

**Artur Szwalec\*, Paweł Mundała\***

**ZAWARTOŚĆ Cd, Pb, Zn i Cu W GLEBACH WYBRANYCH PARKÓW  
MIEJSKICH KRAKOWA**

**CONTENTS OF Cd, Pb, Zn AND Cu IN SOIL OF SELECTED PARKS OF  
CITY OF KRAKÓW**

**Słowa kluczowe:** metale ciężkie, gleba, parki miejskie, Kraków.

**Key words:** heavy metals, topsoil, city parks, Kraków.

**Streszczenie**

*W pracy dokonano oceny zawartości Cd, Pb, Zn i Cu w powierzchniowej warstwie (0–0,20 m) gleb dziewięciu wybranych parków miejskich Krakowa. Oznaczenie wyżej wymienionych metali w zebranych materiale glebowym po mineralizacji na mokro wykonano metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej FASA, na aparacie Solaar M6 firmy Unicam. Zanieczyszczenie ołowiem stwierdzono w glebach Parku Krakowskiego i Parku Jordana, cynk w ponadnormatywnych wartościach według rozporządzenia Ministra Środowiska [2002], występował w glebie Parku Krakowskiego. Gleby w Parkach: Wyspiańskiego, Bednarskiego i Jerzmanowskich wykazywały naturalną zawartość wszystkich badanych metali.*

**Summary**

*Contents of Cd, Pb, Zn and Cu in topsoil of nine Kraków City parks were determined. Soil samples were mineralized on wet method. Metals were determined on FAAS, Solaar M6. Lead contamination was stated in soil of Krakowski and Jordan Parks. Zinc concentration in Krakowski Park didn't fulfil Regulation of Ministry of Environment [2002]. On the other hand soil in Parks: Wyspiański, Bednarski or Jerzmanowskich had natural metal concentrations of all examined metals.*

---

\* *Dr inż. Artur Szwalec, dr inż. Paweł Mundała – Katedra Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza – Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Al. A. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków; tel.: 607 76 20 35; e-mail: rmszwale@cyf-kr.edu.pl, rmmunda@cyf-kr.edu.pl*

## 1. WPROWADZENIE

W ciągu ostatnich dziesięcioleci nastąpił dynamiczny rozwój cywilizacji, w wyniku, którego równowaga ekologiczna w przyrodzie i gospodarce uległa zakłóceniu. Rozwój przemysłu, komunikacji oraz rolnictwa przyczynia się do nadmiernego nagromadzenia pierwiastków śladowych w glebach oraz roślinach. Niezależnie od źródła, z którego pochodzą metale ciężkie, po dostaniu się do gleby bardzo szybko stają się one jednym z elementów łańcucha pokarmowego człowieka [Kabata-Pendias, Pendias 1999, Gruca-Królikowska, Waclawek 2006]. Jednym z elementów środowiska, w którym może nastąpić depozycja pierwiastków śladowych, są parki miejskie [Xiangdong i in. 2004]. Obiekty te stanowią najstarszą świadomą formę zieleni miejskiej, która jest nieodzownym elementem terenów zurbanizowanych. W dużej mierze są tworamami sztucznymi, projektowanymi przez człowieka.

Tereny zielone w mieście pełnią rolę nie tylko estetyczną i rekreacyjną. Przyczyniają się również do obniżenia stężenia cząstek pyłów poprzez ich wychwytywanie, co wpływa na poprawę jakości powietrza i samopoczucie mieszkańców. Parki miejskie stają się swobodnego rodzaju „filtrem biologicznym”, który gromadzi w sobie różnego rodzaju zanieczyszczenia, także metale toksyczne, takie jak: kadm, ołów, rtęć, chrom, cynk, miedź i inne. Dlatego ważne staje się monitorowanie zanieczyszczeń gleb w tych obiektach, odgrywających obecnie bardzo ważną rolę w życiu ludności dużych miast [Grzebisz 2002, Greinert 2003].

Celem prezentowanej pracy była ocena zawartości kadmu, ołowiu, cynku i miedzi w glebach wybranych parków miejskich miasta Krakowa.

## 2. METODYKA BADAŃ

Badania terenowe przeprowadzono w październiku w roku 2009, w parkach miejskich Krakowa. Próbkę gleb pobrano z dziewięciu wybranych obiektów zlokalizowanych w różnych częściach miasta: w Parku Krowoderskim i w Parku Wyspiańskiego położonych w dzielnicy Prądnik Biały, w Parku Krakowskim i w Parku Jordana leżących w dzielnicy Krowodrza, w Parku Lotników Polskich (dawniej Parku Kultury i Wypoczynku) i w Parku Żeromskiego zlokalizowanych w dzielnicy Nowa Huta, w Parku Bednarskiego położonym w dzielnicy Podgórze, w Parku Strzeleckim leżącym w dzielnicy Grzegórzki oraz w Parku Jerzmanowskich zlokalizowanym w dzielnicy Bieżanów – Prokocim.

