

**Ewa Kucharczak\*, Andrzej Moryl\*\***

**WPŁYW ELEKTROWNI I KOPALNI „TURÓW” NA ZAWARTOŚĆ  
WYBRANYCH METALI CIĘŻKICH W GLEBACH UPRAWNYCH**

**INFLUENCE OF POWER STATION AND MINE „TURÓW”  
ON CONTENTS OF SELECTED HEAVY METALS IN CULTIVATED SOILS**

**Słowa kluczowe:** przemysł energetyczny, gleby, metale ciężkie.

**Key words:** power industry, soils, heavy metals.

*The paper presents results of research works concerning the quality of soils, carried in two investigative areas. The first was situated near Power Station and Mine “Turów” (Bogatynia, Działoszyn, Wolanów, Bratków). The second, presenting check group, was situated in central and northern districts of Zgorzelec administrative district (Jerzmanki, Sławnikowice, Łagów, Gronów, Jagodzin). In samples of soils, collected from depth 0–30 cm and 30–60 cm, reaction, organic parts content, granulometric composition and contents of some metals: lead, cadmium, copper and zinc were determined. Metals were determined after previous wet mineralization in HNO<sub>3</sub> mixture, with applying of microwave vacuum system, ICP-AES method, with plasma Varian Liberty 220 spectrofotometer using. Results of studies were analyzed depending on place of samples taking, kind of soil and depth of collection. Estimation of soil quality was made on basis decrees of Secretary of the Environment concerning standards of soil quality and standards of lands quality, as well as directions of IUNG to estimation of soil contamination degree by heavy metals.*

## 1. WPROWADZENIE

Problem zanieczyszczenia metalami ciężkimi dotyczy wszystkich elementów środowiska przyrodniczego. W przypadku gleb ma najczęściej charakter lokalny i występuje

\* *Dr med. wet. Ewa Kucharczak – Katedra Biochemii, Farmakologii i Toksykologii, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Norwida 31, 50-375 Wrocław; tel.: 71 320 54 31; e-mail: ewa.kucharczak@up.wroc.pl*

\*\* *Dr Andrzej Moryl – Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław; tel.: 71 320 55 48; e-mail: andrzej.moryl@up.wroc.pl*

przede wszystkim na terenach uprzemysłowionych. Głównym źródłem metali, obok motoryzacji i rolnictwa, jest przemysł, w tym także energetyczny i wydobywczy [Kabata-Pendias, Pendias 1999]. Jednym z takich rejonów jest region zgorzelecko-bogatyński. Źródłem zanieczyszczeń gazowych i pyłowych są dwa główne zakłady tego rejonu po stronie polskiej, tj. Kopalnia i Elektrownia „Turów”, ale przede wszystkim te, które są zlokalizowane po stronie czeskiej i, do niedawna, po stronie niemieckiej. Ocenia się bowiem, że aż 60% zanieczyszczeń napływa do tego rejonu spoza granic Polski. Rozpoczęte w połowie lat 90. zintegrowane działania proekologiczne, realizowane w ramach programu regionalnego „Czarny trójkąt”, doprowadziły do zmniejszenia emisji zanieczyszczeń powietrza z elektrowni znajdujących się w tym rejonie o około 60–70%, co z pewnością znacząco wpłynęło na poprawę stanu środowiska [Mazurek i Zwoździak 1992, Program... 2004]. Zmniejszenie stężenia metali ciężkich w glebie jest jednak problemem wciąż aktualnym i niezwykle trudnym do rozwiązania. Kumulowane w glebie, przede wszystkim w jej warstwach wierzchnich, łatwo trafiają do kolejnych ogniw łańcucha pokarmowego, przyczyniając się w znacznym stopniu do spotęgowania geochemicznego obiegu wielu pierwiastków. Dodatkowo ich obecność w nadmiernych ilościach przyczynia się do zmniejszenia żyzności gleb, zmiany stanu zakwaszenia, wpływa szkodliwie na jej właściwości biologiczne, działa toksycznie na rośliny, jak również może być przyczyną skażenia wód gruntowych [Dziadek i Waclawek 2005, Węglarzy 2007].

