

Zakład Gleboznawstwa
Instytut Nauk o Ziemi UMCS

Stanisław UZIĄK, Zbigniew KLIMOWICZ, Jacek CHODOROWSKI,
Jerzy MELKE

*Badania zanieczyszczeń gleb Parku Krajobrazowego
Lasy Janowskie**

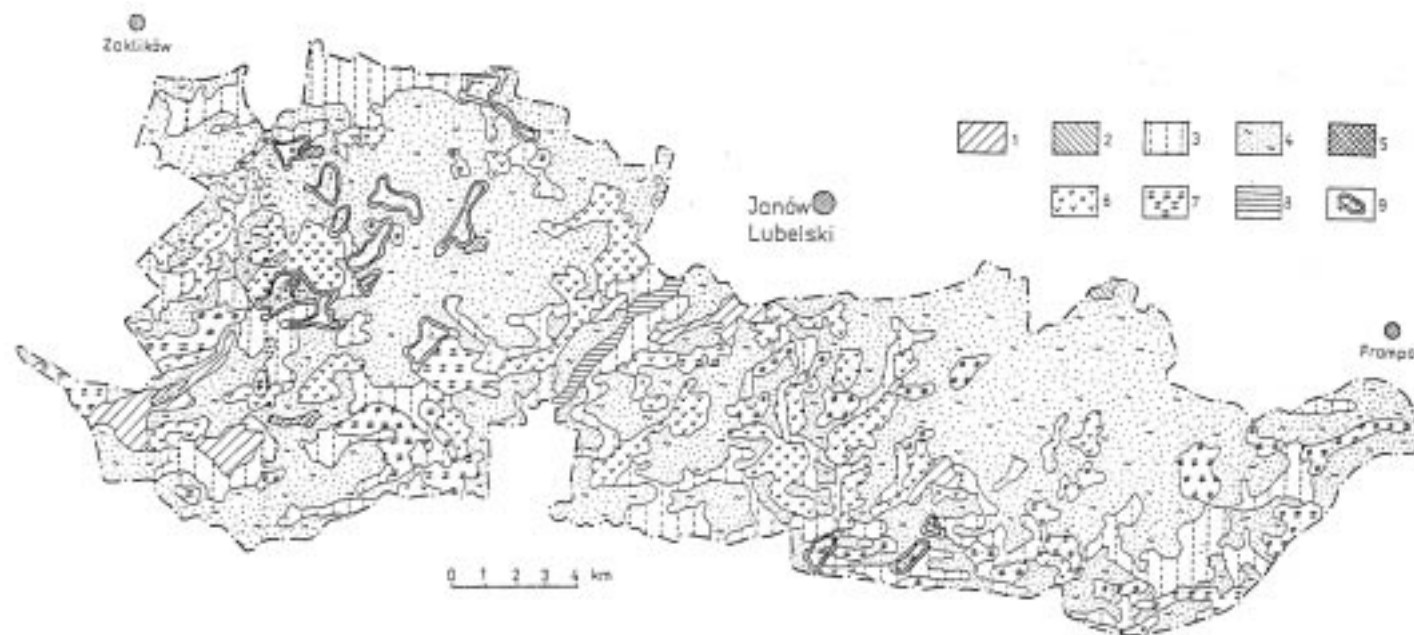
The study of soils pollution in the Janów Forest Landscape Park

WSTĘP

Zanieczyszczeniom gleb i innych elementów środowiska przyrodniczego różnymi składnikami, w tym również metalami ciężkimi, poświęcono w literaturze krajowej i zagranicznej wiele prac. Szereg danych na ten temat można znaleźć w materiałach z konferencji (np. Wpływ zanieczyszczenia... 1985), opracowaniach zbiorowych (Ekosystemy żywicielskie... 1991) lub monografiach (Kabata-Pendias, Pendias 1993). Niektóre badania odnoszą się do określonych regionów, np. LZW (Dechnik i in. 1987; Filipek, Pawłowski 1990; Uziak, Steinbrich 1980/81).

Znacznie mniej prac poświęcono terenom i glebom leśnym (Dzięciołowski, Kociałkowski 1971; Van Hook i in. 1977; Maciaszek 1983; Mucha i in. 1976) i parkom narodowym (Brogowski 1986; Czarnowska i in. 1983; Czarnowska, Gworek 1986; Górski, Uziak 1998; Grodzińska 1985; Panek 1991; Święcicki i in. 1983).

* Praca finansowana przez Wojewódzki Urząd Ochrony Środowiska w Tarnobrzegu.



Ryc. 1. Schemat rozmieszczenia ważniejszych gleb Parku Krajobrazowego Lasy Janowskie; 1 – gleby brunatne utworzone z piasków słabogliniastych i gliniastych; 2 – gleby płowe utworzone z utworów pyłowych; 3 – gleby rdzawe utworzone z piasków luźnych i słabogliniastych; 4 – kompleks gleb biellicowych utworzonych z piasków luźnych i słabogliniastych; 5 – czarne ziemie utworzone z piasków; 6 – gleby glejowe utworzone głównie z piasków słabogliniastych i gliniastych; 7 – kompleks gleb torfowych i murszowych; 8 – mady; 9 – wody

Distribution of main soil units in the Janów Forest Landscape Park; 1 – brown soils derived from weakly loamy and loamy sands; 2 – lessives soils derived from silty formations; 3 – rusty soils derived from loose and weakly loamy sands; 4 – complex of podzol soils derived from loose and weakly loamy sands; 5 – black earths derived from sands; 6 – gley soils derived mainly from weakly loamy and loamy sands; 7 – complex of peat soils and muck soils; 8 – alluvial soils; 9 – waters

Celem podjętych badań była próba odpowiedzi na pytanie, czy i w jakim stopniu gleby Parku Krajobrazowego Lasy Janowskie są zanieczyszczone metalami ciężkimi i siarką.