Każdy park podzielono na cztery sektory, w ramach których pobierano przy użyciu świdra glebowego po pięć próbek pierwotnych, z warstwy gleby 0,00–0,20 m. Próbkę glebową po zhomogenizowaniu tworzyły jednorodny materiał badawczy, z którego pobrana została próbka średnia o masie ok. 500g, przeznaczona do dalszych badań laboratoryjnych. W sumie pobrano 36 próbek średnich (po cztery z każdego parku).

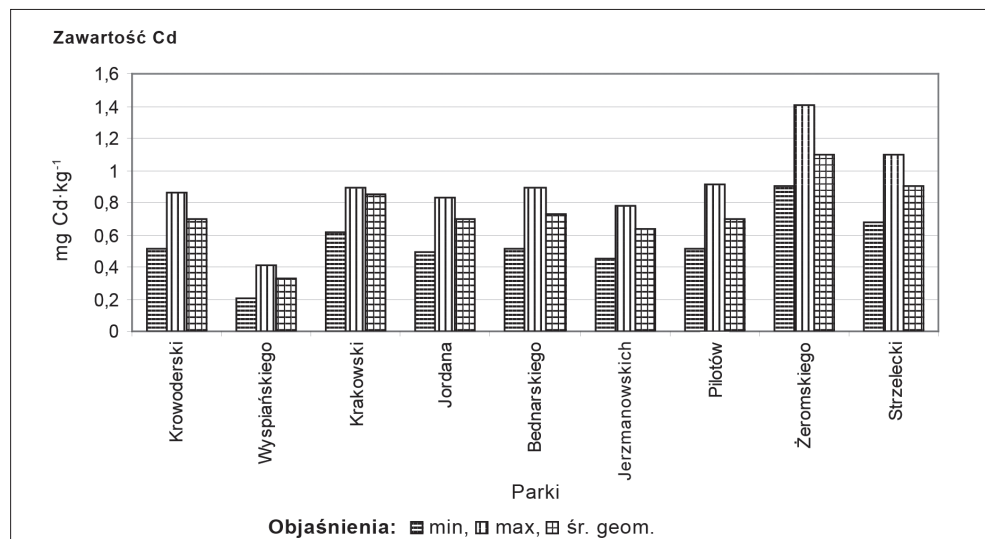
Próbki gleb po wysuszeniu rozdrobiono w moździerzu i przesiano przez sito o średnicy oczek 1mm. Do analizy pobrano 4g jednorodnego materiału glebowego, w którym

przeprowadzono mineralizację w mieszaninie stężonych kwasów  $\text{HClO}_4$  i  $\text{HNO}_3$ . Oznaczenie kadmu, ołowiu, cynku i miedzi wykonano metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej FASA na aparacie Solaar M6 firmy Unicam. W pobranych próbkach oznaczono również pH w KCl, metodą potencjometryczną, oraz zbadano skład granulometryczny, metodą Cassagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego.

### 3. WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Na wzbogacenie gleb miejskich w metale ciężkie i inne pierwiastki mają wpływ zarówno czynniki naturalne (rodzaj i skład chemiczny skał macierzystych gleb, właściwości chemiczne poszczególnych pierwiastków, topografia terenu, warunki hydrogeologiczne), jak i działalność człowieka – emisje z zakładów przemysłowych i środków komunikacji oraz odprowadzanie ścieków. Zanieczyszczenie środowiska glebowego metalami ciężkimi w warunkach wielowiekowej urbanizacji jest także związane z użytkowaniem gleb miejskich i nanoszeniem substratów naturalnych i technogennych zróżnicowanych pod względem ilości, pochodzenia i składu [Greinert 2003, Bielińska, Mocek 2010].

