

dr Dariusz DMOCHOWSKI
dr Anna DMOCHOWSKA
dr inż. Mariusz SMOLARKIEWICZ
mł. kpt. mgr inż. Joanna KUJAWA

Analiza zagrożeń związanych z emisją metali ciężkich w aspekcie bezpieczeństwa ekologicznego na przykładzie ogródków działkowych w Warszawie

Omówienie
LEAD

W artykule przedstawiono wyniki badań zawartości metali ciężkich w wierzchniej warstwie gleby oraz liściach sałaty, uznawanej za reprezentatywną, konsumpcyjną roślinę wskaźnikową, pochodzących z ogródków działkowych położonych pomiędzy dużymi arteriami komunikacyjnymi prawobrzeżnej Warszawy.

This paper presents the results of the heavy metal content in the layers of soil and the lettuce leaves, a plant considered to be a representative consumption indicator, coming from the allotments located between the large arteries of traffic on the right-bank of Warsaw.

Słowa kluczowe: metale ciężkie, zanieczyszczenia, gleby, bezpieczeństwo ekologiczne.

Keywords: heavy metals, dirt, soil, ecological safety.

1. Wstęp

Silna antropopresja występująca w środowisku o wysokim stopniu urbanizacji jest przyczyną występowania w nim wielu zaburzeń. Szczególnie w środowisku wielkomiejskim poważnym zagrożeniem dla bezpieczeństwa ekologicznego jest zanieczyszczenie miejskich gleb metalami ciężkimi, których źródłem są antropogeniczne emisje w postaci gazów, pyłów, aerozoli i ścieków z instalacji przemysłowych, zakładów energetycznych oraz dróg komunikacyjnych [Binggan i inni, 2010].

Stan środowiska glebowego na terenach zurbanizowanych ma charakter typowo losowy i zależy przede wszystkim od: rodzaju zagospodarowania przestrzennego, ukształtowania danego obszaru oraz stopnia uprzemysłowienia [Hjortenkranz i inni, 2006].

W dużych miastach o gęstej sieci komunikacyjnej, ruch samochodowy jest głównym źródłem emisji metali ciężkich. Obecność metali w glebach miejskich

ze źródeł komunikacyjnych jest związana z procesami spalania etyliny i oleju napędowego oraz ścieraniem nawierzchni asfaltu, opon samochodowych i zużywających się części eksploatacyjnych pojazdów samochodowych.

Skażenie metalami ciężkimi gleb usytuowanych w sąsiedztwie ruchliwych arterii występuje przede wszystkim w dzielnicach dużych miast o wysokim stopniu zaludnienia i gęstej sieci komunikacyjnej, gdzie na niewielkich obszarach porusza się bardzo duża liczba pojazdów samochodowych [Chłopek, 2002].

Rozprzestrzenianie się metali ciężkich, pochodzących ze źródeł komunikacyjnych, zachodzi w wyniku działania różnych mechanizmów, do których można zaliczyć: transport przez wiatr i wody naturalne. Przenoszenie spalin samochodowych, zawierających pyły bogate w metale ciężkie, zależy od wysokości, na jakiej się unoszą, rozmiaru ich cząstek oraz czynników klimatycznych.

Emitowane do atmosfery metale mieszają się z otaczającym powietrzem. Proces ten powoduje ujednoczenie ich stężeń w turbulentnej warstwie atmosfery. Rozpraszanie w płaszczyźnie poziomej na obszarach niezabudowanych nie jest w zasadzie hamowane i zachodzi znacznie szybciej niż mieszanie w płaszczyźnie pionowej [Walczak, 2008].

Na obszarach zurbanizowanych o zwartej zabudowie przestrzennej zanieczyszczenia komunikacyjne nie mogą szybko i swobodnie przemieszczać się, co w rezultacie jest przyczyną spotykanych często bardzo wysokich stężeń metali ciężkich w miejskim powietrzu atmosferycznym [Suna i inni, 2010].

Systematycznie wzrasta liczba prywatnych samochodów osobowych oraz nasila się ruch tranzytowy, co w konsekwencji zwiększa natężenie ruchu drogowego. Problem motoryzacyjnego skażenia metalami ciężkimi środowiska glebowego na terenie Warszawy, występuje praktycznie na terenie wszystkich dzielnic, szczególnie jest dotkliwy w Śródmieściu i w dzielnicy Praga Południe [GUS, 2011].

