

Elżbieta BIERNACKA, Marcin WÓJCIK

Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego
Department of Recultivation and Protection of Natural Environment

Wpływ antropogenizacji środowiska na zawartość Zn, Pb, Cd w roślinności trawiastej*

The manmade influence of the environment on the anthropogenization contents of Zn Pb Cd in grass plants*

Wstęp

Metale ciężkie należą do tych pierwiastków chemicznych, które są najmniej znane w środowisku przyrodniczym, ale ich występowanie i bioakumulacja może być ogromnym zagrożeniem dla środowiska naturalnego i prawidłowego łańcucha troficznego. Na niebezpiecznie podwyższone zawartości metali ciężkich narażone są szczególnie rośliny pochodzące z terenów silnie zantropogenizowanych (Karaczun 1996).

Celem badań było określenie wpływu antropogenizacji środowiska na zawartość Zn, Pb, Cd w roślinności trawiastej.

Materiał i metodyka badań

Badaniami objęto roślinność trawiastą z terenu województw: łomżyńskiego, katowickiego z obszaru przyległego do

Huty Katowice, a także Roztocza. Pobrano próbki roślinne: z Roztocza, Łomży i z rejonu Huty Katowice. Wybrano odległe geograficznie obszary kraju o różnym stopniu narażenia na antropogenizację. Rejony Łomży i Roztocza uważane są za naturalne przyrodniczo, rejon Huty Katowice zaś za obszar będący pod silnym wpływem antropogenizacji.

Ołów i kadm oznaczono metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej (ASA) w aparacie firmy Thermo Jarrell Ash Corporation model SCAN 1, techniką atomizacji elektrotermicznej w kuwecie grafitowej (Koirtzohann i in. 1981).

Cynk metodą spektrometrii emisyjnej z plazmą indukcyjnie wzbudzoną ICP-AES w aparacie firmy Thermo Jarrell Ash model: ATOM SCAN 25. W analizie metodą ICP-AES wykorzystywano trzy różne linie widma emisyjnego polecane do oznaczeń danego pierwia-

* Grant KBN 50102080027

stka (Dickenson i Fassel 1969). Dla każdej z nich pomiar wykonywano trzykrotnie. Z pomiarów wyznaczona została średnia arytmetyczna i odchylenie standardowe. Tabele z wynikami zawierają mediany ze średnich dla wszystkich linii oznaczanego pierwiastka. Dla stężeń wyższych od granicy oznaczalności względne odchylenie standardowe pomiarów nie przekracza 5%.

W celu porównania i analizy otrzymanych wyników wyznaczono: wartość średnią zawartości danego pierwiastka w próbkach roślinności trawiastej występującej w każdym z trzech rejonów geograficznych oraz odpowiednie współczynniki zmienności.

Dla empirycznego rozkładu zmiennej losowej, zdefiniowanej jako zawartość danego pierwiastka w próbkach roślinności trawiastej wartość średnia zdefiniowana jest następująco:

$$x_0 = \frac{\sum_{j=1}^{j=J} x_j}{J}$$

gdzie x_j oznacza zawartość pierwiastka wyznaczoną w j -tej próbie oraz J jest całkowitą liczbą prób wykonanych na danym obszarze geograficznym.

Dla umożliwienia bezpośredniego porównywania miar rozproszenia otrzymanych szeregów wartości zastosowano współczynniki zmienności zdefiniowane jako stosunek odchylenia standardowego do odpowiedniej wartości średniej:

