

**BARBARA WALCZAK\***

## **ZAWARTOŚĆ FORMY OGÓLNEJ I ŁATWO PRZYSWAJALNEJ MIEDZI W PYŁACH DROGOWYCH W ZIELONEJ GÓRZE**

### *Streszczenie*

*W artykule przedstawiono wyniki badań zawartości formy ogólnej oraz łatwo przyswajalnej miedzi w pyłach drogowych w Zielonej Górze. Pyłem ulicznym określano materiał zalegający na ulicach miast. Zawartość miedzi w pyłe drogowym porównano z zawartością tego pierwiastka występującą w glebach Zielonej Góry oraz z normą określającą dopuszczalną zawartość miedzi w glebach na terenach zurbanizowanych. Stwierdzono zawartość miedzi w glebach miasta w zakresie (forma rozpuszczalna, forma ogólna) 3,2-13,1 oraz 9,9-26,8 mg·kg<sup>-1</sup>, natomiast w pyłach drogowych w zakresie (forma rozpuszczalna, forma ogólna) 2,3-115,0 oraz 15,6-254,3 mg·kg<sup>-1</sup>. Zawartość miedzi w pyłach drogowych jest akceptowalna dla terenów przemysłowych i komunikacyjnych, jest natomiast za wysoka dla terenów miejskich jako całości. Sytuacja w analizowanym zakresie jest jednak porównywalna z innymi miastami świata.*

**Słowa kluczowe:** miedź, pyły drogowe

### **Wprowadzenie**

Występowanie metali ciężkich w pyłe zawieszonym w okolicach arterii komunikacyjnych oraz w glebach w pobliżu ulic jest tematem dobrze rozpracowanym. Jednakże skład chemiczny depozytów z ulic miejskich (określanych w literaturze angielskojęzycznej jako street dust, co w tłumaczeniu na Polski pozwala zastosować nazwę pył drogowy), jest słabo poznany.

Na powstawanie pyłów drogowych mają wpływ różne czynniki, do których należy zaliczyć: sptyw erozyjny z gleb otaczających pasy drogi, opad z emisji zanieczyszczeń przemysłowych i komunikacyjnych, startą nawierzchnię asfaltu i farb używanych do oznaczeń poziomych jezdni, starte ogumienie pojazdów,

---

\* Uniwersytet Zielonogórski; Instytut Inżynierii Środowiska; Zakład Ochrony i Rekultywacji Gruntów

pyłny pochodzące z eksploatacji samochodów, materię organiczną ze zlokalizowanych w pobliżu dróg drzew i innych roślin oraz różnego typu preparaty pochodzące z utrzymania zimowego dróg.

Pyły drogowe bardzo często długo zalegają na ulicach miast z różnych przyczyn, przede wszystkim z zaniedbań służb porządkowych miasta. Stają się materiałem bardzo uciążliwym, powodującym dyskomfort i wpływającym na stan zdrowia mieszkańców. Wzrastająca liczba zachorowań ludności miast na różnego rodzaju choroby zwłaszcza dróg oddechowych, skłania do poznania składu chemicznego pyłów drogowych, jako jednego z czynników powodujących ten stan.

Zwiększona koncentracja Pb, Cd, Zn i Cu w pyłach drogowych przez wielu badaczy tych depozytów uznawana jest za związaną z komunikacją. W artykule przedstawiono wyniki zawartości miedzi, obecnej w smarach, płynach eksploatacyjnych, w tym olejach, elementach ściernych oraz konstrukcyjnych pojazdów samochodowych. Biorąc pod uwagę fakt, że miedź jest toksyczna dla roślin w ilości od 15 do 20 mg·kg<sup>-1</sup>, powodując ograniczenie wzrostu i rozwoju roślin, chlorozy, zgrubienie i skrócenie korzeni oraz zanik włóśników, a w pyłe drogowym w Zielonej Górze stwierdza się znacznie większe jej ilości, analiza tego pierwiastka jest ważna dla ustalenia stanu środowisk przydrożnych. Miedź w znacznych koncentracjach, negatywnie oddziałuje też na człowieka, powodując przewlekłe zatrucia, spadek zawartości hemoglobiny oraz uszkodzenia wątroby i nerek.