Skażenie gleb metalami ciężkimi jest rzadko widoczne, natomiast charakteryzuje się bardzo niebezpiecznymi, nieraz opóźnionymi w czasie, negatywnymi skutkami z punktu widzenia ekotoksykologii środowiska. Adsorpcyjne i buforujące właściwości gleb powodują, że wszystkie metale ciężkie są w niej silnie kumulowane.

W środowisku wodno-glebowym nie ulegają one degradacji na drodze chemicznej oraz biologicznej. Występuje natomiast zjawisko zmiany form występowania metali ciężkich – na skutek zachodzących w glebie złożonych procesów fizyczno-chemicznych i biologicznych.

W wyniku długotrwałej antropopresji wykształcają się tzw. „gleby miejskie” o cechach morfologicznych i właściwościach chemicznych odmiennych od terenów rolniczych czy leśnych. Gleby miejskie są w znacznym stopniu przekształcone chemicznie, przez co nie zapewniają odpowiednich warunków do rozwoju roślinności. Głównymi przyczynami chemicznego przekształcenia gleb są: zakwaszenie, alkalizacja, zasolenie, obecność wysokich stężeń fitotoksycznych metali ciężkich i substancji ropopochodnych. Nagromadzone w wysokich

stężeniach, w roztworze glebowym, metale ciężkie w formach łatwo dostępnych dla roślin, są głównym źródłem zagrożenia bezpieczeństwa ekologicznego na terenach zurbanizowanych.

Rośliny są najważniejszym ogniwem w łańcuchu pokarmowym na drodze przemieszczania się metali ciężkich z gleby do organizmów zwierząt i ludzi, którzy pobierają je wraz z innymi pierwiastkami występującymi w roztworze glebowym w postaci jonów lub prostych związków kompleksowych [Gruca-Królikowska i inni, 2006]. Proces akumulacji metali w roślinach obejmuje trzy główne etapy: zwiększenie mobilności jonów metali, pobieranie ich i transport prowadzący do ich depozycji w roślinie.

Niekorzystne skutki zdrowotne regularnego spożywania produktów roślinnych skażonych metalami ciężkimi mogą ujawnić się po wielu miesiącach, a nawet latach. Nadmiar metali ciężkich w organizmie człowieka może wywoływać różnorodne procesy chorobowe, do których najczęściej należą: choroby nowotworowe związane z uszkodzeniem szpiku kostnego, uszkodzenie wątroby, choroby neurologiczne, dermatologiczne, uszkodzenia łańcuchów DNA i wiele innych [Zheng i inni, 2010].

Warszawa jest jednym z największych węzłów komunikacyjnych w Polsce, gdzie krzyżują się lokalne, krajowe i międzynarodowe trasy komunikacyjne. Długość sieci dróg na terenie miasta wynosi 2315,6 km. Klasycznym przykładem niepożądanego oddziaływania tras komunikacyjnych na środowisko glebowe są tereny działkowe położone w sąsiedztwie Trasy Łazienkowskiej, która jest główną arterią komunikacyjną, łączącą prawo- i lewobrzeżną Warszawę. W godzinach szczytu natężenie ruchu na tej trasie wynosi około 10 tys. pojazdów na godzinę. Jest to ponad dwukrotnie więcej niż planowano w latach 70. XX w. Szacuje się, że przez Trasę Łazienkowską przejeżdża średnio ponad 110 tys. samochodów na dobę [Kozieł, 2010].

W celu określenia wpływu emisji metali ciężkich z tras komunikacyjnych na poziom zanieczyszczenia gleb i wybranej rośliny testowej – sałaty, przeprowadzono badania na terenach ogródków działkowych, usytuowanych w Warszawie w dzielnicy Praga Południe, na których uzyskano zgodę ich właścicieli.