Celem przeprowadzonych badań było określenie całkowitej zawartości ołowiu, kadmu, miedzi i cynku w próbkach gleb, pobranych w rejonie oddziaływania Kopalni i Elektrowni „Turów” oraz rejonu będącego poza zasięgiem tych emiterów. Dodatkowo analiza właściwości fizykochemicznych oraz określenie składu granulometrycznego gleb umożliwiły ocenę ich jakości.

## 2. METODYKA BADAŃ

Badania zawartości metali (ołowiu, kadmu, miedzi i cynku) w próbkach gleb uprawnych przeprowadzono w latach 2008 i 2009. Pochodziły one z dwóch rejonów:

- a – gminy Bogatynia (miejscowości: Bogatynia, Działoszyn, Bratków, Ręczyn, Wyszków, Wolanów), leżącej w rejonie oddziaływania Elektrowni i Kopalni „Turów”;
- b – centralnej i północnej części powiatu zgorzeleckiego (miejscowości: Jerzmanki, Łagów, Jagodzin, Gronów, Sławnikowice), usytuowanych poza zasięgiem bezpośredniego oddziaływania emiterów.

Łącznie badaniom poddano 64 próbki gleb, pobrane z głębokości od 0 do 30 cm oraz od 30 do 60 cm. Przed analizą chemiczną materiał glebowy suszono w temperaturze pokojowej, następnie rozdrobniono i przesiano przez sito o wymiarach oczek 1 mm. We wszystkich próbkach oznaczono odczyn gleb w H<sub>2</sub>O i 1N KCl (metodą potencjometryczną), procentową zawartość substancji organicznej (metodą wyprażania) oraz skład granulometrycz-

ny (metodą sitową – cząstek powyżej 1 mm i metodą areometryczną Bouyoucosa w modyfikacji Casagrande'a i Prószyńskiego – cząstek poniżej 1 mm [Myślińska 2010]). W celu oznaczenia zawartości metali (ołowiu, kadmu, miedzi i cynku) 0,5 gramowe naważki gleb poddano mineralizacji na mokro w wodzie królewskiej, z zastosowaniem podciśnieniowego systemu mikrofalowego. Zawartość metali oznaczano metodą ICP-AES, za pomocą spektrometru plazmowego Varian Liberty 220. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, obliczając średnie zawartości metali i odchylenia standardowe.

### 3. WYNIKI I DYSKUSJA

#### 3.1. Odczyn gleb i zawartość substancji organicznej

Na obszarach użytkowanych rolniczo w województwie dolnośląskim dominują gleby o odczynie kwaśnym i lekko kwaśnym. Zajmują one powierzchnię ponad 60% użytków rolnych. W powiecie zgorzeleckim udział gleb bardzo zakwaszonych i kwaśnych wynosi od 66 do 71% [Kaszubkiewicz i Kawałko 2009]. Zarówno odczyn gleby, jak i zawartość materii organicznej mają ogromny wpływ na jakość zachodzących w niej procesów. Kształtuje to zachowanie się wielu substancji nieorganicznych w glebie, zwłaszcza metali ciężkich. Pod wpływem nadmiernej kwasowości może dochodzić do zwiększenia ich rozpuszczalności oraz ruchliwości, przez co są one łatwiej włączane do obiegu w ekosystemie. Dotyczy to przede wszystkim takich metali jak ołów, kadm, miedź czy cynk. Związki organiczne decydują z kolei o przebiegu procesu glebotwórczego i kształtowaniu profilu glebowego.