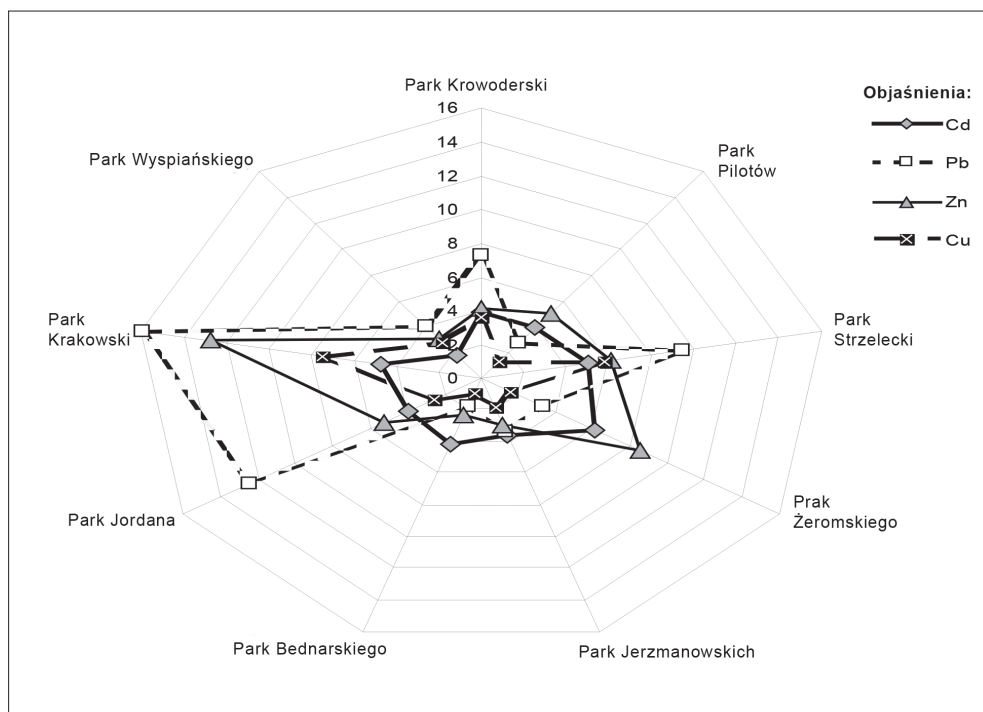
W odniesieniu do gleb parków miejskich trudno jest mówić o jednorodności materiału glebowego. Wynika to z faktu, iż obiekty te często były lokalizowane na terenach poddawanych silnym przeobrażeniom związanym z rozbudową, przebudową i rozwojem infrastruktury miejskiej w kolejnych wiekach. Generalnie zawartość metali ciężkich w glebach miejskich jest od dwu do kilkunastu razy większa niż w glebach na przyległych niezabudowanych terenach Pasieczna [2003].



**Rys. 1.** Zawartość Cd w glebach parków krakowskich

**Fig. 1.** Content of Cd in soil of Krakow parks

Zawartość kadmu w pobranych próbkach gleb występowała w przedziale 0,21–1,41  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m. i mieściła się w wartościach dopuszczalnych stężeń zawartych w załączniku do rozporządzenia Ministra Środowiska [2002]. Najwyższą zawartość (śr. geom.) tego pierwiastka charakteryzowała glebę pobraną w Parku Żeromskiego, zlokalizowanym w Nowej Hucie (rys. 1). Bach i Pawłowska [2008] w prowadzonych na terenie Krakowa badaniach oznaczyły zawartość kadmu w glebach parków miejskich w zakresie 0,35– 2,30  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m., przy czym podawana przez nie najwyższa zawartość wystąpiła w Parku Szwedzkim, który nie był objęty badaniami przeprowadzonymi w ramach niniejszej pracy. Podobny zakres wartości dla tego pierwiastka (0,2–2,6  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.) podają Gąsiorek i Niemyska-Łukaszuk [2004] w badaniach gleb w ogrodach klasztornych Krakowa. Jak podaje Baran i in. [2010] zawartość kadmu w glebach polskich parków miejskich kształtuje się w dość szerokim zakresie od zawartości niskich (zbliżonych do naturalnych), np. 0,41 w parku na peryferiach Zamościa, nawet do 79,15  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m. w parku w centrum Miasteczka Śląskiego. Dla porównania przytoczono przedziały stężenia kadmu podawane przez Kabatę-Pendias i Pendias [1999], w glebach parków miejskich w Stanach Zjednoczonych: 0,02–13,6  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m., w Niemczech: 1–3,9  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m. m. oraz w Wielkiej Brytanii: 1–17  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.