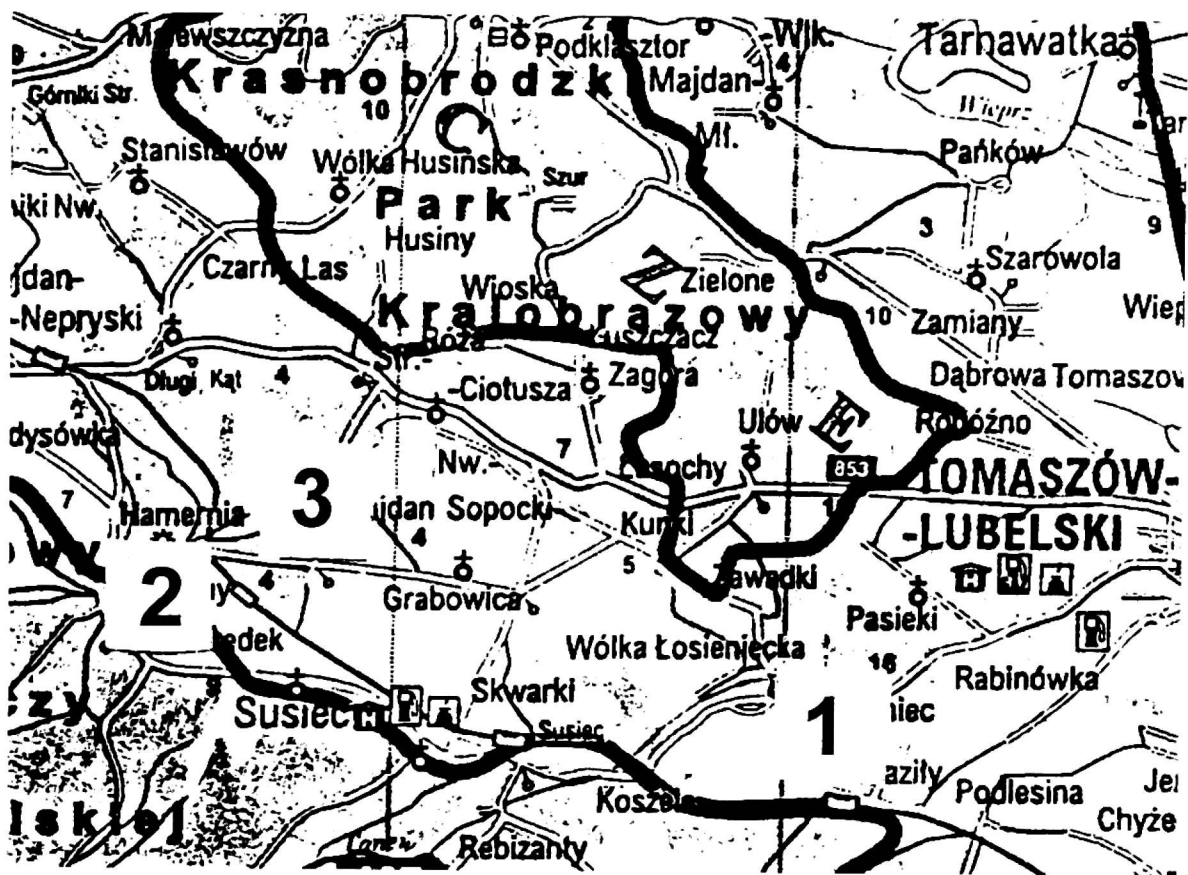
$$R = \frac{\sqrt{\frac{1}{J} \left(\sum_{j=1}^{j=J} (x_j - x_0)^2 \right)}}{x_0}$$

Współczynniki zmienności, wyrażone w procentach, są względną miarą rozproszenia, którą należy stosować wtedy, gdy badane zjawisko mierzone jest w różnych jednostkach miary lub kształtuje się na niejednakowym poziomie przeciętnym (Krzysztofiak i Luszniwicz 1976).

