

ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH METALI CIĘŻKICH W GLEBACH W ZALEŻNOŚCI OD ICH ODLEGŁOŚCI OD ULICY I SPOSOBU UŻYTKOWANIA TERENU

Robert CZUBASZEK*, Karolina BARTOSZUK

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45 A, 15-351 Białystok

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące zawartości wybranych metali ciężkich (Pb, Ni, Cr, Cd i Cu) w glebach terenów położonych wzdłuż ulicy Świerkowej w Białymstoku. Celem badań było określenie zawartości metali w glebie oraz zbadanie, jak występująca tu roślinność może ograniczać rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń komunikacyjnych. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zanieczyszczenie badanych gleb wybranymi metalami ciężkimi jest niewielkie. Najwyższą zawartość spośród analizowanych metali w przypowierzchniowej warstwie gleb wykazał ołów, natomiast najniższą – miedź. Roślinność otaczająca badany teren wywiera znaczący wpływ na obniżenie zawartości metali ciężkich w glebie. Próbki pobrane na terenie lasu charakteryzowały się mniejszymi zawartościami analizowanych metali ciężkich, niż te pobrane z terenów położonych po stronie Politechniki, gdzie pokrycie roślinnością jest niewielkie.

Słowa kluczowe: metale ciężkie, gleby miejskie, zanieczyszczenia komunikacyjne.

1. Wstęp

Infrastruktura komunikacyjna, na którą składają się drogi, mosty, wiadukty, stacje paliw, garaże, parkingi, zajmuje coraz większy obszar i może przyczynić się do znacznej degradacji krajobrazu (Merkisz i in., 2005). Na zanieczyszczenia pochodzące z transportu w równym stopniu narażone są zarówno gleby, jak i wody. Do nich bowiem wpływają zanieczyszczenia z dróg, a także z powietrza. Zanieczyszczenia zmieniają właściwości gleby pod względem chemicznym, fizycznym i biologicznym. Obniżają ich urodzajność, zakłócają przebieg wegetacji roślin, niszczą walory ekologiczne i estetyczne szaty roślinnej.

Zanieczyszczenie gleb związanych ze szlakami komunikacyjnymi jest wywołane przez organiczne związki powstające przy niepełnym spalaniu, związki organiczne i mineralne w paliwach i smarach, metale ciężkie wchodzące w skład dodatków do paliw, smarów i olejów, gazy powstające w rezultacie spalania paliw, substancje przedostające się do gleby w wyniku katastrof drogowych, sól stosowaną do likwidacji oblodzenia dróg, materiały odpadowe pozostawiane przez użytkowników dróg (Greinert i Greinert, 1999). Pyły pochodzące ze źródeł motoryzacyjnych zawierają ponadto cząstki materiałów ściernych zużywających się w wyniku

eksploatacji pojazdu (okładziny hamulców i tarcz sprzęgłowych, materiał opon i nawierzchnia jezdni). Z powodu małych wymiarów cząstki stałe utrzymują się długo w atmosferze i rozprzestrzeniają się na dużych obszarach (Chłopek, 2002).

Zawartość metali ciężkich w glebie w dużym stopniu jest związana z odległością od dróg, z natężeniem ruchu, ukształtowaniem terenu, a także sposobem jego użytkowania. Najwięcej metali ciężkich gromadzi poziom organiczny ściółki leśnej. Szerokość strefy, na którą oddziałują zanieczyszczenia komunikacyjne ogranicza się do około 150 m po obu stronach jezdni (Curzydło, 1988).

W związku z dużym zagrożeniem jakie niesie ze sobą transport, na terenach zurbanizowanych niezbędne jest podejmowanie działań mających na celu zminimalizowanie jego negatywnego wpływu. Jednym ze sposobów jest nasadzenie roślinności przydrożnej. Stanowi ona barierę ochronną, która zatrzymuje różne zanieczyszczenia przedostające się z atmosfery, mogące wpłynąć na zanieczyszczenie środowiska glebowego. Ochronę otoczenia przed spalinami pojazdów za pomocą zieleni izolacyjnej należy uwzględnić już na etapie programowania i projektowania ulic, dostosowując jej charakter do założonego natężenia ruchu. Efektywność pasm zieleni równoległych do ciągu komunikacyjnego

* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: r.czubaszek@pb.edu.pl

zależą od ich składu i struktury. Najlepsze efekty daje roślinność wielowarstwowa. Efektywność izolacji zielenią wysoką wzrasta w miarę wysokości, zagęszczenia i poszerzenia układu izolacyjnego, a także usytuowania go w bliskim sąsiedztwie skraju trasy. Dobre wyniki izolacji uzyskuje się tworząc układy izolacyjne na pasie dzielącym jezdnię, a także stosując gęste żywopłoty (Czerwieniec i Lewińska, 1996).