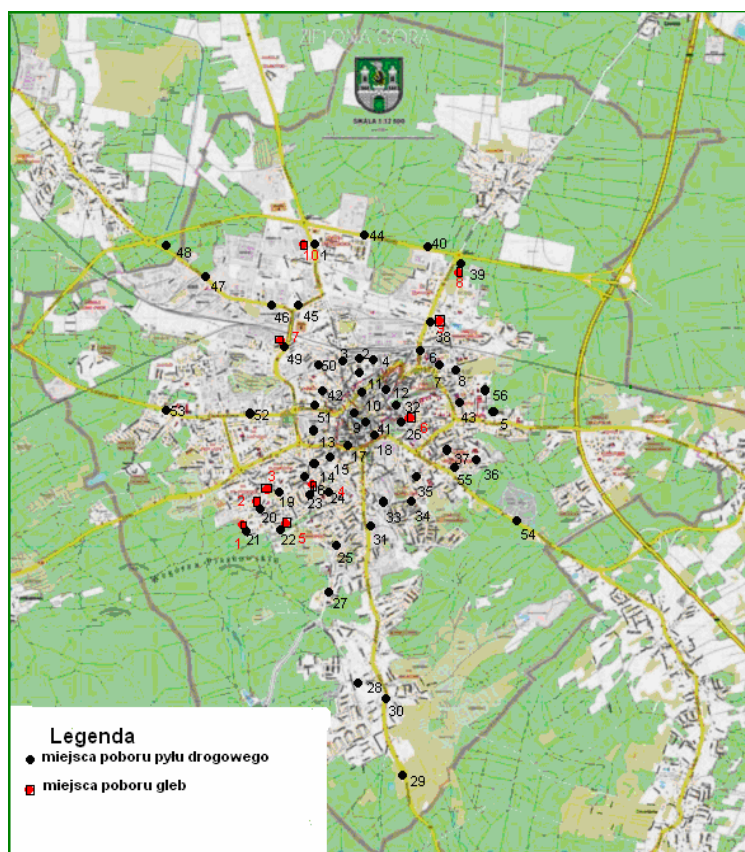
### **Charakterystyka obszaru badań i metodyka badań**

Obszar badań ulokowano w Zielonej Górze, mieście w zachodniej części Polski na terenie województwa lubuskiego. Zielona Góra liczy 119 tysięcy mieszkańców (2006). Miasto nastawione jest przede wszystkim na usługi. Do 1989 roku miasto jednak było w znacznym stopniu uprzemysłowione. Na stan środowiska w Zielonej Górze wpływ mają miejskie ciepłownie oraz elektrociepłownie, ogrzewanie mieszkań indywidualnych poprzez opalanie węglem. Głównym zagrożeniem w mieście jest duży ruch samochodowy, który ma tendencję zwyżkową. Na zapylenie miasta bardzo duży wpływ ma pozostawienie w stanie niepokrytym roślinnością i nawierzchniami litymi gruntów pobudowlanych. Zielona Góra charakteryzuje się zróżnicowaniem powierzchni co powoduje duże straty erozyjne a co za tym idzie przedostawanie się gleb na ulice.

Pył drogowy pobrano z ulic miasta, z 56 punktów. Poboru dokonano dwukrotnie z tych samych miejsc: pierwszy raz w lutym 2001 roku, drugi raz w maju 2002 r. Opisywany materiał pobierano z pasa jezdni przylegającego do krawędzi jezdni, w odległości do 0,5 m od skraju, na długości około 10 m. Materiał zmiatano szczotką a następnie pobierano do kartonów około 1 kilogra-

nową uśrednioną próbkę zbiorczą. Dla rozpoznania jednego z potencjalnie ważniejszych źródeł materiału obecnego na drogach, pobrano także powierzchniowe, uśrednione próbki gleb ze skwerów przylegających do miejsc poboru pyłu drogowego. Za każdym razem próbki te uzyskiwano poprzez pobór próbek jednostkowych z powierzchniowej warstwy gleby (0-10 cm), z powierzchni około 10 m<sup>2</sup> i ich uśrednienie. Lokalizację miejsc poboru próbek pyłu drogowego i gleby przedstawiono na rys. 1.