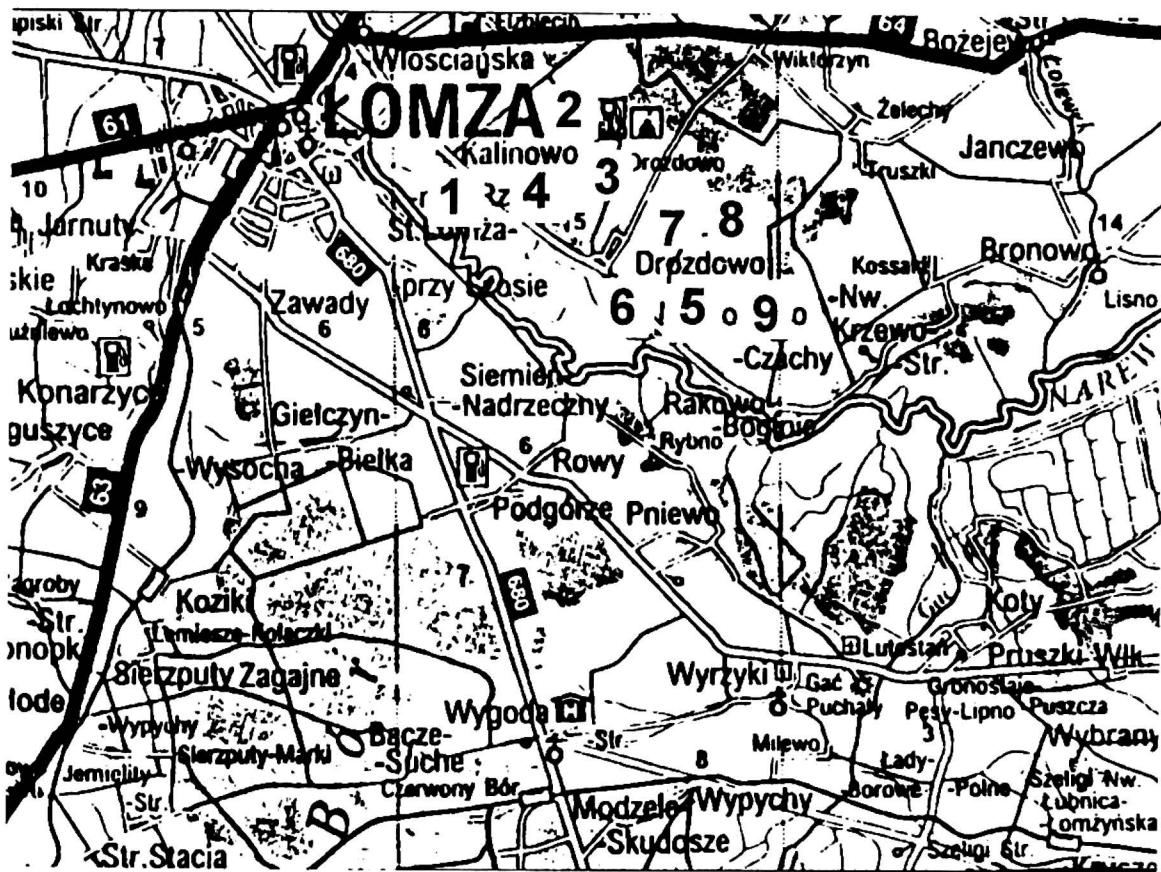
Wyniki badań i dyskusja

Skład chemiczny roślinności trawiastej zamieszczony jest w tabelach 1, 2, 3 i przedstawiony graficznie na rysunkach 1, 2, 3. Wartości średnie i współczynniki zmienności prezentowane są w tabelach 4, 5. Miejsca poboru próbek przedstawione są na mapach 1, 2, 3.

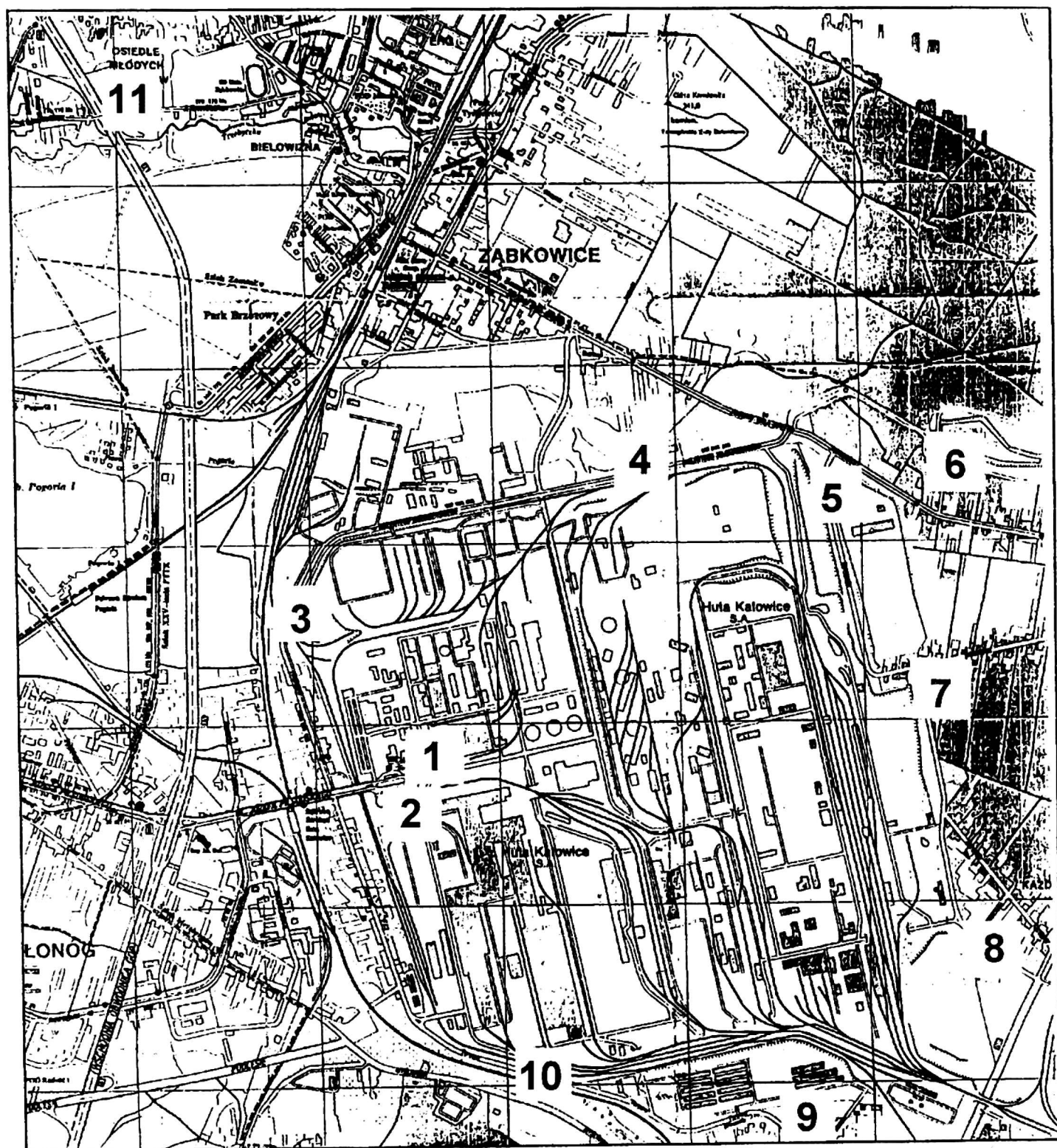
Analiza wyników eksperymentalnych uzyskanych dla próbek roślinności trawiastej z rejonu Roztocza wskazuje, że: średnia zawartość cynku wynosi $77,16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab.). Współczynnik zmienności przyjmuje wartość 25,70% (tab. 5). Maksymalna zmierzona zawartość cynku wynosi $97,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 1) i minimalna zawartość cynku $43,50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 1) wyznaczają obszar zmienności równy $53,50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. Średnia zawartość kadmu wynosi $0,30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 4). Współczynnik zmienności przyjmuje wartość 54,80% (tab. 5). Maksymalna zmierzona