TEREN BADAŃ I METODYKA PRACY

Materiał glebowy do badań laboratoryjnych zebrano z terenu Parku w latach 1989–1990. Z uwagi na zróżnicowanie pokrywy glebowej konieczne było zbadanie odpowiedniej liczby profili glebowych. Łącznie zbadano 80 profili, z których pobrano próbki glebowe do analiz (z poszczególnych poziomów genetycznych). Charakterystyka i właściwości gleb są zawarte w innej publikacji (Uziak i in. 1992). Załączona schematyczna mapka (ryc. 1) ilustruje pokrywę glebową i jest pomocna przy interpretacji wyników badań laboratoryjnych.

Badania laboratoryjne próbek dotyczyły oznaczenia trzech metali ciężkich: cynku, ołowiu i miedzi w 0,1 M HCl oraz siarki w wyciągu 0,03 M CH₃COOH.

Do oznaczeń wybrano rozpuszczalne formy pierwiastków, gdyż uważaliśmy, że formy te jako łatwo przyswajalne stanowią największe zagrożenie dla roślinności. Wymienione metody są stosowane w niektórych laboratoriach krajowych i zagranicznych (Kabata-Pendias 1968; Czarnowska 1978; Mckeague 1981).

Ponadto dla porównania oznaczono w kilku wybranych profilach (7) zawartość ogólną 3 metali ciężkich i siarki przez stapianie z Na₂CO₃. Poszczególne metale oznaczono metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (AAS) na aparacie Zeissa typu IN, siarkę zaś – przy użyciu spektrofotometru Spekol.

Wyniki badań zestawiono na 4 rycinach i w 3 tabelach.

REZULTATY BADAŃ

Na ryc. 2–5 przedstawiono każdy pierwiastek w układzie profilowym w postaci koła. Wielkość koła odpowiada sumie zawartości danego pierwiastka w profilu. Wycinki w każdym kole odpowiadają zawartości średniej pierwiastka w poziomie organicznym O, próchnicznym A i w poziomach podpróchnicznych P.

Sposób graficznego przedstawienia uzyskanych wyników był podyktowany bardzo dużym ilościowym zróżnicowaniem zawartości badanych pierwiastków.

Odnosząc zaprezentowane w ten sposób rezultaty badań do mapy glebowej (ryc. 1) można stwierdzić, że brak jest zależności rodzaju i koncentracji badanych pierwiastków od zasięgu jednostek glebowych, z wyjątkiem gleb bagiennych (torfiastych i torfowych).

Tabela 1 zawiera skrajne oraz średnie wartości rozpuszczalnych form zbadanych pierwiastków w 3 poziomach (O, A, P) i stanowi ilustrację ich wahań. Tabela 2 obejmuje przedziały zawartości form ogólnych zbadanych pierwiastków w siedmiu profilach w poziomach O, A, P oraz wartości średnie. W tabeli 3 podano procentowy udział form rozpuszczalnych w ich całkowitej zawartości (dla 7 wybranych profili).

Tab. 1. Zawartość rozpuszczalnych form cynku, ołowiu, miedzi i siarki siarczanowej w glebach Parku Krajobrazowego Lasy Janowskie
The content of soluble forms of zinc, lead, copper and sulphate sulphur in the Janów Forest Landscape Park

Poziom	Zn mg/kg	Pb mg/kg	Cu mg/kg	S-SO ₄ mg/100 g
O	20,43–88,38 51,7*	16,88–90,30 40,7	0,37–4,20 2,0	0,46–9,15 3,4
A	1,76–48,31 9,7	1,98–37,90 7,9	0,10–1,83 0,4	0,11–15,20 1,6
P	0,46–5,92 1,7	0,10–3,49 1,3	0,09–0,91 0,2	—

* zawartości średnie.

Tab. 2. Zawartości ogólnych form cynku, ołowiu, miedzi i siarki w wybranych glebach Parku Krajobrazowego Lasy Janowskie
The content of total forms of zinc, lead, copper and sulphate sulphur in the Janów Forest Landscape Park

Poziom	Zn mg/kg	Pb mg/kg	Cu mg/kg	S mg/100 g
O	86,00–124,00 99,6*	81,47–112,81 97,0	14,28–23,77 17,1	66,30–85,80 75,7
A	14,00–38,00 23,3	14,62–37,60 23,8	2,92–7,14 4,7	15,60–37,00 23,4
P	8,00–24,60 17,0	10,40–22,30 13,4	2,70–6,30 4,6	4,85–12,90 7,8

* zawartości średnie.

Tab. 3. Procentowy udział rozpuszczalnych form cynku, ołowiu, miedzi i siarki siarczanowej w ich całkowitej zawartości (w wybranych glebach)
Percentage of soluble forms of zinc, lead, copper and sulphate sulphur in relation to their total content (in selected soils)

Poziom	Zn	Pb	Cu	S-SO ₄
O	50-71	27-38	6-18	1-8
A	32-52	19-27	5-20	1-2
P	11-12	5-9	4-14	—

CYNK (Zn)

