 i rys. 3. Normy nie określają dopuszczalnego stężenia tego pierwiastka dla poszczególnych klas czystości. Przebieg rekultywacji nie wpływa w znaczący sposób na obniżenie jego stężenia w rzece. W początkowym biegu rzeki (p.p 1) waha się ono od  $0,299 \text{ mg/dm}^3$  do  $0,530 \text{ mg/dm}^3$ , w końcowym (p.p 3) od  $0,530 \text{ mg/dm}^3$  do  $1,120 \text{ mg/dm}^3$ . Najwyższe stężenie, podobnie jak w przypadku baru, wystąpiło w 2001 r. Mimo usunięcia odpadów z doliny rzeki i oczyszczania odcieków ze składowiska, stężenie strontu utrzymuje się stale na podobnym poziomie  $0,530 \text{ mg/dm}^3$  w roku 1999 i  $0,599 \text{ mg/dm}^3$  w 2005 r., w trzecim punkcie pomiarowo-kontrolnym.

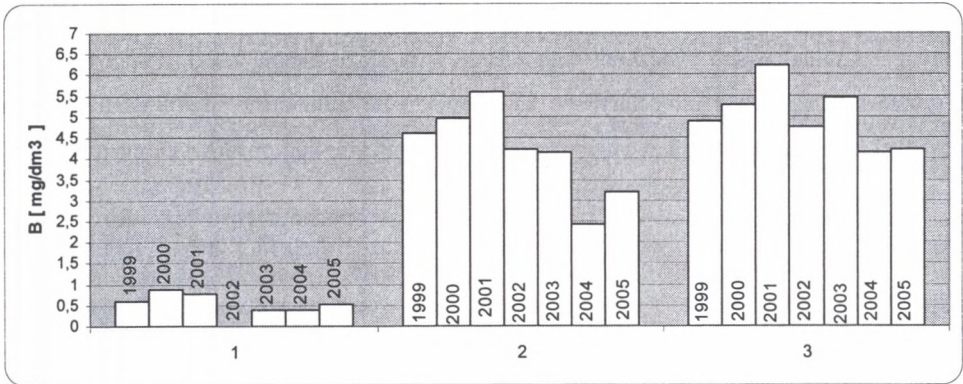


Rys. 4. Zmienność stężenia strontu w latach 1999 – 2005

Fig. 4. Variability of strontium concentration in the Stoła River in 1999-2005

- Bor – B

Zanieczyszczenie borem wód Stoły (rys. 5) należy do głównych wskaźników zanieczyszczeń. Jedynie w początkowym biegu rzeki (p.p. 1) nie przekracza ono II klasy czystości tj.  $1,0 \text{ mg/dm}^3$ . Na wysokości Zakładów (p.p. 2) początkowo mieści się w V klasie, a od 2004 r. zostało obniżone do klasy IV. Poniżej Zakładów rzeka posiada nadal stężenie boru odpowiadające V klasie czystości. Największe stężenie wystąpiło podobnie jak w przypadku baru i strontu w 2001 r. wynosząc  $6,230 \text{ mg/dm}^3$ . Po przeprowadzonych zabiegach rekultywacyjnych, w 2005 r. zostało obniżone do  $4,25 \text{ mg/dm}^3$ . Przekracza ono jednak dopuszczalne ponad 4 – krotnie.



Rys. 5. Zmienność stężenia boru w latach 1999 – 2005

Fig. 5. Variability of boron concentration in the Stoła River in 1999-2005

Analizując wyniki badań, można stwierdzić, że głównymi wskaźnikami zanieczyszczenia rzeki Stoły przez odpady chemiczne są bar i bor. Proces rewitalizacji skażonych obszarów nie wpłynął dotychczas w znaczący sposób na ograniczenie migracji tych pierwiastków do wód powierzchniowych.

## 5. Podsumowanie

Brak w przeszłości racjonalnej gospodarki odpadami, składowanie niebezpiecznych odpadów w miejscach niedozwolonych i niezabezpieczonych spowodowały w omawianym rejonie klęskę ekologiczną. Odpady w ilości 1,5 mln m<sup>3</sup> zawierające wiele toksycznych związków (54,5% związków boru i 24,2% związków baru) spowodowały skażenie wód powierzchniowych i podziemnych na wiele lat po zakończeniu rekultywacji. Ba i B stanowią główne wskaźniki zanieczyszczenia Stoły. Objęte badaniami metale działają toksycznie na człowieka [4, 9], za najbardziej niebezpieczny uznany jest bar. Cynk natomiast nawet w niewielkich stężeniach działa niszcząco na mikroorganizmy powodując zachwianie równowagi ekosystemów wodnych [4].