Mapa 1. Miejsca poboru próbek z rejonu Roztocza
 Map 1. The places of sample collection from the region of Roztocze



Mapa 2. Miejsca poboru próbek z rejonu Łomży
 Map 2. The places of sample collection from the region of Łomża



Mapa 3. Miejsca poboru próbek z rejonu Huty Katowice
 Map 3. The places of sample collection from the region of Huta Katowice

TABELA 1. Zawartość Cd, Pb, Zn w trawach z rejonu Roztocza
 TABLE 1. The contents of Cd, Pb, Zn in grasses from the region of Roztocze

Nr próby Sample No	Miejsce pobrania* Location of sample	Cd	Pb		Zn
			$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.m.	
1	Wólka Łosieniecka	0,130	6,27		97,0
2	Hamernia 1	0,380	4,82		43,50
3	Hamernia 2	0,292	5,17		91,0

*Miejsca pobrania próbek zaznaczono na mapie 1.
 The places of sample collection pointed out on the map 1.

TABELA 2. Zawartość Cd, Pb, Zn w trawach z rejonu Łomży
 TABLE 2. The contents of Cd, Pb Zn in grasses from the region of Łomża

Nr próby Sample No	Miejsce pobrania* Location of sample	Cd	Pb		Zn
			$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.m.	
1	Kalinowo 1	0,072	3,70		39,50
2	Kalinowo 2	0,037	1,33		35,50
3	Kalinowo 3	0,029	0,75		32,0
4	Kalinowo 4	0,007	0,78		20,50
5	Drozdowo 1	0,058	1,14		53,50
6	Drozdowo 2	0,059	0,53		29,0
7	Drozdowo 3	0,040	1,68		37,0
8	Drozdowo 4	0,017	1,56		37,0
9	Drozdowo 5	0,040	5,43		270,0

*Miejsca pobrania próbek zaznaczono na mapie 2.
 The places of sample collection pointed out on the map 2.

TABELA 3. Zawartość Cd, Pb, Zn w trawach z rejonu Huty Katowice
 TABLE 3. The contents of Cd, Pb, Zn in grasses from the region of Huta Katowice

Nr próby Sample No	Miejsce pobrania* Location of sample	Kierunek wg róży wiatrów Direction dy wind rose	Cd			Pb	Zn
			$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.m.			
1	Huta Katowice, 50 m od bramy głównej	W	0,398	13,8		116,5	
2	Huta Katowice, 50 m od bramy głównej	S-W	0,233	11,5		137,5	
3	Huta Katowice, 1,5 m od bramy głównej	N	0,120	13,0		47,0	
4	Huta Katowice, ul. Roździeńskiego – brama	N	0,223	15,0		41,0	
5	Huta Katowice, ul. Gołonowska na skarpie	E	0,402	12,4		63,0	
6	Huta Katowice, Zbiornik Łosień	W	0,685	14,0		73,0	
7	Huta Katowice, Taśmociąg	S-E	0,364	34,6		119,5	
8	Huta Katowice, ul. Świerczyna	S-E	0,208	31,6		81,50	
9	Huta Katowice, ul. Torowa Osadnik	W	0,382	15,6		64,0	
10	Huta Katowice, ul. Torowa	W	0,352	13,0		56,50	
11	Huta Katowice, ul. J. Kusocińskiego	W	0,703	13,1		211,0	

*Miejsca pobrania próbek zaznaczono na mapie 3.
 The places of sample collection pointed out on the map 3.

TABELA 4. Wartości średnie zawartości pierwiastków wyrażone w $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m., w próbkach roślinności trawiastej