Skutkiem nadmiernej kwasowości gleby jest ograniczenie wzrostu wielu roślin, co jest spowodowane zmniejszeniem dostępności pierwiastków niezbędnych, z jednoczesnym wzrostem dostępności pierwiastków potencjalnie toksycznych [Dziadek i Waclawek 2005, Kabata-Pendias i Pendias 1999, Węglarzy 2007]. Ze względu na silną zależność rozpuszczalności metali od odczynu gleb, podstawowym zabiegiem ograniczającym ruchliwość metali, szczególnie w glebach ciężkich, są zabiegi wapnowania. W powiecie zgorzeleckim, którego gleby są dodatkowo zakwaszane na skutek antropogenicznej działalności człowieka (obecność zakładów emitujących kwasotwórcze tlenki siarki i azotu), procesowi temu musi być poddanych około 73% gleb [Raport... 2009]. Związki organiczne w glebach odgrywają zasadniczą rolę w wiązaniu metali w proste i chelatowe związki kompleksowe oraz ich sole, a trwałość takich kompleksów również zależy od odczynu gleby i rodzaju jonu metalu.

Badania gleb przeprowadzone w regionie zgorzelecko-bogatyńskim potwierdziły, że gleby tego rejonu mają odczyn kwaśny i to niezależnie od miejsca pochodzenia (tab. 1). Średnia procentowa zawartość substancji organicznej jest większa na głębokości od 0 do 30 cm, co z pewnością jest korzystne dla neutralizacji metali, które na tej głębokości łatwo tworzą związki kompleksowe ze związkami humusowymi, a dotyczy to między innymi ołowiu, miedzi i cynku.

**Tabela 1.** Wyniki analiz właściwości fizykochemicznych próbek gleb

**Table 1.** Results of analysis of physical and chemical properties of soil samples

Rejon badań	Głębokość pobrania, cm ppt	Parametry	pH		Substancja organiczna, %
			H <sub>2</sub> O	1N KCl	
a	0–30	zakres	5,38–6,32	4,73–6,22	3,63–7,60
		średnia	5,80	5,46	5,76
	30–60	zakres	5,58–6,42	4,81–6,05	2,52–4,62
		średnia	6,02	5,46	3,79
b	0–30	zakres	5,51–5,96	4,70–5,32	2,83–6,71
		średnia	5,63	5,02	5,30
	30–60	zakres	5,42–6,01	4,88–5,42	2,54–4,18
		średnia	5,65	5,15	3,53

**Objaśnienia:** a – rejon oddziaływania Elektrowni i Kopalni „Turów” i b – rejon poza zasięgiem oddziaływania tych emiterów.

### 3.2. Skład granulometryczny

Skład granulometryczny jest podstawową cechą gleby, kształtującą jej zdolności sorpcyjne, które ograniczają ruchliwość zarówno makro-, jak i mikropierwiastków, niezbędnych do pełnienia przez nią wielu funkcji biologicznych. Zdolności sorpcyjne gleb odgrywają bardzo ważną rolę m.in. w zatrzymywaniu metali ciężkich. Szczegółne znaczenie ma zawartość frakcji spławialnej – jest zasadniczym czynnikiem decydującym o mobilności metali ciężkich w glebach i ich pobieraniu przez rośliny. Duża zawartość cząstek o średnicy mniejszej niż 0,02 mm powoduje zmniejszenie dostępności metali dla roślin, jednak jakkolwiek zmiana warunków fizykochemicznych, m.in. zakwaszenie gleb, może doprowadzić do ponownego uruchomienia toksycznych metali i włączenia ich do obiegu geochemicznego [Drozd i in. 2002, Dziadek i Waclawek 2005, Węglarzy 2007].

W rejonie oddziaływania Kopalni i Elektrowni „Turów” występują gleby ciężkie o składzie granulometrycznym pyłu ilastego, gliny średniej pylastej i iłu pylastego. Zawartość frakcji spławialnych (<0,02 mm) wynosi od 39 do 53%. Natomiast w rejonie będącym poza zasięgiem tych emiterów występują gleby bardzo lekkie, lekkie i średnie o składzie granulometrycznym piasku luźnego, piasku gliniastego lekkiego, piasku gliniastego mocnego pylastego oraz gliny lekkiej pylastej. Zawartość frakcji spławialnych wynosi od 0 do 25% (tab. 2).