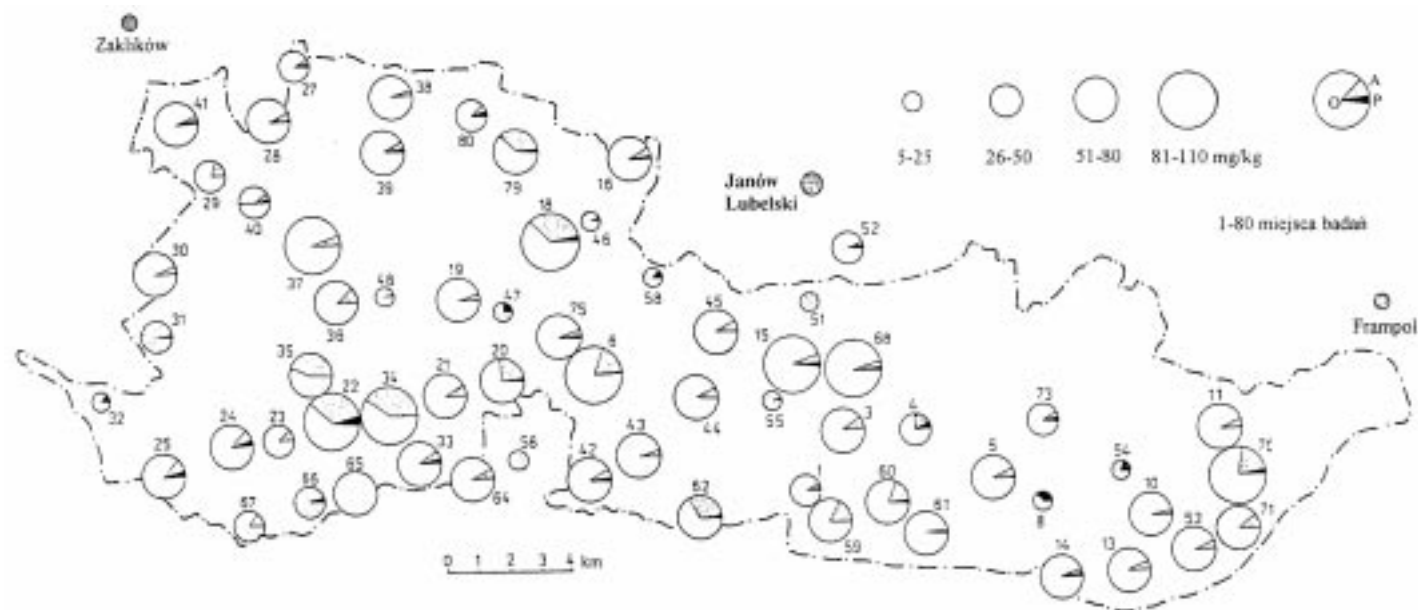
Poziom organiczny (ściółki) O (ryc. 2). Rozpuszczalne formy cynku występują w tym poziomie głównie w przedziałach 30–50 mg/kg i 50–70 mg/kg, niezależnie od typu i gatunku gleb. Najwyższe wartości Zn (70–90 mg/kg) stwierdzono w różnych częściach Parku, głównie w glebach bielcowych utworzonych z piasków luźnych i słabogliniastych. W glebach tych stwierdzono również najniższe wartości Zn (15–30 mg/kg); najniższe wartości odnotowano ponadto w glebach glejowych.

Poziom akumulacyjny A (ryc. 2). W poziomach tych w zdecydowanej większości gleb mineralnych cynk występuje w ilościach najmniejszych, tj. do 10 mg/kg. Wartości średnie Zn (10–20 mg/kg) stwierdzono w kilkunastu profilach gleb mineralnych. W glebach o dużej zawartości substancji organicznej, torfowych i glejobielcowych torfiastych oraz w czarnych ziemiach zawartość cynku jest najwyższa (20–35 i 35–50 mg/kg).

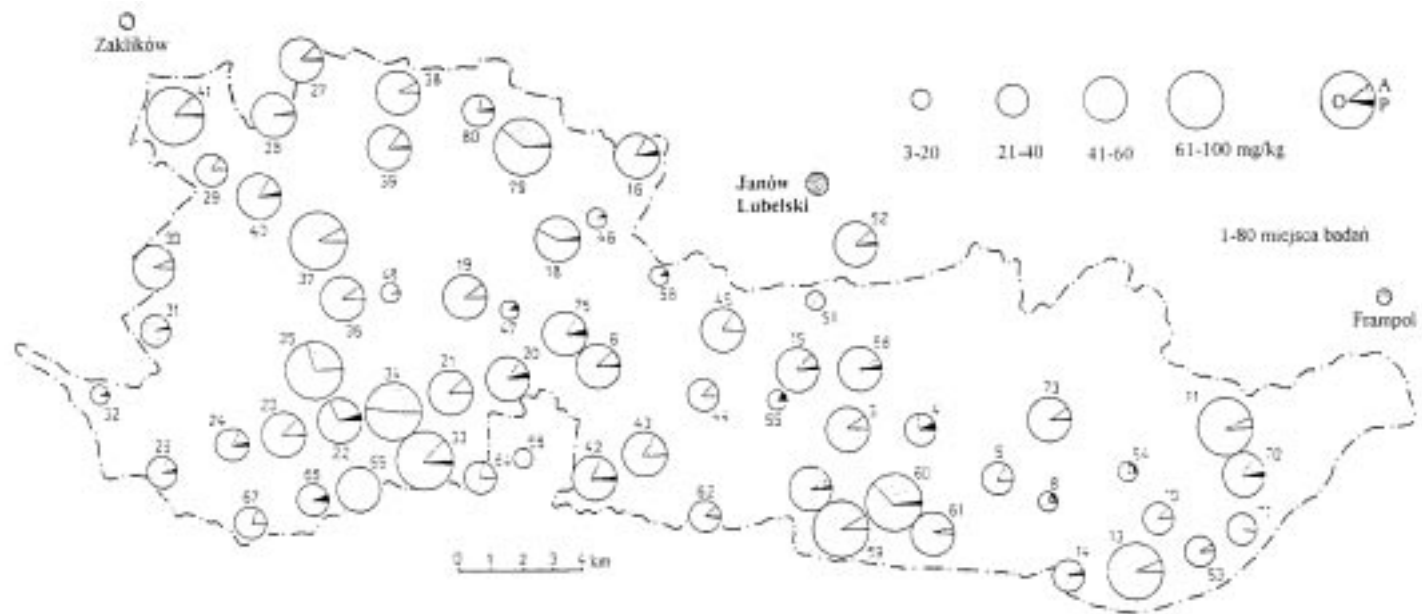
W poziomach podpróchnicznych P (ryc. 2) zawartości cynku są bardzo niskie, głównie w przedziale 1–3 mg/kg.