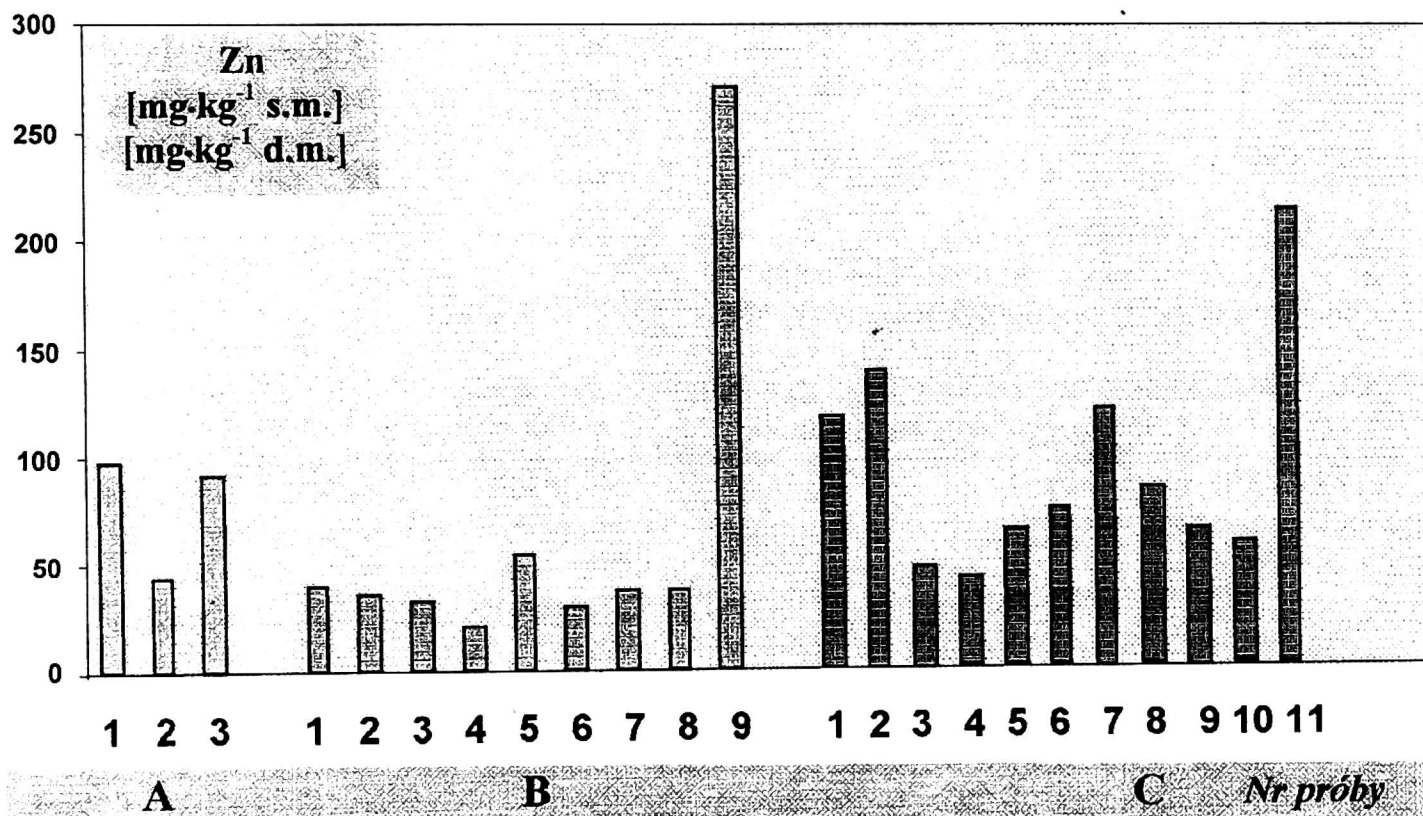
TABLE 4. Average values of elements contents expressed in $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.m. in grass plant samples

Miejsce pobrania próbek	Zn	Cd	Pb
Roztocze	77,16	0,30	5,42
Łomża	61,55	0,04	1,87
Huta Katowice	91,82	0,37	17,05