**Tabela 2.** Wyniki analizy składu granulometrycznego próbek gleb**Table 2.** Results of analysis of soil samples granulometric composition

Rejon badań	Głębokość pobrania, cm ppt	Parametr	Zawartość frakcji, %			Grupa granulometryczna	Kategorie ciężkości gleb
			piaskowych 0,1÷1 mm	pyłowych 0,02÷0,1mm	splawialnianych <0,02 mm		
a	0-30	zakres	9–11	39–46	40–43	pył ilasty, glina średnia pylasta	gleby ciężkie
		średnia	10,33	43,66	41,0		
	30-60	zakres	7–10	38–46	39–53	pył ilasty, glina średnia pylasta, il pylasty	
		średnia	8,33	41,33	43,66		
b	0-30	zakres	35–94	4–39	0–25	piasek luźny, piasek gliniasty lekki, piasek gliniasty mocny pylasty, glina lekka pylasta	gleby bardzo lekkie, gleby lekkie, gleby średnie
		średnia	68,4	17,4	10,4		
	30-60	zakres	40–95	3–38	0–23	piasek luźny, piasek gliniasty mocny pylasty, glina lekka pylasta	
		średnia	72,40	16,2	8,2		

**Objaśnienia:** a – rejon oddziaływania Elektrowni i Kopalni „Turów” i b – rejon poza zasięgiem oddziaływania tych emiterów.

### 3.3. Zawartość metali ciężkich w glebach

Głównymi źródłami zanieczyszczeń gleb metalami ciężkimi są pyły emitowane przez huty metali nieżelaznych, spalanie węgla, a także transport. Na przebieg procesów glebowych wpływają również wody opadowe, które są źródłem takich toksycznych jonów, jak jony ołowiu czy kadmu. Zwiększona ilość ołowiu w wierzchnich warstwach gleb jest związana głównie z antropogenicznym oddziaływaniem emisji przemysłowych i komunikacyjnych, ponieważ jego migracja z naturalnych minerałów jest bardzo słaba [Baran i in. 2007, Dziadek i Waclawek 2005, Gonddek i Filipek-Mazur 2007, Kostecki 2008, Węglarzy 2007]. Średnia zawartość ołowiu w glebach województwa dolnośląskiego wynosi 23,4 mg/kg. Badania przeprowadzone na terenie gminy Bogatynia w 2008 roku wykazały obecność ołowiu w glebach użytkowanych rolniczo w zakresie od 15,1 do 51,8 mg/kg [Raport... 2009]. Metalem bardzo mobilnym, szczególnie w glebach kwaśnych, jest kadm. Duże zawartości tego metalu były oznaczane w rejonach przemysłowych, również w pobliżu elektrowni opalanych węglem brunatnym. Przeciętna zawartość tego metalu mieści się w zakresie od 1 do 2 mg/kg, a w glebach silnie zanieczyszczonych dochodzi nawet do 800 mg/kg [Kabata-Pendias i Pendias 1999, Węglarzy 2007]. Średnia zawartość kadmu w glebach województwa dolnośląskiego to 0,26 mg/kg. W badaniach z roku 2008, na terenie gminy Bogatynia, stwierdzono, że gleby zawierały od 0,18 do 0,59 mg Cd/kg [Raport... 2009]. W badaniach własnych, w próbkach gleb pochodzących z rejonu zgorzelecko-bogatyńskiego, wykazano około 1,5-krotnie większą zawartość ołowiu w próbkach pochodzących z rejonu oddziały-

wania elektrowni i kopalni, nie stwierdzono natomiast różnic zawartości kadmu w glebach obydwu rejonów (tab. 3). Według rozporządzenia Ministra Środowiska zawartość ołowiu i kadmu w żadnej z badanych próbek gleb nie przekroczyła wartości dopuszczalnej, tj. odpowiednio 100 i 4 mg/kg [Rozporządzenie... 2002]. Na podstawie oceny zawartości tych metali według zaleceń IUNG [Kabata-Pendias i in.1995] wykazano, że zawartość kadmu jest naturalna (0° zanieczyszczenia) w 100% gleb, a ołowiu – w 83,5%. Podwyższoną zawartość ołowiu (I° zanieczyszczenia) zanotowano w 16,5% wszystkich pobranych próbek gleb [Kabata-Pentias i in.1995].