Celem przeprowadzonych badań było określenie stopnia zanieczyszczenia metalami ciężkimi wierzchnich poziomów gleb położonych wzdłuż istniejącego ciągu komunikacyjnego oraz zbadanie w jakim stopniu występująca tam roślinność ogranicza rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń komunikacyjnych.

2. Obiekt i metody badań

Badaniami objęto 500-metrowy odcinek ulicy Świerkowej w Białymstoku. Wybór obiektu badań związany był z występującą tu roślinnością.

Z jednej strony ulicy, na całej jej długości występuje dobrze rozwinięte zbiorowisko leśne – Las Zwierzyniecki, o wyraźnie grądowym charakterze, porastające zasobne w składniki pokarmowe gleby brunatne właściwe i płowe. Drzewostan tworzy tu głównie grab pospolity *Carpinus betulus*. W domieszce występują jeszcze dąb bezszypułkowy *Quercus petraea*, brzoza brodawkowata *Betula pendula* oraz lipa szerokolistna *Tilia platyphyllos*. Te same gatunki tworzą również warstwę krzewów, w której spotkać również można karaganę syberyjską *Caragana arborescens*, klon zwyczajny *Acer platanoides*, dereń świdwa *Cornus sanguinea*, trzmielinę pospolitą *Euonymus europaeus* oraz dąb czerwony *Quercus rubra*.

Z drugiej strony ulicy, badany odcinek graniczy z campusem Politechniki Białostockiej, gdzie okrywę roślinną tworzą zbiorowiska traw z pojedynczymi

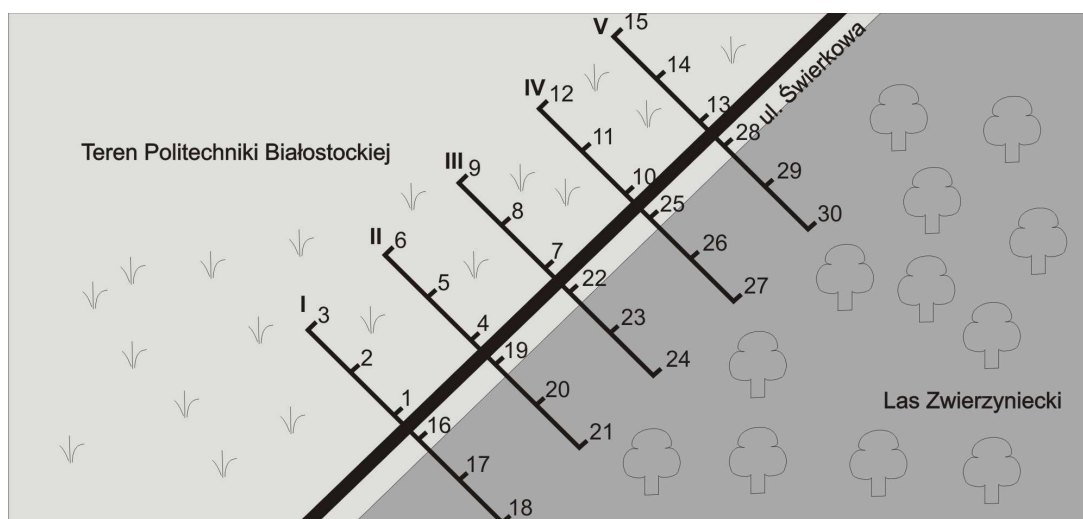
drzewami i krzewami. Roślinność ta porasta stosunkowo ubogie gleby antropogeniczne, charakteryzujące się płytkim poziomem próchnicznym. Gatunkiem najczęściej występującym po tej stronie analizowanego terenu jest klon zwyczajny, obok którego spotkać można jeszcze m.in. topolę osikę *Populus tremula*, graba pospolitego, wierzbę siwą *Salix caprea*, brzozę brodawkowatą, robinie akacjową *Robinia pseudoacacia*, wierzbę pięciopęcikową *Salix pentandra*, sosnę zwyczajną *Pinus sylvestris*, klon srebrzysty *Acer saccharinum* oraz lilaka pospolitego *Syringa vulgaris*.

Taki układ roślinności pozwalał na bezpośrednie porównanie, jak wybrane metale ciężkie, których źródłem mogły być poruszające się ulicą pojazdy, rozprzestrzeniały się po stronie odkrytej, a jak – po zalesionej.

W celu określenia zasięgu oddziaływania zanieczyszczeń komunikacyjnych, wyznaczono 5 prostokątnych do ulicy transektów, oddalonych od siebie o 100 m (rys. 1). Na każdym z przekrojów pobrano 6 próbek glebowych, po 3 z każdej strony pasa drogowego. Pierwszą próbkę pobrano z odległości około 2 m od jezdni, drugą z odległości około 8 m, natomiast trzecią z odległości około 15 m. Łącznie pobrano 30 próbek glebowych. Badaniami objęto wierzchnią, 10-cm warstwę gleby.