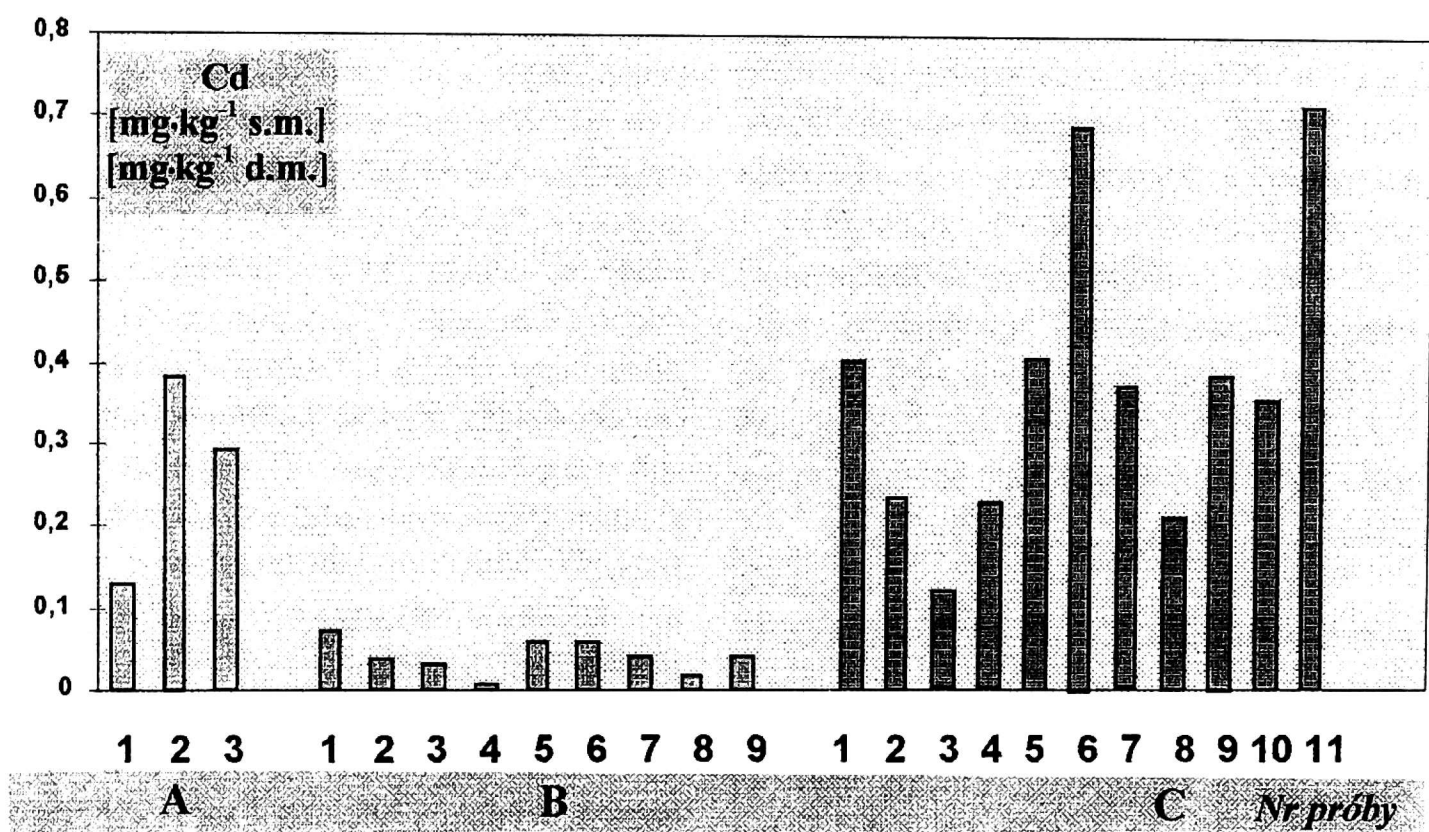
TABELA 5. Wartości współczynników zmienności wyrażone w %, obliczone dla zawartości pierwiastków w próbkach roślinności trawiastej

TABLE 5. Variability factors values expressed in % counted for the elements contents in grass plant samples

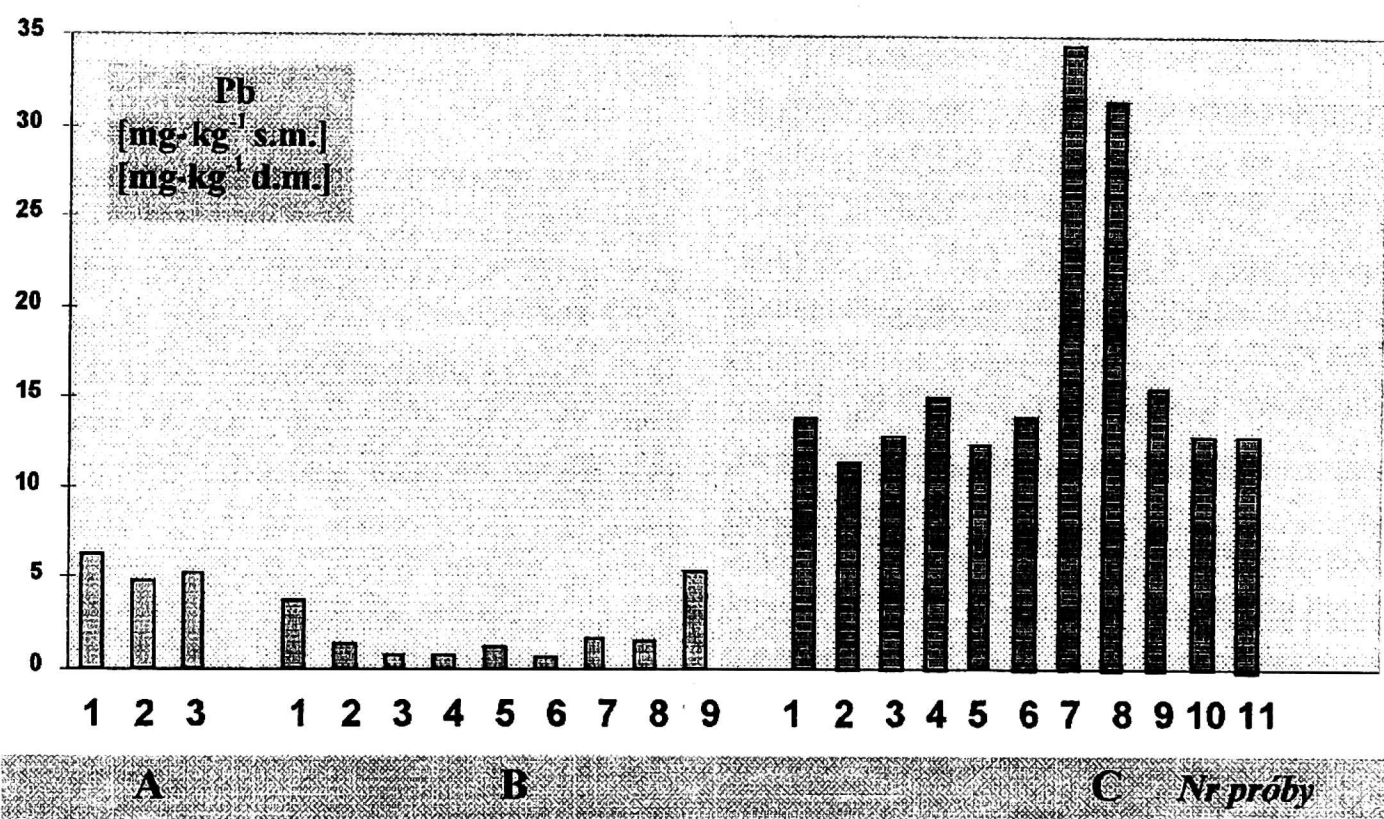
Miejsce pobrania próbek	Zn	Cd	Pb
Roztocze	25,7	54,8	15,5
Łomża	120,5	47,4	81,7
Huta Katowice	52,5	46,5	45,0