OŁÓW (Pb)

Poziom ściółki O (ryc. 3). Zawartość ołowiu, podobnie jak cynku, jest w poziomie O zróżnicowana, zarówno pod względem ilościowym, jak i przestrzennym. Nie ma zwartych powierzchni, w których dominowałyby określone wartości ołowiu. Zawartość najniższa (4–20 mg/kg) występuje sporadycznie; podobnie zawartości najwyższe (tj. 60–90 mg/kg). Zawartościami średnimi (od 20 do 60 mg/kg) charakteryzuje się największa ilość profili. Należy podkreślić,



Ryc. 2. Zawartość rozpuszczalnego cynku w poziomie ściółki O, próchnicznym A i poziomach podpróchnicznych P
The content of soluble zinc in litter horizon (O), humus horizon (A) and in subhorizons (P)



Ryc. 3. Zawartość rozpuszczalnego ołowiu w poziome ściółki O, próchnicznym A i poziomach podpróchnicznych P
 The content of soluble lead in litter horizon (O), humus horizon (A) and in subhorizons (P)

że najwyższe wartości występują w glebach bielcowych właściwych wytworzonych z piasków luźnych oraz w glebach torfowych. Najniższe ilości stwierdzono również w glebach bielcowych i glejobielcowych.

Poziom akumulacyjny A (ryc. 3). Poziom ten charakteryzuje się najniższymi zawartościami ołowiu, tj. 1–5 mg/kg i 5–15 mg/kg występującymi na terenie całego Parku. Najwyższe ilości 15–25 mg/kg oraz 25–40 mg/kg występują w glebach torfowych i glejobielcowych torfiastych w części zachodniej Parku.

W poziomach próchnicowych (ryc. 3) przeważają wartości 0,4–1 mg/kg oraz 1–2 mg/kg, występujące w różnych częściach Parku. Nieco wyższe wartości (choć zarazem bardzo niskie), tj. 2–3,5 mg/kg, stwierdzono w kilku profilach.

MIEDŹ (Cu)

Poziom ściółki O (ryc. 4). Przeważają w nim zawartości Cu od 1–2 mg/kg do 2–3,5 mg/kg. Wartości najniższe 0,3–1 mg/kg stwierdzono tylko w kilku profilach.

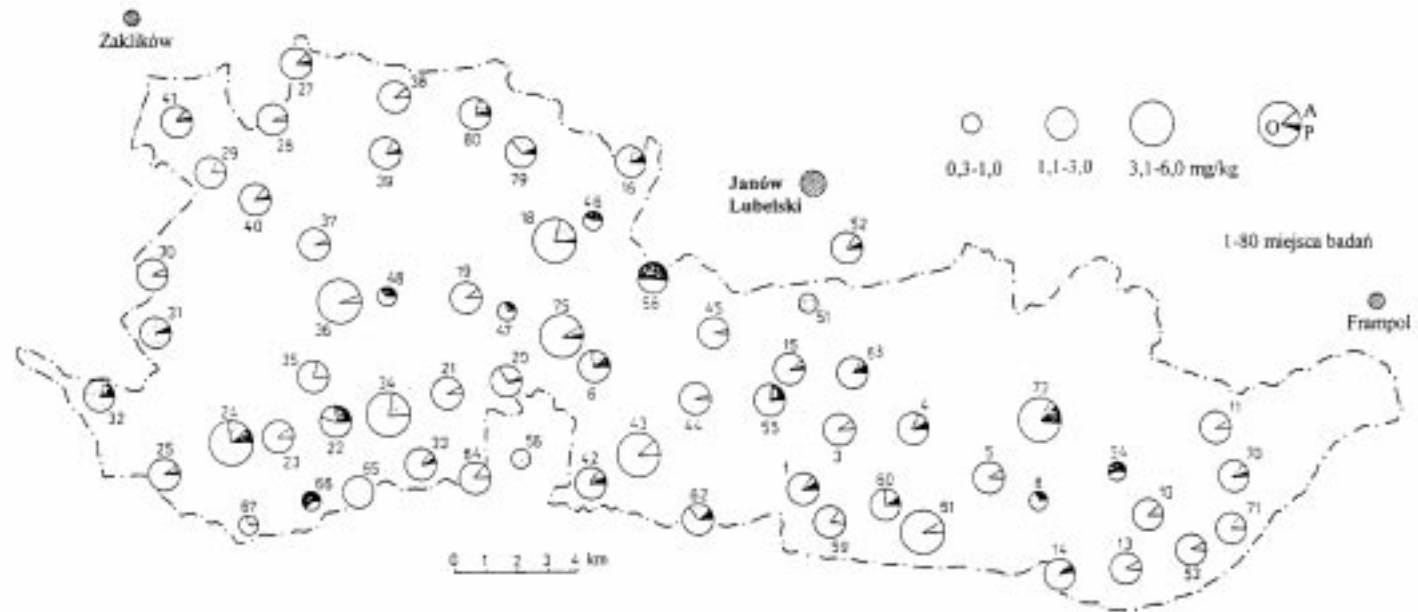
Poziom akumulacyjny A (ryc. 4). Dominują zdecydowanie zawartości najniższe, mieszczące się w przedziale 0,1–0,5 mg/kg. Wartości nieco wyższe (0,5–1 oraz 1–2 mg/kg) wystąpiły jedynie w kilku profilach i dotyczyły gleb o znacznej zawartości substancji organicznej, tj. w glebach torfowych i torfiastych, podobnie jak w przypadku cynku i ołowiu.