W pobranym materiale oznaczono:

- skład granulometryczny – metodą areometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego z rozdzielaniem frakcji piasku na sitach;
- odczyn gleb – metodą potencjometryczną w wyciągu wodnym i w roztworze KCl o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$;
- zawartość wybranych metali ciężkich (Cu, Ni, Cr, Cd, Pb) – metodą ASA, po rozтворzeniu prób w mieszaninie kwasu azotowego i nadchlorowego.



Legenda:

I ... V - numery przekrojów

1 ... 30 - miejsca poboru próbek

Rys. 1. Rozmieszczenie miejsc poboru próbek glebowych wzdłuż ulicy Świerkowej

3. Wyniki i dyskusja

3.1. Skład granulometryczny

Powierzchniowe poziomy gleb wykształconych wzdłuż badanego fragmentu ulicy zbudowane są w przeważającej

części z utworów piaszczystych (tab. 1). Tylko sporadycznie spotyka się utwory o cięższym składzie granulometrycznym – gliny lekkie, średnie lub pyły. Charakterystyczną cechą badanych gleb jest stosunkowo duża domieszka frakcji pylistych, których zawartość w połowie badanych próbek przekroczyła 25%.

Tab. 1. Skład granulometryczny

Transekt	Numer próbki	Zawartość frakcji [%]					Ogółem [%]			
		0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002	1-0,1	0,1-0,02	<0,02	
Próbki pobierane po stronie Politechniki Białostockiej	I	1	19	11	6	1	6	57	30	13
		2	10	23	20	8	10	29	33	38
		3	5	16	16	11	20	32	21	47
	II	4	25	19	11	2	1	42	44	14
		5	9	12	11	2	4	62	21	17
		6	16	7	4	2	4	67	23	10
	III	7	16	5	6	1	3	69	21	10
		8	13	5	5	1	1	75	18	7
		9	19	34	24	7	7	9	53	38
	IV	10	17	8	5	1	1	68	25	7
		11	17	7	8	3	5	60	24	16
		12	29	20	17	6	5	27	49	28
	V	13	12	20	30	4	4	30	32	38
		14	15	11	8	1	1	64	26	10
		15	18	7	5	1	3	66	25	9
Próbki pobierane po stronie Lasu Zwierzynieckiego	I	16	15	7	4	1	1	72	22	6
		17	48	27	13	1	4	7	75	18
		18	20	34	25	5	6	10	54	36
	II	19	5	12	8	1	2	72	17	11
		20	18	8	5	1	1	67	26	7
		21	19	6	4	1	3	67	25	8
	III	22	10	22	15	15	5	33	32	35
		23	8	9	5	1	2	75	17	8
		24	9	6	4	1	1	79	15	6
	IV	25	21	12	6	1	5	55	33	12
		26	12	13	10	1	5	59	25	16
		27	16	20	20	2	4	38	36	26
	V	28	17	12	8	3	7	53	29	18
		29	8	18	17	2	5	50	26	24
		30	21	30	19	15	2	13	51	36

3.2. Odczyn

Wcześniejsze badania dotyczące stopnia zakwaszenia gleb na terenie Białegostoku wskazywały na to, że większość gleb znajdujących się w pobliżu tras komunikacyjnych, gdzie pokrycie roślinnością było niewielkie, cechuje się odczynem obojętnym oraz zasadowym; jedynie na niewielkich powierzchniach występował odczyn lekko kwaśny (Dobrogowski, 2005; Hasan Abu Jazzar, 1995; Skorbiłowicz i in., 2001). Zbliżone wyniki uzyskano również w czasie badań prowadzonych wzdłuż ulicy Świerkowej (rys. 2). Tu jednak wyraźny był wpływ roślinności na odczyn.