**Tabela 3.** Zawartość ołowiu i kadmu w glebach w mg/kg s.m.; zakresy i wartości średnie ± odchylenie standardowe (n= 64)

**Table 3.** Content of lead and cadmium in soils; in mg/kg d.m. (range and mean ± standard deviation (n=64)

Rejon badań	Parametr	Ołów		Kadm	
		głębokość pobrania, cm ppt			
		0-30	30-60	0-30	30-60
a	zakres	14,15 – 53,30	15,80 – 28,50	0,08 – 0,21	0,07 – 0,13
	średnia	33,47±16,02	21,53±5,25	0,12±0,06	0,11±0,03
b	zakres	13,01– 29,65	9,20– 20,00	0,11–0,20	0,07–0,15
	średnia	19,69±5,63	14,800±3,83	0,16±0,04	0,100±0,04

**Objaśnienia:** a – rejon oddziaływania Elektrowni i Kopalni „Turów” i b – rejon poza zasięgiem oddziaływania tych emiterów.

Miedź występuje w glebach w różnych formach. Jej połączenia węglanowe i siarczano-we są mało mobilne i jest z nich trudno uwalniana. Przystawalność dla roślin jest związana z odczynem gleby – zmniejszenie pH powoduje zwiększenie dostępności i przyczynia się do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin. Łatwiej pobierana jest ze źródeł antropogenicznych niż z naturalnych zasobów glebowych [Dziadek i Waclawek 2005, Węglarzy 2007]. Średnia zawartość tego metalu w glebach dolnośląskich to 21,5 mg/kg, a w okolicach Bogatyni – od 7,3 do 19,2 mg/kg [Raport...2009].

Pierwiastkiem niezbędnym w regulacji wielu procesów metabolicznych w organizmach żywych jest cynk. Jego naturalna zawartość w glebach zależy od ich rodzaju i zawartości substancji organicznej. Związki tego metalu cechują się dużą rozpuszczalnością, a małe pH gleb sprzyja jego przemieszczaniu i zwiększa jego dostępność dla roślin [Dziadek i Waclawek 2005, Węglarzy 2007]. Średnia zawartość cynku w glebach województwa dolnośląskiego to 59,8 mg/kg, natomiast w badaniach z rejonu Bogatyni stwierdzono nawet 207,7 mg Zn/kg [Raport... 2009].

Badania własne przeprowadzone w rejonie zgorzelecko-bogatyńskim wykazały 2-krotnie większą zawartość miedzi i cynku w próbkach gleb pochodzących z rejonu oddziaływania Kopalni i Elektrowni „Turów” (tab. 4). Nie stwierdzono, według rozporządzenia Ministra Środo-

wiska, przekroczenia dopuszczalnej zawartości miedzi (150 mg/kg) oraz cynku (300 mg/kg) w żadnej badanej próbce [Rozporządzenie... 2002]. Ocena zawartości miedzi i cynku, dokonana według wytycznych IUNG, wykazała naturalną (0° zanieczyszczenia) zawartość miedzi w 69% próbek gleb, a cynku – w 88%. Podwyższoną zawartość (I° zanieczyszczenia) zanotowano w 31% gleb w przypadku miedzi i w 12% w przypadku cynku [Kabata-Pentias i in. 1995].