Poziomy podpróchniczne (ryc. 4). Zawartość miedzi jest wyrównana i bardzo niska; skupia się głównie w przedziale 0,1–0,5 mg/kg. Wartości 0,5–1 mg/kg stwierdzono zaledwie w kilku profilach.

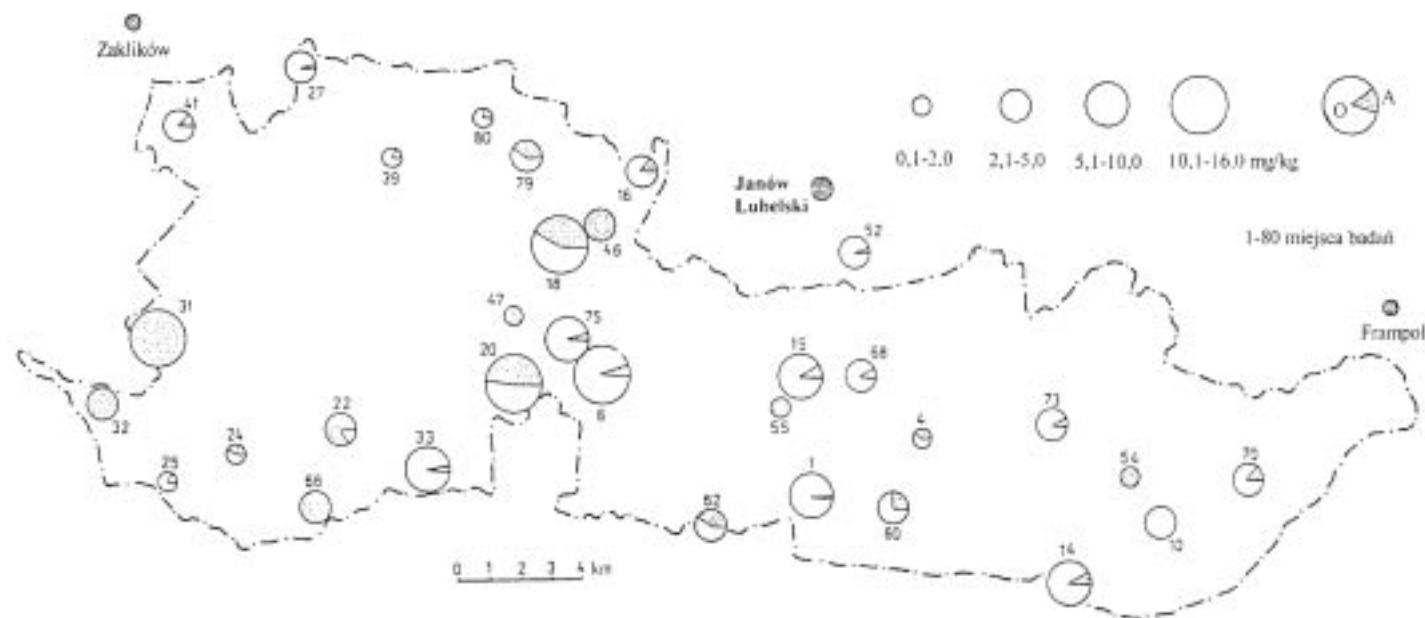
SIARKA (S-SO₄)

Poziom ściółki O (ryc. 5). Zawartość rozpuszczalnej siarki w postaci S-SO₄ jest w badanych glebach zróżnicowana: 0,2–2, 2–5 i 5–9 mg/100 g, przy czym wartości najwyższe dotyczą gleb centralnej części Parku.

Poziom akumulacyjny A (ryc. 5). Wartości wyłącznie niskie (0,2–1 mg/100 g) stwierdzono we wschodniej części Parku. Nieco wyższe zawartości (1–2,5 mg/100 g) występujące w części centralnej i częściowo południowo-zachodniej związane są przede wszystkim z glebami torfiastymi lub torfowymi.



Ryc. 4. Zawartość rozpuszczalnej miedzi w poziomej ściółce O, próchnicznym A i poziomach podpróchnicznych P
 The content of soluble copper in litter horizon (O), humus horizon (A) and in subhorizons (P)



Ryc. 5. Zawartość siarki siarczanowej $S-SO_4$ w poziomie ściółki O i w poziomie próchnicznym A
The content of sulphate sulphur $S-SO_4$ in litter horizon (O) and in humus horizon (A)

DYSKUSJA

Z przytoczonych danych wynika, że gleby odznaczają się zróżnicowaną zawartością badanych pierwiastków w poszczególnych poziomach i profilach. Wyraźną koncentrację pierwiastków wykazują poziomy ściółki leśnej O. Mniejszymi ilościami odznaczają się poziomy próchniczne (akumulacyjne) A, bardzo małe zawartości stwierdzono w poziomach podpróchnicznych P.