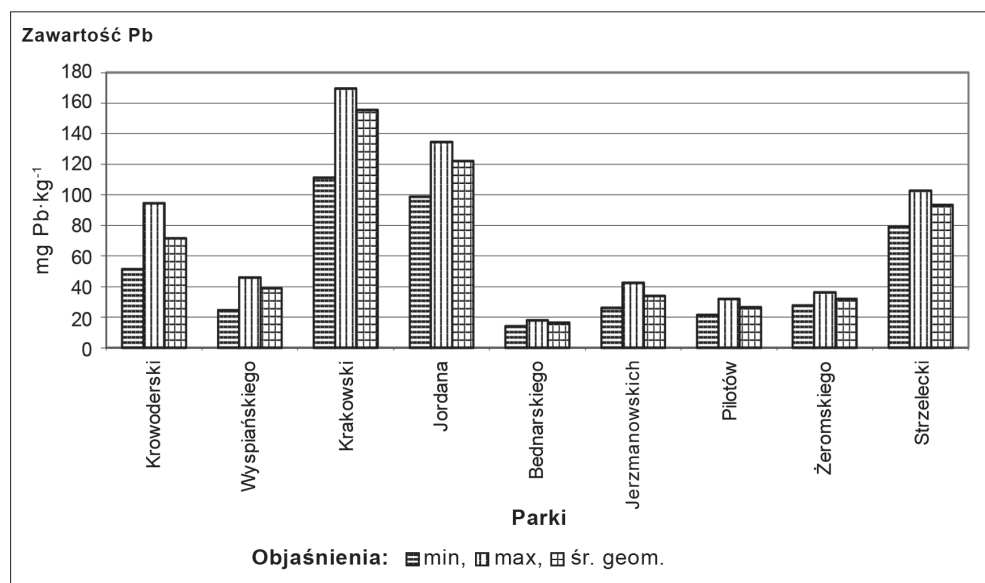


**Rys. 2.** Wartości wskaźnika nagromadzenia Cd, Pb, Zn i Cu w parkach krakowskich

**Fig. 2.** Accumulation ratio for Cd, Pb, Zn and Cu in Krakow parks

Analizując wskaźnik nagromadzenia wykorzystany przez Czarnowską i in. [1999, 2003], czyli iloraz oznaczonej średniej geometrycznej zawartości kadmu i zawartości w skałach macierzystych [Czarnowska 1996], należy stwierdzić, że najniższa wartość wskaźnika nagromadzenia  $W_n=1,8$  dla kadmu stwierdzono w glebach Parku Wyspiańskiego. Parki Jerzmanowskich, Krowoderski, Pilotów i Jordana charakteryzował wskaźnik nagromadzenia:  $3 \leq W_n \leq 4$ . Wskaźnik nagromadzenia kadmu w parkach Krakowskim i Strzeleckim wyniósł odpowiednio 4,7 i 5, natomiast najwyższym wskaźnikiem potwierdzającym silną antropopresję, charakteryzował się Park Żeromskiego, w którym  $W_n = 6$  (rys. 2).

Ołów w badanej warstwie gleby występował w zakresie  $14,2-169,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ , a jego najwyższe stężenie oznaczono w próbie gleby pobranej w Parku Krakowskim. Zawartość tego pierwiastka, zarówno w wymienionym parku, jak i w Parku Jordana (rys. 3), przekroczyła wartość dopuszczalną dla gruntów zadrzewionych i zurbanizowanych gr. B, podawaną w rozporządzeniu Ministra Środowiska [2002].