Najistotniejszym aktem prawnym dotyczącym ogródków działkowych jest ustawa z 8 lipca 2005 r. o rodzinnych ogródkach działkowych (DzU nr 169, poz. 1419). Określa ona między innymi dopuszczalne sposoby zagospodarowania działek przez ich właściciela oraz strukturę zarządzania rodzinnymi ogródkami działkowymi. Ustawa nie zawiera informacji, jakie powinny być standardy jakości gleb. Jedyna informacja na ten temat odsyła do przepisów o ochronie gruntów rolnych i leśnych oraz ochrony przyrody i środowiska. W ustawie zapisano, że ogródki mają służyć dobru ekologicznemu miasta i otoczenia, natomiast nie jest wspomniane o oddziaływaniu odwrotnym, tj. oddziaływaniu urbanizacji na jakość gleb działek. Prawo ochrony środowiska (ustawa z 27 kwietnia 2001 r., DzU nr 62, poz. 627) zawiera informację dotyczącą odpowiedzialności za okresowe ba-

dania gleb nałożoną na starostę. Zakres badań powinien być uzgodniony z Wojewódzkim Inspektorem Ochrony Środowiska a informacje o wynikach badań muszą być przekazywane przez starostę do inspektoratu.

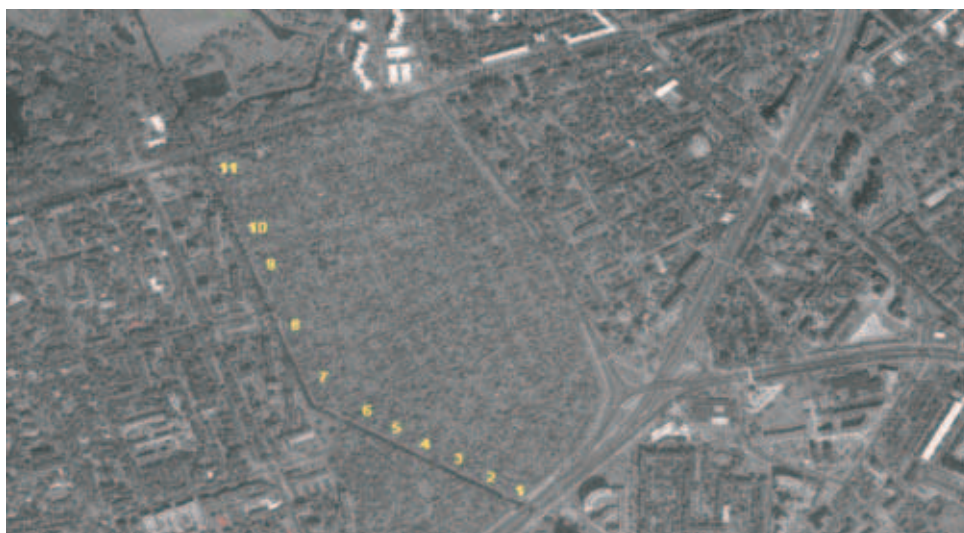
Podstawowym zamierzeniem badań nad określeniem poziomu całkowitych stężeń metali w glebach oraz ich form biodostępnych była ocena potencjalnego zagrożenia bezpieczeństwa ekologicznego na badanym terenie.

Na potrzeby niniejszej pracy przyjęto powszechnie stosowaną definicję bezpieczeństwa ekologicznego, która brzmi:

„Bezpieczeństwo ekologiczne, to takie kształtowanie stosunków naturalnych i społecznych w biosferze Ziemi, które tworzą właściwe warunki życia dla całej ludzkości, nie podważając zarazem podstaw życia na naszej planecie. Stanowi ono przeciwieństwo lokalnej i globalnej katastrofy ekologicznej, wyrażając porządek i ład panujący w środowisku, w którym żyje również człowiek” [Grosset, 2000].

2. Obiekty i metodyka badań

Obiektem badań przeprowadzonych w latach 2010–2012 były powierzchniowe warstwy gleby oraz liście sałaty, która uznawana jest za reprezentatywną, konsumpcyjną roślinę wskaźnikową. Badania były kontynuacją wcześniejszych, przeprowadzonych w latach 2008–2009. Próbkę do badań pobrano z obszaru ogródków działkowych, położonych na terenie prawobrzeżnej Warszawy, znajdujących się między ulicami: Trasa Łazienkowska, Międzynarodowa, Waszyngtona oraz Kinowa.



Rys. 1. Teren ogródków działkowych

Źródło: www.mapawarszawy.pl

Pracownicze ogródki działkowe zostały oddane do użytkowania w 1938 r. Zajmują obszar 32,085 ha i są bardzo zróżnicowane pod względem zabudowy przestrzennej oraz rolniczego zagospodarowania. Na większości z nich systematycznie uprawiane są rośliny konsumpcyjne, do których najczęściej należą: sałata, ogórki, marchew, buraki, dynia, pomidory, agrest, porzeczki. Bardzo często rosną na nich także drzewa owocowe – jabłonie, śliwy, czereśnie, wiśnie, a także orzechy.