Takie rozmieszczenie metali w profilu jest dosyć typowe dla gleb leśnych. Podobne są rezultaty badań Muchy i Szymańskiej (1976), Sienkiewicza (1976), Czarnowskiej i in. (1983, 1986), Brogowskiego (1986). Należy dodać, że nawet w obrębie ściółki widoczne jest zróżnicowanie w zawartości metali ciężkich. Mucha i in. (1976) podają, że największą akumulację metali stwierdzili w poziomie O1, znacznie mniejszą natomiast w poziomach Of i Oh. Również Brogowski (1986) wykazał, że w poziomie O1 zawartość cynku (a także Ca, Mg, K, Na) jest wyższa niż w poziomie Ofh. W glebach Parku w profilach, w których poziom ściółki jest wyraźnie zróżnicowany obserwuje się podobną prawidłowość. Natomiast z prac Czarnowskiej i in. (1983, 1986) wynika, że w niektórych profilach gleb z terenu Kampinoskiego Parku Narodowego poziom Ofh zawierają więcej cynku, ołowiu i miedzi niż poziom O1.

Należy podkreślić, że sygnalizowane w literaturze prawidłowości dotyczące form ogólnych metali odnoszą się również do form rozpuszczalnych, jak wskazują nasze wyniki. Podobnie jest w przypadku rozmieszczenia siarki siarczanowej w profilach gleb lasów Parku Krajobrazowego Lasy Janowskie.

Zawartości w poziomie organicznym O nie są zależne od typu, rodzaju czy gatunku gleby. Decydującą rolę odgrywa tu zawartość substancji organicznej pochodzącej ze ściółki (o różnym stopniu humifikacji). Również w poziomie A gleb mineralnych zawartość badanych pierwiastków (aczkolwiek na ogół dużo niższa niż w poziomie organicznym O) jest niekiedy znaczna. W glebach organicznych ilości te są duże i bardzo duże.

Warto dodać, że najniższymi zawartościami wszystkich zbadanych pierwiastków w glebach Parku charakteryzują się te same profile (np. 4, 29, 51, 67, 80). Zwykle są to gleby bielcowe i rdzawe wytworzone z piasków luźnych, związane z siedliskiem lasu sosnowego z domieszką brzozy, świerka i jodły.

Rozmieszczenie form ogólnych pierwiastków w profilach nie różni się w zasadzie od rozmieszczenia form rozpuszczalnych. Z tab. 3 wynika, że rozpuszczalność badanych metali jest zróżnicowana i nie zależy od ilości ogólnych form. Zwracali na to również uwagę inni autorzy (Kabata-Pendias 1968). Najbardziej rozpuszczalnym metalem okazał się cynk, w następnej kolejności ołów, natomiast najmniej rozpuszczalna była miedź. Również w poszczegól-

nych poziomach glebowych zaznaczają się różnice w rozpuszczalności tego samego pierwiastka. Podobne były także spostrzeżenia Czarnowskiej (1978).

Problem obecności metali ciężkich w glebach i traktowania ich jako zanieczyszczenia jest dosyć złożony. Cynk, miedź, a także siarka są pierwiastkami niezbędnymi w glebie dla życia roślin (Lityński, Jurkowska 1982). Dlatego nawet ich zwiększona zawartość (do pewnej granicy) nie musi stanowić zagrożenia dla roślin. Z drugiej jednak strony rośliny mając w glebie składniki w nadmiarze mogą je pobierać w ilościach zwiększonych. Inaczej przedstawia się problem ołowiu, który nie jest roślinie niezbędny. Wprawdzie nie działa on na rośliny toksycznie (do pewnej koncentracji), jednak jest bardzo toksyczny dla zwierząt i ludzi (Lityński, Jurkowska 1982).

Należy ponadto podkreślić wyraźne różnice pomiędzy glebami uprawnymi i leśnymi. W pierwszych nadmierne ilości metali ciężkich w roślinach są szkodliwe także dla konsumentów tych roślin (zwierzęta, człowiek). W przypadku gleb leśnych zwiększone ilości metali w roślinach mogą być szkodliwe dla niektórych zwierząt leśnych. Dodatkową trudność w ustaleniu wielkości zanieczyszczenia gleb stanowi fakt, że zawartość metali ciężkich w glebach leśnych może mieć w zasadzie dwa źródła: zanieczyszczenie gleby poprzez atmosferę oraz rozkład i mineralizacja leśnej materii organicznej. W glebach uprawnych źródłem metali ciężkich są zanieczyszczenia zawarte w atmosferze oraz nawozy i środki ochrony roślin (pestycydy).

Jak wskazują badania Badury i Pacha (1984), ściółka gleb leśnych w pobliżu intensywnych źródeł zanieczyszczeń jest z reguły znacznie bogatsza w metale ciężkie niż gleby. Również prace Legerwerffa (1971) wykazały, że ponad 40% ołowiu, cynku i kadmu w częściach nadziemnych roślin pochodziło z atmosfery. Szczubiałka (1976) stwierdził, że ołów gromadził się głównie w częściach nadziemnych sosny, jeśli pierwiastek ten był stosowany dolistnie, a więc pochodził z atmosfery. W przypadku gdy gleba jest bardzo bogata w metale ciężkie, są one gromadzone głównie w korzeniach roślin, a nie w częściach nadziemnych. Podobne wnioski można wyciągnąć z badań Czarnowskiej (1978) z trawami i mchami.

Do powyższej dyskusji warto dodać także, że metale ciężkie są bardzo mało ruchliwe i mogą zalegać w glebie przez wiele lat, zwłaszcza ołów. Praktycznie nie można ich więc z gleby usunąć, można jedynie wpłynąć na ograniczenie ich pobierania przez rośliny poprzez zmianę odczynu gleb (wapnowanie). Odnosi się to jednak głównie do gleb uprawnych, w małym zakresie do gleb leśnych. Wynika to z dość wyraźnej zależności między rozpuszczalnością a odczynem; im niższe pH, tym rozpuszczalność cynku i ołowiu większa, miedź zachowuje się różnie. Ponieważ badane gleby leśne wykazują bardzo niskie pH, sprzyja to zwiększeniu rozpuszczalności, głównie cynku i ołowiu. Pewne znaczenie przypisuje się również potencjałowi redoks (Wiklander, Vahtras 1977).