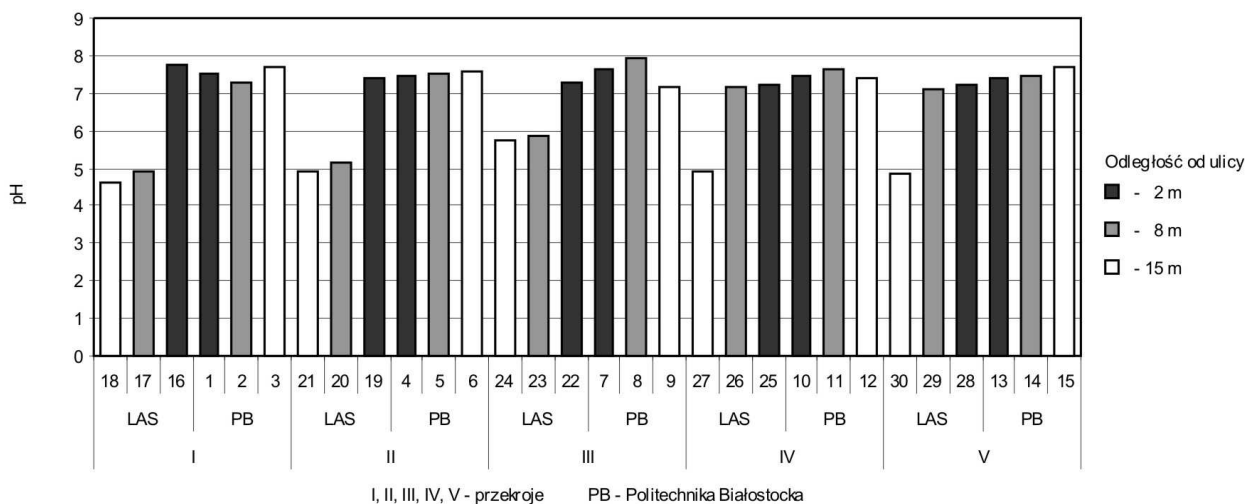
Gleby po stronie Politechniki Białostockiej charakteryzowały się pH mierzonym w wodzie w przedziale wartości 7,16-7,95, co wskazało na odczyn obojętny i lekko zasadowy. Podobne wartości (7,20-7,75) wykazały próbki pobrane bezpośrednio przy ulicy po stronie Lasu Zwierzynieckiego. W głębi lasu pH zawierało się w przedziale 4,60-5,86, co wskazało na bardzo kwaśny i kwaśny odczyn wykształconych tam gleb. Jedynie dwie próbki pobrane z odległości około 8 m od ulicy wykazywały podwyższone pH. Było to prawdopodobnie związane ze znacznie luźniejszym podszytem na transektach IV i V.

Wyraźne różnice w odczynie gleb po obu stronach badanego ciągu komunikacyjnego mogą być spowodowane różnymi czynnikami. Zakwaszenie gleb pod zbiorowiskiem leśnym jest wynikiem rozkładu docierającej do gleby materii organicznej, którego produktem są kwasy organiczne. Z drugiej strony roślinność pasa przydrożnego zatrzymuje rozprzestrzeniające się substancje, które mogłyby neutralizować powstające kwasy.

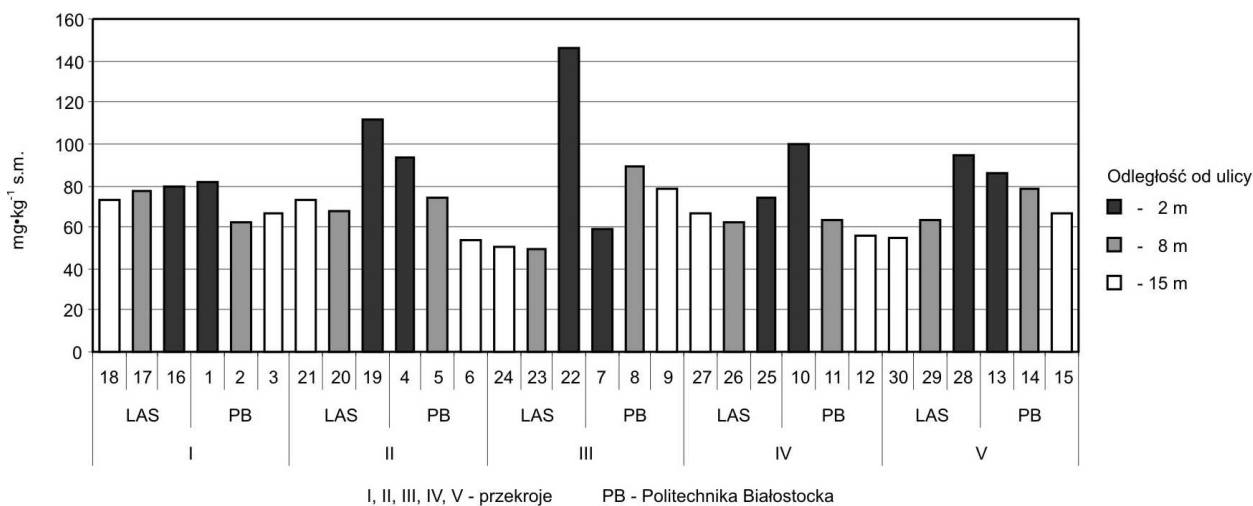
3.3. Zanieczyszczenie gleb metalami ciężkimi (Ni, Cr, Pb, Cu)

Zawartości oznaczanych metali ciężkich układały się w sposób następujący: Pb: 49,38-145,63 mg·kg⁻¹ s.m., Ni: 8,94-20,75 mg·kg⁻¹ s.m., Cr: 2,00-12,69 mg·kg⁻¹ s.m., Cd: 5,13-13,31 mg·kg⁻¹ s.m., Cu: 0 do 9,94 mg·kg⁻¹ s.m. (tab. 2). Uzyskane wartości są niskie i w żadnym przypadku nie przekroczyły dopuszczalnych dla terenów komunikacyjnych stężeń określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska (2002).