Zawartość Cu ogółem, w pyłe drogowym oraz w glebie oznaczono metodą spektrometrii absorpcji atomowej AAS FL, w wyciągach uzyskanych po spaleniu w piecu muflowym próbek w temperaturze 550<sup>0</sup>C i rozтворzeniu w wodzie królewskiej. Zawartość Cu dostępną dla organizmów żywych w pyłe drogowym oznaczono metodą spektrometrii absorpcji atomowej AAS FL w wyciągach 0,1 molowego kwasu solnego.



Rys. 1. Lokalizacja miejsc poboru próbek pyłu drogowego i gleb

Fig. 1. Sampling points location of the street dust and soils

## Wyniki badań i dyskusja

Całkowitą zawartość oraz form łatwo dostępnej miedzi w glebach pobranych w pobliżu miejsc poboru pyłu drogowego przedstawiono w tabeli 1. Zawartość miedzi w glebie kształtowała się na niższym poziomie niż zawartość miedzi w pyłe drogowym. Zawartość miedzi (formy całkowitej i łatwo rozpuszczalnej) przedstawiono w tabeli 2. Największą zawartość miedzi w I serii zanotowano na ulicach: Dworcowej (próbka nr 2), Objazdowej (próbka nr 49) i Batorego przy skrzyżowaniu z Dworcową (próbka nr 3), najniższą natomiast na ulicach: Nowojędrzychowskiej (próbka nr 28), Jędrzychowskiej (próbka nr 29) oraz Jedności (próbka nr 13). W II serii badań pyłów drogowych najwyższe stężenia miedzi wystąpiły na ulicach: Bema (próbka nr 6), Profesora Z. Szafrana (próbka nr 56) oraz Wojska Polskiego (próbka nr 53) przy wylocie z miasta, najmniejsze natomiast przy ulicach: Bohaterów Westerplatte (próbka nr 10), Zawadzkiego „Zośki” przy zajezdni autobusów (próbka nr 20) oraz na Placu Matejki (próbka nr 26).

Tab. 1. Zawartość miedzi w analizowanych glebach

Tab. 1. Copper content in soils under investigation

Nr próbki gleby	miedź	
	mg·kg <sup>-1</sup>	
	rozp. w 0,1 m HCl	rozp. w wodzie król.
1	7,19	21,06
2	1,01	14,66
3	7,14	17,86
4	7,48	26,80
5	11,62	23,50
6	3,23	50,92
7	8,39	21,94
8	13,14	24,26
9	12,94	19,46
10	4,75	9,90

Stosunek procentowy zawartości miedzi rozpuszczonej w 0,1 m HCl do miedzi rozpuszczonej w wodzie królewskiej w pyłe drogowym wynosił w I serii od 15,96 do 77,49%, średnio 48,98% i w II serii badań od 1,73 do 99,00%, średnio 44,71.

Tab. 2. Zawartość formy ogólnej i łatwo rozpuszczalnej miedzi w pyłe drogowym w Zielonej Górze