Ogromne znaczenie w rozpuszczalności metali ma także obecność związków organicznych. Metale ciężkie, jak wiadomo, tworzą z próchnicą połączenia kompleksowe i są w ten sposób bardzo silnie wiązane. Według Hildebrandta (1974) kwasy huminowe wiążą przy $\text{pH} = 8$ pięć razy więcej ołowiu niż przy $\text{pH} = 3$.

Siarka wykazuje pewną odrębność w odniesieniu do jej wiązania w porównaniu z metalami ciężkimi. Może ona być przemieszczana w głąb profilu, czemu towarzyszy często akumulacja próchnicy i półtoratlenków w poziomie B (Święcicki i in. 1983). W glebach Parku Krajobrazowego Lasy Janowskie w wielu profilach gleb bielcowych znajduje to potwierdzenie.

Tak więc interpretacja otrzymanych wyników pod kątem stopnia zanieczyszczenia gleb Parku Krajobrazowego Lasy Janowskie jest dosyć trudna. Wynika to z przytoczonych powyżej powodów, a ponadto z braku norm dotyczących zanieczyszczenia metalami ciężkimi gleb leśnych. Istniejące normy dla gleb uprawnych (Monitor Polski nr 23, 1986 oraz Podstawy zanieczyszczeń..., 1995) nie mogą być przenoszone na gleby leśne, tym bardziej iż oparte są na całkowitej zawartości metali, a nie na formach rozpuszczalnych. Pewną wskazówką mogą być normy szwajcarskie (Erläuterungen..., 1986) dla gleb mineralnych opierające się na zawartościach ogólnych, a także rozpuszczalnych w 0,1 M NaNO_3 .

W konkluzji należy stwierdzić, że zawartość metali ciężkich w glebach Parku Krajobrazowego Lasy Janowskie jest zróżnicowana. Brak jest zanieczyszczenia miedzią, małe jest też siarką siarczanową. Zawartość cynku w chwili obecnej nie jest duża, natomiast zawartość ołowiu w wielu glebach jest znacznie większa w stosunku do pozostałych metali ciężkich.

Nie należy ponadto zapominać, że teren Parku jest obszarem szczególnej troski i ochrony i dlatego nawet zawartości nieprzekraczające zbytnio norm nie mogą być satysfakcjonujące.

WNIOSKI

1. Zbadane metale ciężkie (Zn, Pb i Cu) oraz S- SO_4 gromadzą się w największych ilościach w poziomach organicznych O gleb leśnych Parku.

2. Stwierdzona zawartość metali ciężkich w badanych glebach związana jest głównie z biogeochemicznym obiegiem pierwiastków w środowisku leśnym. Ocena ilości metali ciężkich pochodzących z atmosfery jest w tym przypadku utrudniona.

3. Zawartość badanych metali i siarki w glebach Parku jest zróżnicowana. Zwiększona jest ona jedynie w niektórych glebach w przypadku ołowiu, mniej-

sza zaś w odniesieniu do cynku. Nie stwierdzono natomiast zanieczyszczenia miedzią czy też siarką siarczanową.

4. Badania wykazały, że rozpuszczalność oznaczanych pierwiastków jest zróżnicowana. Najbardziej rozpuszczalnym metalem okazał się cynk, najmniej – miedź.

5. Byłoby pożądane ujednoczenie metod i opracowanie dla gleb leśnych norm dopuszczalnych stężeń metali ciężkich bądź w postaci rozpuszczalnej (w ustalonym ekstraktorze), bądź też w formie ogólnej.

LITERATURA

- Badura L., Pacha J. 1984: Szybkość rozkładu igieł sosnowych w borach otaczających Hutę Cynku w Miasteczku Śląskim. *Acta Biologica, Uniw. Śląski*, 15, Katowice: 102–111.
- Brogowski Z. 1986: Skład chemiczny ściółek leśnych zachodniej części Kampinoskiego Parku Narodowego. [W:] Wpływ działalności człowieka na środowisko glebowe KPN (1984–1985). Wyd. SGGW–AR, Warszawa: 103–122.
- Czarnowska K. 1978: Zmiany zawartości metali ciężkich w glebach i roślinach z terenu Warszawy jako wskaźnik antropogenizacji środowiska. *Zesz. Nauk. SGGW–AR, Rozpr. Nauk.*, Warszawa: 106 ss.
- Czarnowska K., Gworek B. 1986: Metale ciężkie w glebach i mchu rezerwatu „Granica” Kampinoskiego Parku Narodowego. [W:] Wpływ działalności człowieka na środowisko glebowe KPN (1984–1985). Wyd. SGGW–AR, Warszawa: 155–163.
- Czarnowska K., Gworek B., Kozanecka T. 1983: Zawartość metali ciężkich w glebach i mchu Kampinoskiego Parku Narodowego. [W:] Wpływ działalności człowieka na środowisko glebowe w Kampinoskim Parku Narodowym. Wyd. SGGW–AR, Warszawa: 123–137.
- Dechnik L., Dudziak S., Filipek T. 1987: Właściwości chemiczne gleb rejonu LZW. [W:] Określenie dróg przenoszenia abiotycznego i ekologicznego głównych polutantów w rejonie LZW, t. I, PL, Lublin: 129–151.
- Dzięciołowski W., Kociałkowski Z. 1971: Przystawialne mikroskładniki w glebach łąk Wielkopolski. *Roczn. Glebozn.*, 22, 1: 99–116.
- Ekosystemy żywicielskie i żywność, 1991; Zagrożenia i problemy ochrony, t. I, II, red. W. Mična, J. Żurek. Inst. Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Erläuterungen zur Verordnung vom 9 Juni 1986 über Schadstoffe im Boden (VSBo), 1987; Herausgegeben vom Bundesamt für Umweltschutz. Bern.
- Filipek T., Pawłowski L. 1990: Total and extractable heavy metals content of some soils of the Lublin Coal Mining Region. *The Science of the Total Environment*, 96: 131–137.
- Górski M., Uziak S. 1998: Niektóre metale ciężkie w glebach Tatrzańskiego Parku Narodowego. *Ann. UMCS, Lublin, sec. C*, 52: 211–224.