Analizując rozprzestrzenianie się związków ołowiu widać, że niemal na wszystkich transektach zawartość tego metalu zmniejsza się w miarę oddalania się od drogi (rys. 3). Efekt taki opisywał między innymi Curzydło (1988).



Rys. 2. Odczyn gleb



Rys. 3. Zawartość ołowiu w glebach położonych wzdłuż ul. Świerkowej

Tab. 2. Zawartość wybranych metali ciężkich

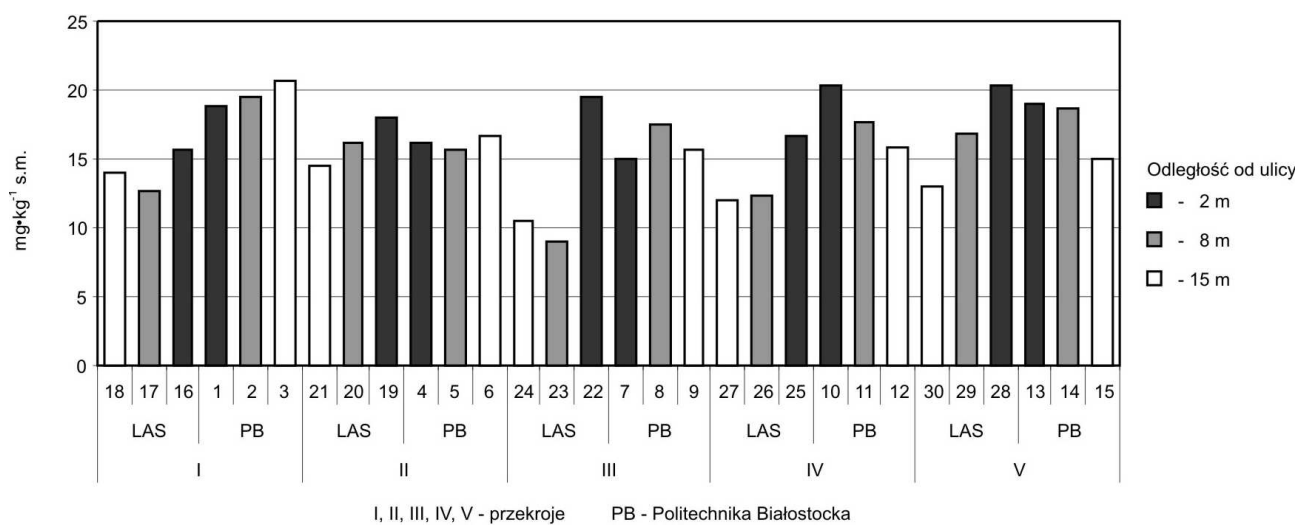
Transekt	Numer próbki	Pb	Ni	Cr	Cd	Cu	
		[mg·kg ⁻¹]					
Próbki pobierane po stronie Politechniki Białostockiej	I	1	81,88	18,88	9,38	9,50	6,69
		2	61,88	19,50	7,94	7,56	3,19
		3	66,88	20,75	8,06	8,88	5,31
	II	4	93,75	16,25	9,63	7,50	8,19
		5	73,75	15,69	6,38	8,13	2,50
		6	53,75	16,63	5,50	8,88	2,50
	III	7	59,38	14,94	4,69	7,44	1,50
		8	88,75	17,56	7,75	10,13	7,31
		9	78,75	15,75	8,06	6,38	3,31
	IV	10	99,38	20,31	8,75	8,88	6,88
		11	63,13	17,69	8,50	7,00	2,69
		12	55,63	15,81	6,06	5,88	2,38
	V	13	85,63	18,94	7,81	7,88	5,25
		14	78,13	18,69	7,44	8,31	3,75
		15	66,88	15,06	5,75	6,00	1,94
Próbki pobierane po stronie Lasu Zwierzynieckiego	I	16	79,38	15,63	6,69	6,69	6,06
		17	76,88	12,69	12,69	8,44	1,69
		18	73,13	14,00	5,50	5,13	0,50
	II	19	111,88	17,94	9,81	9,19	9,94
		20	68,13	16,13	6,38	5,50	4,75
		21	72,50	14,44	6,69	6,00	7,69
	III	22	145,63	19,44	7,56	13,31	8,00
		23	49,38	8,94	2,00	5,19	0,44
		24	50,63	10,44	2,25	6,06	2,81
	IV	25	73,75	16,63	8,38	6,50	4,00
		26	62,50	12,38	3,94	5,50	0,13
		27	66,25	12,00	4,94	5,38	0,00
	V	28	94,38	20,31	9,25	7,63	4,63
		29	63,75	16,88	8,69	6,94	3,44
		30	55,00	13,06	4,88	5,38	0,00