**Tabela 4.** Zawartość miedzi i cynku w glebach w mg/kg s.m.; zakresy i wartości średnie  $\pm$  odchylenie standardowe (n= 64)

**Table 4.** Content of copper and zinc in soils in mg/kg d.m.; range and mean  $\pm$  standard deviation (n=64)

Rejon badań	Parametr	Miedź		Cynk	
		głębokość pobrania, cm ppt			
		0-30	30-60	0-30	30-60
a	zakres	11,52–23,90	19,70–26,20	48,00–109,50	43,0–53,20
	średnia	16,42 $\pm$ 5,37	22,86 $\pm$ 2,65	68,57 $\pm$ 28,94	47,23 $\pm$ 4,34
b	zakres	4,55–12,45	8,29–11,70	12,01–60,01	9,44–46,20
	średnia	8,23 $\pm$ 3,19	9,54 $\pm$ 1,59	29,40 $\pm$ 19,32	23,31 $\pm$ 14,94

**Objaśnienia:** a – rejon oddziaływania Elektrowni i Kopalni „Turów” i b – rejon poza zasięgiem oddziaływania tych emiterów.

#### 4. WNIOSKI

1. Podwyższona zawartość ołowiu, miedzi i cynku w próbkach gleb pochodzących z rejonu oddziaływania Kopalni i Elektrowni „Turów” wskazuje na znaczny udział obu zakładów w emisji tych metali.
2. Wszystkie próbki gleb spełniają normy zawartości metali wg rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku [Rozporządzenie... 2002].
3. Ocena zawartości metali w glebach rejonu zgorzelecko-bogatyńskiego według wytycznych IUNG wykazała podwyższoną zawartość ołowiu w 16,5%, miedzi w 31% i cynku w 12% próbek gleb.

#### PIŚMIENNICTWO I AKTY PRAWNE

- BARAN A., SPAŁEK I., JASIEWICZ CZ. 2007. Zawartość metali ciężkich w roślinach i gruntach przylegających do wybranych stacji paliw w Krakowie. Materiały II Krakowskiej Konferencji Młodych Uczonych, Kraków 2007: 265–272.
- DROZD J., LICZNAR M., LICZNAR S.E., WEBER J. 2002. Gleboznawstwo z elementami mineralogii i petrografii. AR, Wrocław.
- DZIADEK K., WACŁAWEK W. 2005. Metale w środowisku. Cz.I. Metale ciężkie (Zn, Cu, Ni, Pb, Cd) w środowisku glebowym. Chem., Dydakt., Ekol. Metrol., 10 (1-2): 33–44.

- GONDEK K. FILIPEK-MAZUR B. 2007. Oddziaływanie zanieczyszczeń komunikacyjnych wzdłuż drogi krajowej nr 4 (Bochnia–Sędziszów Małopolski) na zawartość pierwiastków śladowych w glebie i runi łąkowej. Część I. Zawartość pierwiastków śladowych w glebie. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 520: 47–54.
- KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., MOTOWICKA-TERELAK B., MALISZEWSKA-KORDYBACH B., FILIPIAK K., KRAKOWIAK A., PIETRUCH CZ. 1995. Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb – metale ciężkie, siarka i WWA. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska. Bibliot. Monit. Środ., Warszawa.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
- KASZUBKIEWICZ J., KAWAŁKO D. 2009. Zawartość wybranych metali ciężkich w glebach i roślinach na terenie powiatu jeleniogórskiego. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych 40: 177 –189.
- KOSTECKI J. 2008. Zawartość metali ciężkich w glebie wsi Żukowice. Materiały III Krakowskiej Konferencji Młodych Uczonych, Kraków 2008: 263–268.
- MAZUREK CZ., ZWOŹDZIAK J. 1992. Zagrożenia ekologiczne regionu turoszowskiego. Ochrona Środowiska 1(45): 3–8.
- MYŚLIŃSKA E. 2010. Laboratoryjne badania gruntów i gleb. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- Program Ochrony Środowiska dla miasta i gminy Bogatynia. Cz. V. Analiza oraz ocena zasobów i składników środowiska przyrodniczego 2004. Abrys Technika Sp. z o.o.: 70–78.
- Raport o stanie środowiska w województwie dolnośląskim w 2008 roku. 2009. Inspekcja Ochrony Środowiska, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska we Wrocławiu, Wrocław.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi.** (Dz.U. Nr 165 poz. 1359).
- WĘGLARZY K. 2007. Metale ciężkie – źródła zanieczyszczeń i wpływ na środowisko. Wiad. Zootech. 45(3): 31–38.