Rys. 1. Zawartość Zn w trawach z różnych rejonów Polski: A – Roztocze, B – Łomża, C – Huta Katowice
Fig. 1. Contents of Zn in grasses from different regions of Poland: A – Roztocze, B – Łomża, C – Huta Katowice



Rys. 2. Zawartość Cd w trawach z różnych rejonów Polski: A – Roztocze, B – Łomża, C – Huta Katowice
 Fig. 2. The contents of Cd in grasses from different regions of Poland: A – Roztocze, B – Łomża, C – Huta Katowice



Rys. 3. Zawartość Pb w trawach z różnych rejonów Polski: A – Roztocze, B – Łomża, C – Huta Katowice
 Fig. 3. The contents of Pb in grasses from different regions of Poland: A – Roztocze, B – Łomża, C – Huta Katowice

zawartość kadmu wynosi $0,380 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 1) i minimalna $0,130 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 1) wyznaczają obszar zmienności równy $0,25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. Średnia zawartość ołowiu wynosi $5,42 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 4). Współczynnik zmienności przyjmuje wartość $15,50\%$ (tab. 5). Maksymalna zmierzona zawartość ołowiu $6,27 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 1) i minimalna $4,82 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 1) wyznaczają obszar zmienności równy $1,45 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.

W rejonie Łomży średnia zawartość cynku wynosi $61,55 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 4). Współczynnik zmienności przyjmuje wartość $120,50\%$ (tab. 5). Maksymalna zmierzona zawartość cynku wynosi $270,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 2) i minimalna $20,50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 2) wyznaczają obszar zmienności równy $249,50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. Duży współczynnik zmienności sugeruje, że mogło nastąpić przypadkowe skażenie terenu tym metalem. Do tej interpretacji skłania również fakt, że średnia zawartość cynku nie jest podwyższona. Średnia zawartość kadmu wynosi $0,04 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 4). Współczynnik zmienności przyjmuje wartość $47,40\%$ (tab. 5). Maksymalna zmierzona zawartość kadmu $0,072 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 2) i minimalna $0,007 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 2) wyznaczają obszar zmienności równy $0,065 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. Średnia zawartość ołowiu wynosi $1,87 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 4). Współczynnik zmienności przyjmuje wartość $81,70\%$ (tab. 5). Maksymalna zmierzona zawartość ołowiu $5,43 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 2) i minimalna $0,53 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 2) wyznaczają obszar zmienności równy $4,90 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.

W rejonie Huty Katowice średnia zawartość cynku wynosi $91,82 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 4). Współczynnik zmienności przyjmuje wartość $52,50\%$ (tab. 5). Maksymalna zmierzona zawartość cynku $211,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 3) i minimalna $41,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 3) wyznaczają obszar zmienności równy $170,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.

Średnia zawartość kadmu wynosi $0,37 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 4). Współczynnik zmienności przyjmuje wartość $46,50\%$ (tab. 5). Maksymalna zmierzona zawartość kadmu $0,703 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 3) i minimalna $0,120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 3) wyznaczają obszar zmienności równy $0,583 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. Średnia zawartość ołowiu wynosi $17,05 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 4). Współczynnik zmienności przyjmuje wartość $45,0\%$ (tab. 5). Maksymalna zmierzona zawartość ołowiu $34,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 3) i minimalna $11,50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 3) wyznaczają obszar zmienności równy $23,10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.