Nie stwierdzono natomiast wyraźnego wpływu roślinności na zahamowanie rozprzestrzeniania się badanego pierwiastka. W niektórych przypadkach zawartość ołowiu w najdalej położonych od ulicy punktach była mniejsza po stronie otwartego terenu Politechniki. Odległość ta (15 m) była prawdopodobnie mniejsza od maksymalnej odległości, na jaką w danych warunkach mogą przemieszczać się związki ołowiu. Jak podają Curzydło (1988) oraz Kabata-Pendias i Pendias (1999), najwyższe zawartości tego metalu stwierdza się w odległości do 10-50 m od krawędzi drogi.

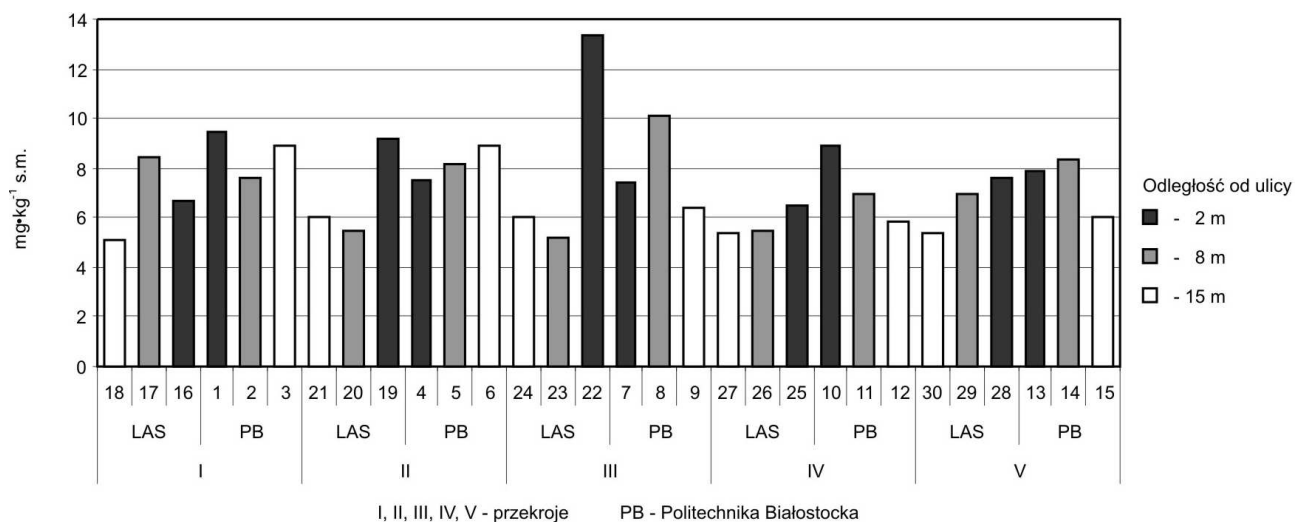
Podobnie jak w przypadku ołowiu, zawartości niklu maleją w miarę oddalania się od krawędzi jezdni (rys. 4). Schemat ten zakłócony jest wyraźnie jedynie w transekcie I. W tym przypadku może to być spowodowane nakładaniem się na siebie zanieczyszczeń pochodzących

z ulicy Świerkowej i ulicy prostopadłej do niej, biegnącej w pobliżu transektu. Porównując ilości opisywanego pierwiastka po obu stronach ulicy Świerkowej widać, że mniej zawierają go gleby wykształcone pod lasem. Jedynie bezpośrednio przy jezdni zawartości po stronie lasu są niekiedy większe. Taki rozkład zawartości może sugerować, że związki niklu zostały częściowo zatrzymane przez roślinność. Może o tym świadczyć fakt, że największy stopień zmniejszenia zawartości tego pierwiastka zaobserwowano w miejscu o najbardziej zwartej warstwie podszytu.

W przypadku kadmu generalną zasadą jest spadek jego zawartości w miarę wzrostu odległości od ulicy po stronie lasu (rys. 5). Po przeciwnej stronie ulicy, w kilku przypadkach zaobserwowano wzrost zawartości kadmu w odległości około 8 m od krawędzi jezdni.



Rys. 4. Zawartość niklu w glebach położonych wzdłuż ul. Świerkowej



Rys. 5. Zawartość kadmu w glebach położonych wzdłuż ul. Świerkowej

Podobnie do wcześniej omówionych pierwiastków, również w przypadku chromu na większości przekrojów obserwowany jest spadek jego zawartości w miarę oddalania się od źródła emisji (rys. 6). Zjawisko to znacznie wyraźniej uwidacznia się po stronie lasu. W kilku miejscach zauważa się jednak jeszcze stosunkowo dużą zawartość chromu nawet w dalszej odległości od drogi, co może wskazywać na jego kumulację w tych miejscach.