- Grodzińska K. 1985: Zanieczyszczenie parków narodowych Polski metalami ciężkimi. [W:] Zagrożenie parków narodowych w Polsce, red. K. Grodzińska, R. Olacek. PWN, Warszawa: 23–35.
- Hildebrandt E. E. 1974: Die Bindung vom Imissionblei in Böden. Freiburger Boden-Kundl. Abhandl. 4(1).
- Kabata-Pendias A. 1968: Występowanie cynku, miedzi i kobaltu w niektórych glebach oraz w roślinach rejonu pomorskiego. Roczn. Nauk Roln., A-94-4: 567–583.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. 1993: Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
- Legerwerff J. V. 1971: Uptake of cadmium, lead and zinc by radish from soil and air. Soil Sci., 111(2): 129–133.
- Lityński T., Jurkowska H. 1982: Żyzność gleby i odżywianie się roślin. PWN, Warszawa.
- Maciaszek W. 1983: Mikroelementy (Mn, Zn, Cu, B i Mo) w glebach leśnych wytworzonych ze skał fliszu karpackiego. Roczn. Glebozn., 34, 3: 75–94.
- McKeague J. A. (red.) 1981: Manual on soil sampling and methods of analysis. Prepared by the Subcommittee on Methods of Analysis. Canadian Society of Soil Science. Ottawa, Second edition 1978, reprinted 1981.
- Monitor Polski, nr 23, poz. 170, 1986.
- Mucha W., Sienkiewicz A., Szymańska M. 1976: Występowanie niektórych mikroelementów w różnych poziomach leśnych gleb bielcowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 179: 407–412.
- Mucha W., Szymańska M. 1976: Występowanie niektórych mikroelementów w glebach bielcach. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 179: 413–418.
- Panek E. 1991: Metale ciężkie w glebie i podłożu skalnym oraz w wybranych gatunkach roślin Babiogórskiego Parku Narodowego. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, 7, 4, Kraków: 989–1006.
- Prusinkiewicz Z. 1994: Leksykon ekologiczno-gleboznawczy. PWN, Warszawa
- Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA, 1995. Opracowanie zbiorowe pod kierunkiem A. Kabaty-Pendias. Bibl. Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- Sienkiewicz A. 1976: Zawartość niektórych mikroelementów w igłach 8-letniej, nawożonej sosny zwyczajnej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 179: 355–359.
- Szczubińska Z. 1976: Pobieranie ołowiu przez sosnę w warunkach hali wegetacyjnej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 179: 351–354.
- Święcicki Cz., Broda A., Woźniak D. 1983: Akumulacja fluoru i siarki w glebach i roślinach Kampinoskiego Parku Narodowego. [W:] Wpływ działalności człowieka na środowisko glebowe w Kampinoskim Parku Narodowym, Wyd. SGGW-AR, Warszawa: 109–121.
- Uziak S., Steinbrich K. 1980/1981: Niektóre pierwiastki metali ciężkich w glebach LZW. Ann. UMCS, Lublin, sec. B, vol. 35/36: 239–253.
- Uziak S., Chodorowski J., Klimowicz Z., Melke J. 1992: Wstępne badania gleb Janowskiego Parku Krajobrazowego. Ann. UMCS, sec. B, vol. 47, 6: 123–150.
- Van Hook R. J., Harris W. F., Henderson G. S. 1977: Cadmium, lead and zinc distribution and cycling in a mixed deciduous forest. Ambio, VI, 5: 281–286.

Wiklander L., Vahtras K. 1977: Solubility and uptake of heavy metals from a Swedish soil. *Geoderma*, 19(2): 123–129.

Wpływ zanieczyszczenia pierwiastkami śladowymi na przyrodnicze warunki rolnictwa, cz. I, II, 1985; Materiały III Krajowej Konferencji w Puławach, IUNG, Puławy.

SUMMARY

The paper presents the results of soil pollution by zinc, lead, copper and sulphate sulphur in the Janów Forest Landscape Park. The studies were conducted in soil samples collected from various soils in 1989–1990. In soil samples, total and soluble forms of Zn, Pb, Cu and S-SO₄ were determined. The investigations allow us to draw the following conclusions:

1. Heavy metals (Zn, Pb, Cu) and S-SO₄ are concentrated mainly in organic horizons (O) of forest soils. The contents of heavy metals in investigated soils was mainly related to biogeochemical cycling of elements in the forest environment.

2. It was found that only Pb content was slightly elevated, while the content of Zn was diminished. There was no evidence of pollution by Cu and S-SO₄.

3. Solubility of determined elements was differentiated. The highest solubility showed Zn and the lowest – Cu.

4. The studies showed that there is an urgent need for unification of methods for heavy metals analysis (soluble or total form) as well as elaboration of critical loads of these metals in forest soils.