Średnia zawartość cynku obserwowana w roślinności trawiastej w rejonie Huty Katowice przekracza o 25% średnią zawartość tego metalu dla rejonów Łomży i Roztocza. Obserwowane zjawisko jest najprawdopodobniej związane z tym, że cynk stosowany jest szeroko w przemyśle metalurgicznym i jego znaczna część przedostaje się do środowiska wraz z pyłami z hut. Średnia zawartość cynku w suchej masie z rejonu Huty Katowice zbliżona jest do dolnej granicy wartości toksycznych wynoszącej $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. Średnie zawartości cynku w rejonach Roztocza i Łomży znajdują się w granicach przedziału fizjologicznego $25\text{--}100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (za Kabatą-Pendias i Pendias 1993).

Średnie zawartości ołowiu w rejonach Roztocza i Łomży można zaklasyfikować jako wartości normalne, natomiast średnia zawartość Pb w próbkach pobranych z rejonu Huty Katowice ($17,05 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) wykracza poza górną granicę zawartości normalnej wynoszącą $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$

Próbki o numerach 7 i 8 wykazują nawet zawartości Pb przekraczające dolną granicę zawartości toksycznej $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ Zauważenie tego faktu jest tym bardziej znaczące, że ołów jest toksyczny dla roślin i organizmów zwierzęcych.

W rejonie Łomży kadm występuje w ilościach nie przekraczających zawartości fizjologicznych $0,05\text{--}0,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$

W rejonie Roztocza obserwuje się średnią zawartość kadmu równą $0,30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$, która przekracza górną granicę zawartości fizjologicznej. Potwierdza to dane z „Raportu o stanie środowiska w województwie zamojskim” z 1993 roku, w którym stwierdzono, że obszary specjalnie chronione podlegają zanieczyszczeniu środowiska metalami ciężkimi. Na terenie RPN zawartość metali ciężkich została przekroczona właśnie w przypadku kadmu. W rejonie Huty Katowice średnia zawartość kadmu jest największa ($0,37 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) i przekracza 9-krotnie średnią jego zawartość z rejonu porównawczego, za jaki można uznawać rejon Łomży.

Wnioski

Na podstawie otrzymanych wyników można jednoznacznie stwierdzić niekorzystny wpływ antropogenizacji

środowiska na skład chemiczny roślinności testowej, co ma szczególne znaczenie dla toksycznych metali, do których zaliczają się ołów i kadm.

Dla zminimalizowania zmian środowiska naturalnego należy ograniczać emisję pierwiastków – szczególnie tych toksycznych. Można to osiągnąć przez stosowanie urządzeń ograniczających ich emisję do atmosfery, systematyczną kontrolę ich działania, a także globalną kontrolę ciągów technologicznych.

Wskazane jest monitorowanie składu roślinności trawiastej z rejonów wysoce zurbanizowanych i uprzemysłowionych w celu uniknięcia poważnych skażeń toksycznymi metalami ciężkimi.

Literatura:

- KARACZUN Z., INDEKAL. 1996: *Ochrona środowiska*. Aries. Warszawa.
- KOIRTYOHANN S.R., JONES C.P., JESTER C.P., YATES D.A. 1981: *Use of Spatial Emission Profiles and a Nomenclature System as Aids in Interpreting Matrix Effects in the Low-Power Argon Inductively Coupled Plasma*. Spectrochim. Acta 36 B, 49–59.
- DICKENSON G.W., FASSEL V.A. 1969: *Emission Spectrometric Detection of Elements at Nanogram per Milliliter Levels Using Induction Coupled Plasma Excitation*. Anal. Chem. 41, 1021–1024.
- KRZYSZTOFIAK M., LUSZNIWICZ A. 1976: *Statystyka*. PWE, Warszawa.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1993: *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN, Warszawa.

Summary

The manmade influence of the environment on the contents of Zn, Pb, Cd in

grass plants. The contents of Zn, Pb, Cd was determined in grass plant samples derived from the natural environment in the regions of Roztocze and Łomża and from the significantly polluted and anthropogenized region of Huta Katowice. Contents of zinc for the region of Huta Katowice amounts to $91.82 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ d.m.}$ and exceeds by 25% the contents estimated for comparative regions. The contents of lead in the region of Roztocze – $5.42 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ d.m.}$ and in the region of Łomża – $1.87 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ d.m.}$ are normal values. The contents of lead in samples from the region of Huta Katowice – $17.05 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ d.m.}$ exceeds the normal value –

$10.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ d.m.}$ In the region of Huta Katowice the contents of cadmium is the highest – $0.37 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ d.m.}$ and it exceeds many times its contents estimated for comparative regions. The harmful influence of the anthropogenization of environment for changes in compositions of grass plants with regard to examined metals was identified.

Authors' address:

E. Biernacka, M. Wójcik
Warsaw Agricultural University – SGGW
02-787 Warszawa
ul. Nowoursynowska 166
Poland