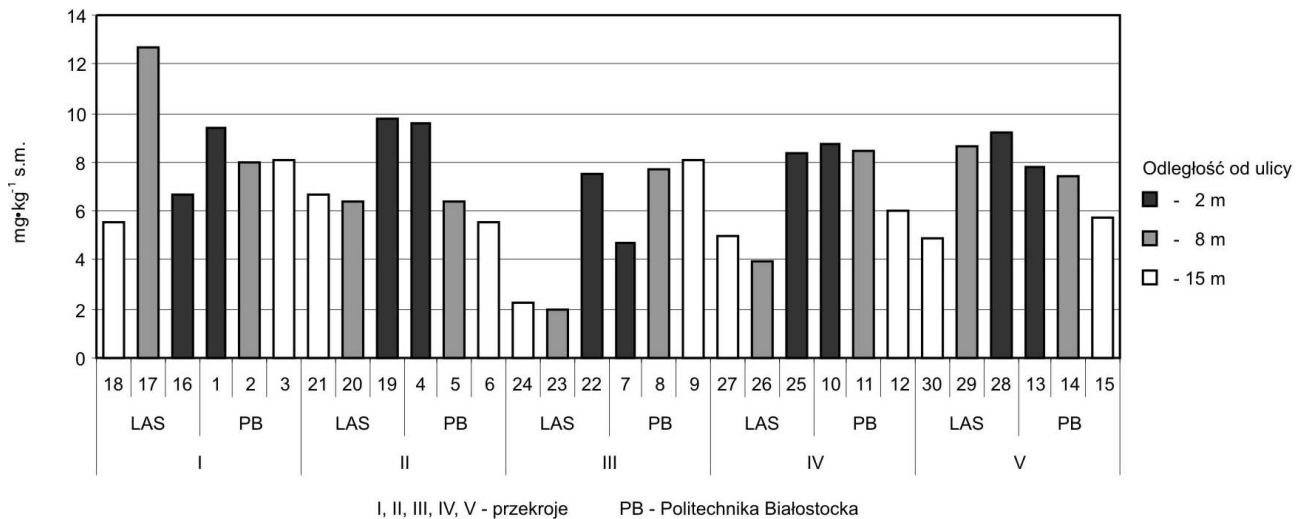
Ostatnim badanym metalem była miedź, której stopień zatrzymywania przez roślinność jest najbardziej widoczny spośród wszystkich oznaczanych pierwiastków (rys. 7).

W niektórych transektach, w próbkach pobranych z odległości 15 m od ulicy zawartość tego pierwiastka była poniżej granicy oznaczalności. Sytuacja taka spowodowana była prawdopodobnie wzrostem fitoprzyswajalności miedzi w warunkach silnie kwaśnego odczynu.