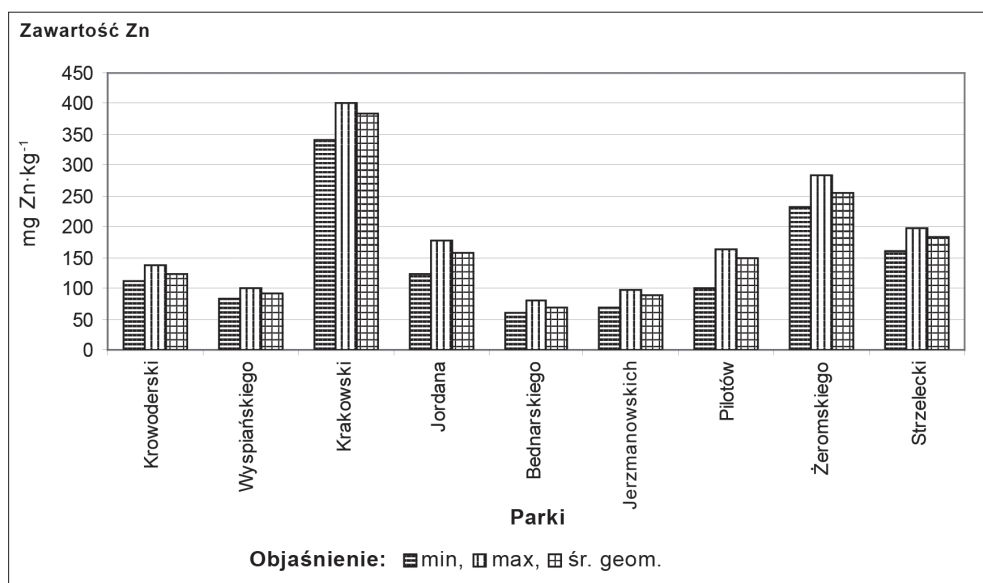


**Rys. 3.** Zawartość Pb w glebach parków krakowskich

**Fig. 3.** Content of Pb in soil of Krakow parks

W tym wypadku należy się jednak zastanowić, czy z racji lokalizacji opisywanych parków nie klasyfikować ich jako tereny komunikacyjne, w odniesieniu do których wartości dopuszczalne zawartości badanych pierwiastków są znacznie większe. Zarówno Park Krakowski, jak i Park Jordana, położone są w bezpośrednim sąsiedztwie ruchliwych arterii komunikacyjnych Krakowa, co bez wątpienia ma wpływ na wzbogacenie gleb tych parków w analizowane metale. Potwierdzają to również badania Bach i Pawłowskiej [2008], któ-

re dla gleb z parków krakowskich podają zakres zawartości ołowiu 21,25–298,0 mg·kg<sup>-1</sup> s.m., przy czym najwyższą zawartość tego pierwiastka oznaczono również w Parku Krakowskim. Wyższe zawartości ołowiu (5,0–548,9 mg·kg<sup>-1</sup> s.m) oznaczono w badaniach gleb ogrodów klasztornych Krakowa, prowadzonych przez Gąsiorka i Niemyską-Łukaszuk [2004]. Baran i in. [2010] podają, że w skali kraju najbardziej zanieczyszczony ołowiem był park w Miasteczku Śląskim – 1672 mg·kg<sup>-1</sup> s.m., a najmniej w Zamościu – 19,8 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. Kabata-Pendias i Pendias [1999] zwracają uwagę, że zawartość omawianego pierwiastka w glebach parków miejskich w Wielkiej Brytanii jest znacznie wyższa niż w Krakowie i wynosi 270–15 240 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. i podobnie także w USA 220–10 900 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. W przeciwieństwie do zawartości kadmu zawartości ołowiu są bardzo zróżnicowane – od niskich, wręcz naturalnych (Park Bednarskiego i Park Pilotów), do wysokich (parki Krakowski i Jordana). Antropopresja znajduje także potwierdzenie w obliczonych dla ołowiu wskaźnikach nagromadzenia (rys. 2.) Niskie i średnie wartości wskaźnika nagromadzenia ołowiu charakteryzują gleby parków: Bednarskiego, Wyspiańskiego, Jerzmanowskich, Pilotów i Żeromskiego (1,7 ≤ W<sub>n</sub> ≤ 4), wysokie potwierdzające wpływ antropopresji gleby parków: Krowoderskiego (7,3), Strzeleckiego (9,5), Jordana (12,4) oraz Krakowskiego (W<sub>n</sub>=15,9).



**Ryc. 4.** Zawartość Zn w glebach parków krakowskich

**Fig. 4.** Content of Zn in soil of Krakow parks

Stężenie cynku w badanych glebach mieściło się w przedziale 59,3–402,6 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. (rys. 3). Podobnie jak stężenie ołowiu również stężenie cynku w glebie z Parku Krakowskiego przekroczyło wartość dopuszczalną podawaną w rozporządzeniu Ministra Śró-