Tab. 2. Copper total and soluble form in street dust on the Zielona Góra area

Nr próbki	Zawartość miedzi [ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ]				Nr próbki	Zawartość miedzi [ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ]			
	woda kr.	0,1 M HCl	woda kr.	0,1 M HCl		woda kr.	0,1 M HCl	woda kr.	0,1 M HCl
	I seria	I seria	II seria	II seria		I seria	I seria	II seria	II seria
1	121,56	30,79	38,54	23,52	29	33,66	22,96	71,24	51,46
2	254,26	115,00	62,28	43,00	30	19,90	12,61	72,72	60,90
3	166,08	26,51	53,84	29,01	31	60,52	22,64	35,28	23,32
4	39,78	21,36	35,68	6,52	32	34,04	23,14	27,44	19,32
5	64,24	23,76	48,84	2,64	33	40,74	16,66	20,40	20,21
6	105,52	16,86	150,2	2,60	34	44,88	9,49	28,24	17,32
7	45,52	26,48	42,34	2,72	35	34,42	15,26	51,26	22,36
8	38,44	18,16	40,52	27,27	36	41,62	21,28	51,18	31,42
9	62,74	43,69	42,94	2,76	37	19,12	12,63	82,64	39,51
10	44,20	28,88	15,62	2,58	38	69,74	24,85	40,14	22,65
11	43,50	20,93	32,76	2,39	39	86,36	33,36	41,06	38,79
12	47,84	29,27	75,06	2,32	40	80,58	33,72	25,86	17,33
13	19,20	13,08	35,42	19,00	41	51,88	23,11	15,70	8,30
14	44,84	26,27	52,42	30,12	42	43,46	23,44	48,92	18,56
15	76,38	17,82	69,12	35,59	43	31,46	15,63	21,12	12,01
16	39,38	24,36	54,96	40,31	44	73,22	34,12	32,34	20,40
17	74,56	12,16	42,04	23,30	45	68,48	40,96	51,10	24,39
18	23,00	16,94	55,02	36,27	46	43,14	28,97	33,30	30,89
19	41,06	19,45	41,20	24,22	47	49,58	23,65	20,30	17,88
20	47,50	19,72	12,44	2,40	48	38,46	23,08	32,40	2,63
21	43,74	14,38	33,28	2,76	49	177,90	58,02	48,22	2,62
22	35,54	13,40	35,10	2,37	50	37,50	29,06	66,14	35,73
23	30,28	14,16	76,84	2,32	51	44,58	21,93	32,10	19,50
24	49,32	22,67	37,96	2,51	52	46,6	25,23	26,58	2,67
25	49,38	23,13	70,26	2,41	53	38,92	19,60	96,44	81,02
26	20,90	14,36	17,04	12,20	54	60,74	26,51	27,36	2,53
27	43,50	22,76	26,58	12,27	55	32,18	19,02	32,34	20,23
28	15,80	10,86	36,72	17,30	56	115,50	42,59	116,10	2,60
Minimum						15,80	9,49	12,44	2,32
Maximum						254,26	115,00	150,20	81,02
Średnia						57,27	24,83	46,12	19,27

### Dyskusja i wnioski

Pył drogowy w Zielonej Górze jest bardziej zanieczyszczony miedzią niż gleby zlokalizowane w pobliżu dróg. Nie istnieją normy kwalifikujące pyły drogowe zalegające na ulicach miast pod względem czystości. Jest to jednak pod względem wielu właściwości (np. składu mineralogicznego) materiał zbliżony do gleby. Porównując zawartość zanieczyszczeń w pyłe drogowym do obowiązującego w Polsce Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby i ziemi (tab. 3), stwierdzić należy, iż wszystkie wyniki zawartości miedzi mieszczą się poniżej podanych jako skrajne dla grupy C, dla grupy B i A normy są jednak przekraczane. Porównanie zawartości miedzi w pyłe drogowym w Zielone Górze z zawartością tego pierwiastka w pyłach innych miast na świecie przedstawiono w tab. 4. Można stwierdzić, że ilość miedzi w pyłe drogowym nie jest proporcjonalna do wielkości miasta, a zależy od wielu innych czynników, np. natężenia ruchu kołowego na jednostkę powierzchni, używania miedziowych środków ochrony roślin (dawne winnice zielonogórskie na terenie dzisiejszego miasta), lokalnego przemysłu, gospodarki odpadami, genezy i przekształceń gleb oraz wielu innych czynników.