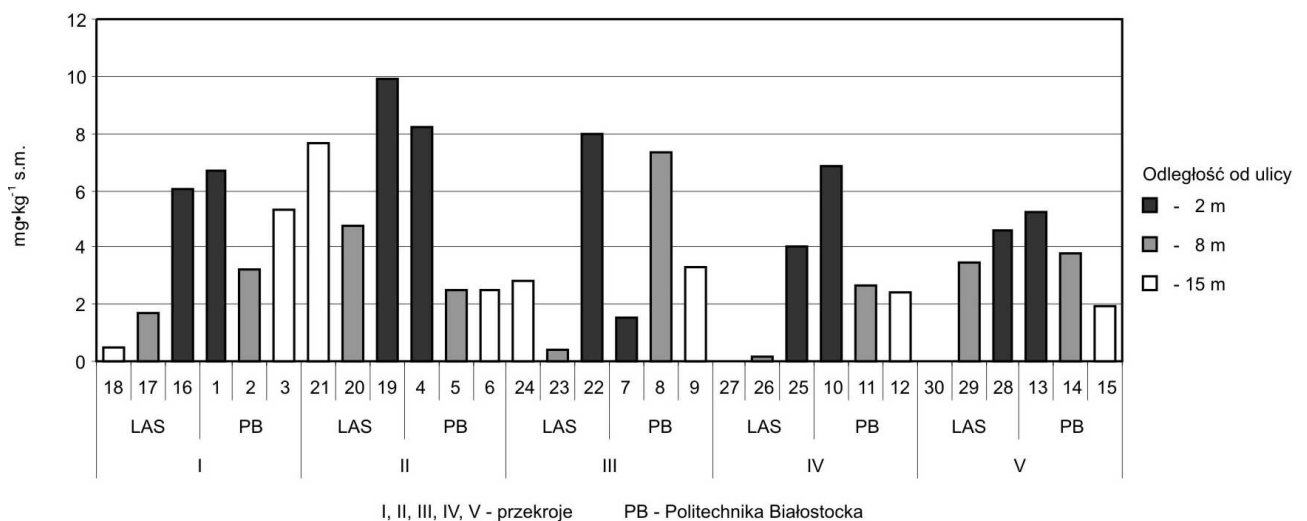
Wnioski

Wyniki przeprowadzonych badań pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Zanieczyszczenie badanych gleb wybranymi metalami ciężkimi jest niewielkie. Ich zawartości nie przekraczają stężeń dopuszczalnych dla terenów komunikacyjnych. Najwyższą zawartość spośród analizowanych metali, w przypowierzchniowej warstwie gleb wykazał ołów, natomiast najniższą – miedź.
2. Roślinność otaczająca badany teren wywiera znaczący wpływ na obniżenie zawartości metali ciężkich w glebie. Próbki pobrane na terenie lasu charakteryzowały się mniejszymi zawartościami niż te po stronie Politechniki, gdzie pokrycie roślinnością było niewielkie.



Rys. 6. Zawartość chromu w glebach położonych wzdłuż ul. Świerkowej



Rys. 7. Zawartość miedzi w glebach położonych wzdłuż ul. Świerkowej

3. Znaczny spadek zawartości niektórych pierwiastków w próbkach pobranych z Lasu Zwierzynieckiego mógł być spowodowany wzrostem ich rozpuszczalności i przyswajalności w warunkach silnie kwaśnego odczynu gleb leśnych. Gleby po stronie kampusu Politechniki Białostockiej charakteryzowały się odczynem obojętnym i zasadowym.
4. W niemal wszystkich badanych przypadkach stwierdzono zmniejszenie się zawartości analizowanych pierwiastków w miarę oddalania się od pasa drogowego. Tendencja ta była znacznie lepiej widoczna po stronie Lasu Zwierzynieckiego.

Literatura

- Chłopek Z. (2002). Ochrona środowiska naturalnego. Pojazdy samochodowe. *Wydawnictwo Komunikacji i Łączności*, Warszawa.
- Curzydło J. (1988). Ołów i cynk w roślinach i glebach w sąsiedztwie drogowych szlaków komunikacyjnych. (Rozprawa habilitacyjna). *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie*, No. 127.
- Czerwień M., Lewińska J. (1996). Zieleń w mieście. *Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej*, Warszawa.
- Dobrogowski L. (2005). Metale ciężkie w glebach na terenie Białegostoku. Praca magisterska, *Politechnika Białostocka*, Białystok.
- Greinert H., Greinert A. (1999). Ochrona i rekultywacja środowiska glebowego. *Wydawnictwo Politechniki Zielonogórskiej*, Zielona Góra.
- Hasan Abu Jazzar (1995). Metale ciężkie w powierzchniowej warstwie gleb. Praca doktorska, *Politechnika Białostocka*, Białystok.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. (1999). Biogeochemia pierwiastków śladowych. *Wydawnictwo Naukowe PWN*, Warszawa.
- Merkisz J., Piekarski W., Słowik T. (2005). Motoryzacyjne zanieczyszczenia środowiska. *Wydawnictwo Akademii Rolniczej*, Lublin.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleb oraz standardów jakości ziemi. *Dz. U. z 2001 r. Nr 62*, poz. 627 i Nr 115 z późniejszymi zmianami.
- Skorbiłowicz E., Dzienis L., Skorbiłowicz M. (2001). Metale ciężkie w powierzchniowej warstwie gleb Białegostoku. *Zeszyty naukowe Politechniki Białostockiej*, Inżynieria Środowiska, No. 14, 97-107.

CONTENT OF SELECTED HEAVY METALS IN SOILS IN ACCORDANCE WITH ITS DISTANCE FROM THE STREET AND LAND USE

Abstract: The paper presents the results of research concerning content of the selected heavy metals (Pb, Ni, Cr, Cd i Cu) in soils along the Świerkowa Street in Białystok. The aim of the studies was to determine the content of five heavy metals in soil as well as examination how flora can reduce the spread of the pollutant emitted from the cars. The research results show a little soil pollution. The highest concentration in surface soil layer was found in the case of lead, while the lowest concentration of copper revealed. Plant communities growing along the street have significant impact on the reduction of heavy metals concentration in soils. The samples taken from the forest were characterized by lower concentration of metals in comparison to those taken from area of the Białystok University of Technology campus, where the plant cover was much lower. The reduction of element content in samples from the Zwierzyniecki Forest could be caused by increase of its solubility and availability in acid forest soil.

Badania przeprowadzono w Politechnice Białostockiej w ramach pracy statutowej S/WBiIS/1/11