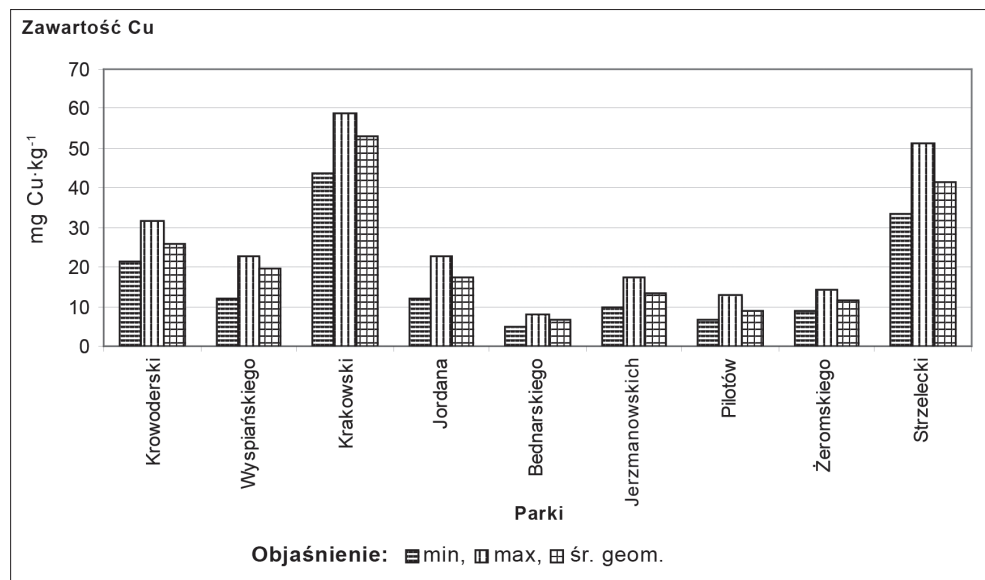
dowiska [2002]. Wysoka zawartość omawianego pierwiastka w glebach parków krakowskich potwierdzona została również w badaniach Bach i Pawłowskiej [2008] – 213 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. w Parku Krakowskim i aż 794 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. w Parku Szwedzkim. Gleby w pozostałych parkach charakteryzowała zgodnie z przywołanym rozporządzeniem dopuszczalna zawartość cynku. Zróżnicowane zawartości cynku w glebach parków i ogrodów miejskich Polski (40–4554 mg·kg<sup>-1</sup> s.m.) wykazali w swoich badaniach Baran i in. [2010]. Zawartość tego pierwiastka w glebach parków w innych państwach podawana przez Kabatę-Pendias i Pendias [1999], przedstawia się następująco:

- USA: 20–1200 mg·kg<sup>-1</sup> s.m.,
- Wielka Brytania: 250–1800 mg·kg<sup>-1</sup> s.m.

oraz

- Kanada: 30–120 mg·kg<sup>-1</sup> s.m.

Antropogeniczne wzbogacenie badanych gleb cynkiem, podobnie jak wcześniej omawianymi pierwiastkami cechuje duże zróżnicowanie (rys. 2 i 4) oraz wysokie wartości wskaźnika nagromadzenia Wn (rys. 2), który zmienia się w szerokim zakresie. W Parku Krakowskim wartość tego wskaźnika jest najwyższa (Wn=12,8), wysoka w Parku Żeromskiego (Wn=8,5) a najniższa natomiast w Parku Bednarskim (Wn=2,3).



Ryc. 5. Zawartość Cu w glebach parków krakowskich

Fig. 5. Content of Cu in soil of Krakow parks

Gleby ze wszystkich parków krakowskich charakteryzowało stosunkowo niskie stężenie miedzi (4,9–58,7 mg·kg<sup>-1</sup> s.m.), odpowiadające wartościom dopuszczalnym określonym

w rozporządzeniu Ministra Środowiska [2002], przy czym należy zauważyć, że podobnie jak w przypadku wcześniej omawianych pierwiastków najwyższe stężenie oznaczono w glebie z Parku Krakowskiego (tab. 1, rys. 4). Bach i Pawłowska [2008] w prowadzonych w parkach krakowskich badaniach stwierdziły również, że najwyższe zawartości tego pierwiastka ( $96,26 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ) wystąpiły w glebie Parku Krakowskiego. Zawartości miedzi w glebach parków Śląska, oznaczone przez Baran i in. [2010], były również niskie i porównywalne z wynikami uzyskanymi w parkach krakowskich. Wynosiły odpowiednio: dla Zabrza  $45,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ , dla Miasteczka Śląskiego  $69,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$

Wskaźniki nagromadzenia tego mikroelementu są stosunkowo niskie (rys. 2) najniższe ze wszystkich wyliczonych w niniejszej pracy, a ich zróżnicowanie jest bardzo małe. W Parkach Jerzmanowskich (1,9), Pilotów (1,3) i Bednarskiego (1,0) można mówić wręcz o deficytach miedzi. Wyższe zawartości miedzi występują w glebach parków miejskich położonych w USA – kształtują się one na poziomie  $140 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ , w Kanadzie  $11\text{--}130 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$  w Japonii  $31\text{--}300 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$  [Kabata-Pendias, Pendias 1999]. Z przeprowadzonych analiz wynika, że badane gleby należą do utworów gliniastych i ilastych, najczęściej średnich i ciężkich (w głównej mierze pył ilasty, piasek słabo gliniasty lub piasek gliniasty lekki), charakteryzujących się odczynem obojętnym i lekko zasadowym (pH w KCl  $6,9\text{--}7,3$ ), ta najwyższa wartość wystąpiła w Parku Bednarskiego położonym na wapiennym podłożu. W większości gleby te nie są utworami jednorodnymi i bardzo często są zanieczyszczone różnymi elementami, jak np. piasek, gruz, cegła, metale, plastik albo też inne zanieczyszczenia antropogeniczne.