W wielu miastach o różnej wielkości zawartość miedzi w pyłe drogowym notowana jest w podobnych zakresach. Aviles w Hiszpanii z osiemdziesięcioma tysiącami mieszkańców, a także kilkumilionowy Hong Kong wykazują zakresy zawartości miedzi wyższe niż w Zielonej Górze. Oslo, Madryt, Hawaiki, Ontario – stolice państw i regionów z dużo większą liczbą mieszkańców reprezentują obszary, na których stwierdza się niższe zawartości miedzi w pyłe drogowym niż w pyłe w Zielonej Górze, podobnie jak w Halifax, Christchurch, Kingston i Seulu. Taka zawartość miedzi w pyłe drogowym jaką odnotowano w Zielonej Górze, ukazuje potrzebę stałego monitoringu, ograniczania powstawania i stałego usuwania pyłów drogowych. Przeciwdziałanie powstawaniu pyłów drogowych musi skupiać się na ograniczeniu emisji ze źródeł przemysłowych, ciepłowniczych i komunikacyjnych, a także takie gospodarowanie przestrzenią miasta, aby ograniczyć erozję terenów nią zagrożonych. Ważne jest także sprawne i systematyczne sprzątanie ulic i placów i usuwanie z nich pyłów drogowych poprzez wyspecjalizowane służby.

Tab. 3. Zawartość miedzi w pyłe drogowym w świetle wartości dopuszczalnych stężeń według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz jakości ziemi

Tab. 3. Copper content In street dust according to threshold values given in polish law regulation (Minister of Environment Regulation from the 9<sup>th</sup> september 2002)

Zanieczy szczenie	Zawartość składnika pyłe ulicznym		Grupa A	Grupa B	Grupa C
	I tura	II tura			
			Nieruchomości gruntowe wchodzące w skład obszaru poddanego ochronie na podstawie przepisów ustawy Prawo Wodne oraz obszary poddane ochronie na podstawie przepisów o ochronie przyrody	Grunty zaliczane do użytków rolnych z wyłączeniem gruntów pod stawami i rowami, grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione, nieużytki a także grunty zabudowane i zurbanizowane za wyłączeniem terenów przemysłowych, użytków kopalnych oraz terenów komunikacyjny ch	Tereny przemysłowe, użytki kopalne, tereny komunikacyjne
				Głębokość 0,0-0,3 m p.p.t	Głębokość 0,0-2,0 m p.p.t.
	<b>mg·kg<sup>-1</sup></b>				
<b>Cu</b>	<b>15,8- 254,3</b>	<b>12,4- 150,2</b>	<b>30</b>	<b>150</b>	<b>600</b>

Tab. 4. Koncentracje zanieczyszczeń miedzią w pyłe drogowym w różnych miastach świata

Tab. 4. Copper street dust contamination in the cities of the world

Miasto	Autor badań*	Miedź	Roztwór
Amman	1	69-119	50% HNO <sub>3</sub>
Londyn	2	61-325	Stęż. HNO <sub>3</sub>
Londyn	3	197	4 M HNO <sub>3</sub>
Nowy Jork	3	355	4 M HNO <sub>3</sub>
Halifaks	3	87	4 M HNO <sub>3</sub>
Seul	4	101	HNO <sub>3</sub> +HCl
Oslo	5	123	HNO <sub>3</sub>
Madryt	5	188	HClO <sub>4</sub> +HF
Cincinnati 1998	6	253	2 M HNO <sub>3</sub>
Ontario	7	87	HClO <sub>4</sub> +HF
Hawaii	8	167	HClO <sub>4</sub> +HF
Karak (Jordania)	9	0,8-80	HNO <sub>3</sub> +HCl
Hong Kong	10	86-334	HNO <sub>3</sub> +HCl
Istanbul	11	47,2-1385	HNO <sub>3</sub> +HCl
Aviles Hiszpania	12	104-374	HNO <sub>3</sub> +HCl
<b>Zielona Góra</b>	<b>13</b>	<b>12-254</b>	<b>HNO<sub>3</sub>+HCl</b>

\*Autorzy badań: 1. Jires i inni 2001, 2. Leharze i inni 1992, 3. Fergusson i Ryan 1984, 4. Chon i inni 1995, 5. de Miguel i inni 1997, 6. Tong 1998, 7. Stone i Marsalek 1996, 8. Sutherland i Tolosa 2000, 9. Al-Khashman 2004, 10. Wang i inni 1998, 11. Sezgin i inni 2005, 12.. Ordonez i inni 2003, 13. Walczak 2001