Stoła, dopływ III rzędu zlewni Odry, objęta jest programem efektywnej poprawy jakości wód Odry w ramach MKOO [6] i docelowo powinna posiadać II klasę czystości wód powierzchniowych. Podjęte działania ochrony rzeki na razie nie dały zadowalających rezultatów. Nadal stężenie Ba mieści się w III klasie, a B w V klasie czystości. W przypadku Ba widać jednak tendencję malejącą, natomiast stężenia B oraz Sr mimo postępującej

rewitalizacji utrzymują się na porównywalnych stałych poziomach. Jest to spowodowane dużym nagromadzeniem związków tych metali w podłożu zlewni rzeki, a ługowanie ich z gruntów przez opady atmosferyczne trwa zwykle od kilkunastu do kilkudziesięciu lat [2, 10]. Wykonanie bariery remediacyjnej na drodze spływu wód opadowych może wpłynąć na zmniejszenie stężenia metali w wodach Stoły.

## 6. Wnioski

- Najwyższe stężenia Ba, Sr i B w wodach Stoły wystąpiły w 2001 r., na co wpływ miało usuwanie odpadów z „dzikich składowisk”. Naruszenie ich pierwotnej struktury mogło spowodować lepsze warunki ługowania i migracji metali.
- W 2005 r., po zrealizowaniu ok. 60% prac rekultywacyjnych, zawartość baru i boru stanowi nadal główne źródło zanieczyszczenia rzeki. Bar mieści się w III klasie czystości, natomiast bor w V klasie.
- Zawartość strontu utrzymuje się na porównywalnym poziomie, mimo postępujących prac rekultywacyjnych.
- Widoczną poprawę uzyskano jedynie w obniżeniu stężenia cynku z III do II klasy czystości.
- Zaabsorbowane przez podłoże zlewni toksyczne związki są ługowane przez opady atmosferyczne w różnym stopniu, a czas ich wymycia może wynosić od kilkunastu do kilkudziesięciu lat. Mimo prac rekultywacyjnych negatywne oddziaływanie skażonego terenu może trwać przez wiele lat.
- Dalsze prace rewitalizacji Stoły, obejmujące zamknięcie rzeki w kolektorze, wybranie odpadów i ułożenie nowego koryta z przepustami, spowodują niewątpliwie poprawę jej czystości.

## LITERATURA

1. Główny Instytut Górnictwa: Sprawozdania roczne z monitoringu środowiska w rejonie Zakładów Chemicznych „Tarnowskie Góry” w likwidacji. Katowice 1999 – 2003.
2. Grabowska K., Sowa M.: Sposób mineralizacji wody przez odpady rud cynkowo-olowiowych w rejonie ich składowania. Zesz. Nauk. Pol. Śl., seria Górnictwo nr 122, Gliwice 1984.



3. Halota W.: Przebieg i perspektywa likwidacji zagrożenia środowiska wywołanego działalnością Zakładów Chemicznych „Tarnowskie Góry”. III Konferencja Ekologiczna Regionu Tarnogórskiego, Tarnowskie Góry 2000.
4. Macioszczyk A.: Hydrogeochemia. Wyd. Geol. Warszawa. 1987.
5. Makowski A., Szczygieł A.: Realizacja oraz perspektywy zakończenia przedsięwzięcia p.n. Ochrona Głównego Zbiornika Wód Podziemnych 330 Gliwice. Tarnowskie Góry 2003.
6. Mikulski Z.: Gospodarka wodna. PWN, Warszawa 1998.
7. Ośrodek Badań i Kontroli Środowiska: Monitoring środowiska w rejonie Zakładów Chemicznych „Tarnowskie Góry” w likwidacji. Katowice 2004 i 2005.
8. Przedsiębiorstwo Projektowo – Inżynieryjne Ekolog – 1: „Dostosowanie projektu budowlanego pt. Ochrona Głównego Zbiornika Wód Podziemnych 330 – Gliwice poprzez kompleksowe unieszkodliwianie odpadów wraz z rekultywacją terenów skażonych Zakładów Chemicznych „Tarnowskie Góry” w likwidacji, do wymogów Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dn. 05.03.2001r.” Poznań 2001.
9. Schilling – Siengalewicz S.: Toksykologia. PZWL, Warszawa 1972.
10. Sowa M.: Badania laboratoryjne mineralizacji wody przez odpady kopalniane ze składowiska Kotlarnia. Zesz. Nauk. Pol. Śl., seria Górnictwo nr 109, Gliwice 1981r.

Recenzent: Prof. dr hab. Stanisław Twardy