**Tabela 1.** Zawartości Cd, Pb, Zn i Cu w glebach parków krakowskich

**Table 1.** Contents of Cd, Pb, Zn and Cu content in soil of Kraków parks

Nazwa parku	Stopień zanieczyszczenia oznaczony metodą IUNG [1993]				Przekroczenie wartości dopuszczalnej wg rozporządzenia Ministra Środowiska [2002]	Pierwiastek zanieczyszczający
	Cd	Pb	Zn	Cu		
Krowoderski	0	I	I	0	brak	Pb, Zn
Wyspiańskiego	0	0	0	0	brak	brak
Krakowski	0	I	II	I	Pb, Zn	Pb, Zn, Cu
Jordana	0	I	I	0	Pb	Pb, Zn
Bednarskiego	0	0	0	0	brak	brak
Jerzmanowskich	0	0	0	0	brak	brak
Pilotów	0	0	I	0	brak	Zn
Żeromskiego	I	0	I	0	brak	Cd, Zn
Strzelecki	0	I	I	I	brak	Pb, Zn, Cu

Analizując uzyskane wyniki badań można stwierdzić, że gleby parków: Wyspiańskiego, Bednarskiego oraz Jerzmanowskich charakteryzuje naturalna zawartość badanych pierwiastków (tab. 1). Podwyższona zawartość kadmu (I°) [Kabata-Pendias i in. 1993] wy-



stąpiła jedynie w parku Żeromskiego, zlokalizowanym w Nowej Hucie w odległości około 2 kilometrów od kombinatu metalurgicznego. Emisje zanieczyszczeń na wymienionym obiekcie, szczególnie wysokie w latach 70-tych i 80-tych ubiegłego wieku, bez wątpienia miały wpływ na zawartość badanych pierwiastków w jego sąsiedztwie [Szwalec i in. 2005]. Podwyższona zawartość ołowiu charakteryzowała gleby parków Krowoderskiego, Krakowskiego, Jordana oraz Strzeleckiego. Podwyższona zawartość miedzi wystąpiła w glebach Parków Krakowskiego i Strzeleckiego. W Parku Wyspiańskiego, Bednarskiego i Jerzmanowskich gleby wykazywały naturalną zawartość cynku, natomiast w glebach pozostałych parków krakowskich stwierdzono podwyższone stężenie tego pierwiastka (tab. 1). Małe zanieczyszczenie tym metalem (II°) charakteryzowało glebę Parku Krakowskiego. Fakt ten można tłumaczyć lokalizacją tego parku, który rozciąga się pomiędzy ulicami Czarnowiejską i Królewską wzdłuż Alei Słowackiego, jednej z najbardziej ruchliwych ulic Krakowa. Emisje motoryzacyjne z wymienionych ciągów komunikacyjnych mają niewątpliwie swój udział w podwyższonych zawartościach ołowiu, cynku i miedzi w glebie tego parku, co potwierdzają badania Bach i Pawłowskiej [2008]. Można zatem stwierdzić, że duży wpływ na kumulowanie badanych metali ciężkich w glebach ma lokalizacja poszczególnych parków miejskich. Im dalej od ruchliwych ulic i obiektów przemysłowych położony jest park, tym mniej zanieczyszczeń w glebie w tym parku pochodzących obecnie głównie z komunikacji, gromadzi się na jego obszarze. Doskonałym przykładem mogą być parki: Bednarskiego, Jerzmanowskich czy Wyspiańskiego, zlokalizowane z dala od centrum miasta i odsunięte od ruchliwych arterii komunikacyjnych w których gleby nie są zanieczyszczone na co zwróciły uwagę w swoich badaniach również Bach i Pawłowska [2008].