## Literatura

1. AL-KHASHMAN O.A.: *Heavy metal distribution in dust, street dust and soil from the work place in Karak Industrial Estate, Jordan*. Atmospheric Environment. vol. 38, 6803-6812, 2004
2. CHON H.T., KIM K.W., KIM J.Y.: *Metal contamination of soil land dust in Seoul metropolia city, Korea*. Environmental Geochemistry and Health. vol. 17, 134-136, 1995
3. DE MIGUEL E., LIAMAS J.F., CHACON E., BERG T., LARSSSEN S., ROYSET O., VADSET M.: *Origin and patterns of distribution of trace elements in street dust: unleaded petrol and urban lead*. Atmospheric Environment., vol. 31, No 17, 2733-2740, 1997



4. FERGUSSON J.E., RYAN D.E.: *The elemental composition of street dust from large and small urban areas related to city type, source and particle size*. Sci Total Environ Nr 34, 101-116, 1984
5. JIRIES A.G., HUSSEIN H.H., HALASH Z.: *The quality of water and sediments of street runoff in Amman, Jordan*. Hydrol Proc 15, 815-824, 2001
6. LEHARNE S., CHARLESWORTH D., CHOWDRY B.: *A survey of metal levels in street dusts in an Inner London neighborhood*. Environmental International, vol. 18, 263-270, 1992
7. ORDONEZ A., LOREDO J., DE MIGUEL E., CHARLESWORTH S.: *Distribution of Heavy Metals in Street Dusts and Soils of an Industrial City in Northern Spain*. Environmental Contamination and Toxicology, vol. 44, 160-170, 2003
8. SEZGIN N., OZCAN H. K., DEMIR G., NEMILOGLU S., BAYATC.; *Determination of Heavy metal concentrations in street dusts in Istanbul E-5 highway*. Environmental International, vol. 29, 979-985, 2005
9. STONE M., MARSALEK J.: *Trace metal composition and speciation in street sediment: Sault Ste. Marie, Canada*. Water Air Soil Pollution 87, 149-169, 1996
10. SUTHERLAND T. A., TOLOSA C.: *Multielement analysis of road-deposited sediment in an urban drainage basin, Honolulu, Hawaii*. Environment Pollution, vol. 110, 483-495, 2000
11. TONG S.: *Indoor and outdoor household dust contamination in Cincinnati, Ohio, USA*. Environmental Geochemistry and Health 20, 123-133, 1998
12. WANG W.H., WONG M.H., LEHARNE S. FISHER B.: *Fractionation and Biototoxicity of Heavy Metals in Urban Dusts collected from Hong Kong and London*. Environmental Geochemistry and Health, vol. 20, 185-198, 1998
13. *Rozporządzenie Min. Środ. z dnia 9 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz jakości ziemi (Dz. U. 02.165.1359 z dnia 4 października 2002 r.)*
14. ZABŁOCKI Z., FUDALI E., PODLASIŃSKA J., KIPAS-KOKOT A.: *Pozarolnicze obciążenia środowiska*, AR Szczecin 1998

## TOTAL AND SOLUBLE COPPER CONTENT IN STREET DUST IN ZIELONA GÓRA

### *S u m m a r y*

*The article presents results of research work on the content of copper (total and soluble) in street dusts from the area of Zielona Góra, Poland. Street dust was defined as a material from arterial roads in the city). Concentrations of copper in street dust are higher than in soils surrounding streets in Zielona Góra. Copper content in soils Has been noted In a range (soluble form, total form) 3,2-13,1 and 9,9-26,8 mg·kg<sup>-1</sup>, in street dust (soluble form, total form) 2,3-115,0 and 15,6-254,3 mg·kg<sup>-1</sup>. Street dust in Zielona Góra meets standards for industrial and communication land but does not meet standards for urban area. The value of the content of Cu in street dust is similar to the values determined for other cities in the world.*

**Key words:** copper, street dust