#### 4. WNIOSKI

1. Standardów jakości gleb według Ministra Środowiska nie spełniają gleby w Parku Krakowskim pod względem zawartości ołowiu i cynku oraz gleby w Parku Jordana pod względem zawartości ołowiu.
2. Gleby Parku Krakowskiego uznano za zanieczyszczone cynkiem w słabym stopniu (II°). W odniesieniu do pozostałych pierwiastków w dwunastu przypadkach odnotowano zanieczyszczenie podwyższone (I°), odpowiednio: kadmem w glebach Parku Żeromskiego, ołowiem w glebach parków: Krowoderskiego, Krakowskiego, Jordana i Strzeleckiego, cynkiem w parkach: Krowoderskim, Jordana, Pilotów, Żeromskiego i Strzeleckim oraz miedzią w parkach: Krakowskim i Strzeleckim. W glebach parków: Wyspiańskiego, Bednarskiego i Jerzmanowskich stwierdzono naturalną zawartość wszystkich badanych metali (0°).
3. Wysokie wskaźniki nagromadzenia badanych pierwiastków (Wn) potwierdzają wpływ zanieczyszczeń antropogenicznych w odniesieniu do gleb parków: Krakowskiego: WnPb=15,9; WnZn=12,8; WnCu=7,5; WnCd=4,7, Strzeleckiego: WnPb=9,5 WnZn=6,1; WnCu=5,8; WnCd=5, Żeromskiego: WnZn=8,5; WnCd=6,1 oraz Jordana: WnPb=12,4; WnZn=5,2.

## PIŚMIENNICTWO

- BACH A., PAWŁOWSKA B. 2008. Wpływ zanieczyszczenia środowiska na stan roślinności drzewiastej w Krakowie. Biblioteka cyfrowa Politechniki Krakowskiej.
- BARAN S., BIELIŃSKA E. J., KAWECKA-RADOMSKA M. 2010. Zawartość metali ciężkich w glebach parków miejskich podlegających zróżnicowanym wpływom antropogenicznym. Zesz. Nauk. Inż. Środ., Uniw. Zielonogórski. Nr 137(17): 131–137.
- BIELIŃSKA E.J., MOCEK A. 2010. Właściwości sorpcyjne i aktywność enzymatyczna gleb parków miejskich na terenach o zróżnicowanym wpływie antropopresji. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. Vol. 55(3): 20–23.
- CZARNOWSKA K. 1999. Metale ciężkie w glebach zieleńców. Warszawa. *Roczniki Gleboznawcze* 50, 1/2:31–39.
- CZARNOWSKA K., KOZANECKA T. 2003. Akumulacja Zn, Pb, Cu i Cd w glebach antropogenicznych Warszawy. *Roczniki Gleboznawcze* 54, 4: 77–81.
- CZARNOWSKA K. 1996. Ogólna zawartość metali ciężkich w skałach macierzystych jako tło geochemiczne gleb. *Roczniki Gleboznawcze* T.XLVII supl.: 43–50.
- GAŚIOREK M., NIEMYSKA-ŁUKASZUK J. 2004. Kadm i ołów w glebach antropogenicznych ogrodów klasztornych Krakowa. *Roczniki Gleboznawcze* 55, 1: 127–134.
- GREINERT A. 2003. Studia nad glebami obszaru zurbanizowanego Zielonej Góry. Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego. Zielona Góra.
- GRUCA-KRÓLIKOWSKA S., WACŁAWEK W. 2006. Metale w środowisku, Cz. II. Wpływ metali ciężkich na rośliny. *Chemia, Dydaktyka, Ekol., Metrologia* R.11, 1–2: 41–56.
- GRZEBISZS W., CIEŚLA L., KOMISAREK J., POTARZYCKI J. 2002. Geochemical Assessment of Heavy Metals Pollution of Urban Soils. *Polish Journal of Environmental Studies* Vol. 11. 493–499.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- KABATA-PENDIAS A., MOTOWIECKA-TERELAK T., PIOTROWSKA M. TERELAK H., WITEK T. 1993. Ocena Stopnia zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa. IUNG Puławy.
- PASIECZNA A. 2003. Atlas zanieczyszczeń gleb miejskich w Polsce. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi** (Dz. U. Nr 165, poz. 1359 z dnia 4.10.2002 r.).
- SZWALEC A., MUNDAŁA P., LASOŃ B., WÓJCIK R. 2005. Zawartość metali ciężkich (Cd, Pb, Zn) w glebach wybranych rejonów południowej Polski poddanych w różnym stopniu antropopresji. *Zesz. Nauk. AR-Inż. Środ.* Nr 26: 405–416.
- XIANGDONG L., SIU-LAN L., SZECHUNG W., WENZHONG S., IAN T. 2004. The study of metal contamination in urban soils of Hong Kong using a GIS-based approach. *Environmental Pollution* 129. 113–124.