Fot. 1, 2, 3, 4. Zróżnicowane zagospodarowania działek

Źródło: fot. Anna Dmochowska.

W podjętej pracy wytypowano 11 ogródków działkowych pod kątem analizy zawartości metali ciężkich w glebach oraz 5, z których pobrano liście sałaty. Punkty poboru prób były położone wzdłuż linii od Trasy Łazienkowskiej do ulicy Waszyngtona. Jako punkt „startowy” przyjęto teren ogródka działkowego, odległego od Trasy Łazienkowskiej o 20 m, na wysokości Przyczółka Grochowskiego. Badania zakończono w punkcie leżącym w odległości 30 m od ulicy Waszyngtona.

2.1. Metodyka badań

Badaniom poddano pyłową frakcję wierzchniej warstwy gleb (0–5 cm), pobranych z obszaru ($1 \times 1 \text{ m}^2$) a następnie uśredniono według standardowych procedur [Bednarek i inni, 2005]. Próbki do badań pobierano dwukrotnie w ciągu roku, w maju i wrześniu.

Oznaczeń całkowitych stężeń cynku, ołowiu i niklu dokonano metodą spektrometrii absorpcji atomowej z atomizacją płomieniową, zgodnie z PN EN 14082:2004, po mineralizacji mokrej za pomocą mieszaniny kwasu azotowego i nadchlorowego. Formy biodostępne metali ciężkich określono zgodnie z procedurą zalecaną przez Program Pomiarów i Testowania (MTP), zalecający ekstrakcję próbek gleb z wykorzystaniem 0,005 M roztworu EDTA [Dziadek i inni, 2005].

3. Omówienie wyników badań

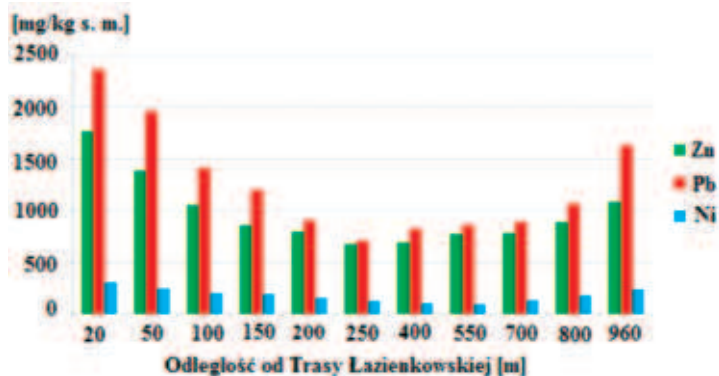
3.1. Wyniki badań gleb

Tabela 1. Wyniki badań całkowitych stężeń metali ciężkich w próbkach gleb (wartości średnie arytmetyczne)

Odległość od Trasy Łazienkowskiej [m]	Cynk [mg/kg s.m.]	Ołów [mg/kg s.m.]	Nikiel [mg/kg s.m.]
20	1769	2366	304,5
50	1389	1954	250,1
100	1056,5	1413,5	203,2
150	861,8	1199	196,2
200	794,3	902,7	151,9
250	679	708	126,7
400	688,7	824,5	104,3
550	772	856	96,4
700	786,5	889,4	131,5
800	891	1065	177
960	1084	1629,4	235,6

Przeprowadzone badania dotyczące ogólnego stężenia metali ciężkich w glebach, wykazały dość szerokie zakresy stężeń, wynoszące odpowiednio dla cynku: 1769–615,2, ołowiu: 2366–724,0 oraz dla niklu: 304,5–96,4 mg/kg s.m. (suchej masy).

Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach na podstawie wieloletnich, obszernych badań, określił graniczne zawartości metali ciężkich w glebach dla celów użytkowania rolniczego. Uwzględniając skład granulometryczny, klasyfikujący gleby ogródków działkowych jako „gleby średnie”, według przyjętych kryteriów w punktach poboru bezpośrednio przyległych do Trasy Łazienkowskiej i ulicy Waszyngtona można je zaliczyć do III oraz IV stopnia, obejmującego skalą gleby o średnim zanieczyszczeniu i gleby silnie zanieczyszczone metalami ciężkimi.



Wykres 1. Całkowite stężenia metali w próbkach gleb w funkcji odległości od Trasy Łazienkowskiej

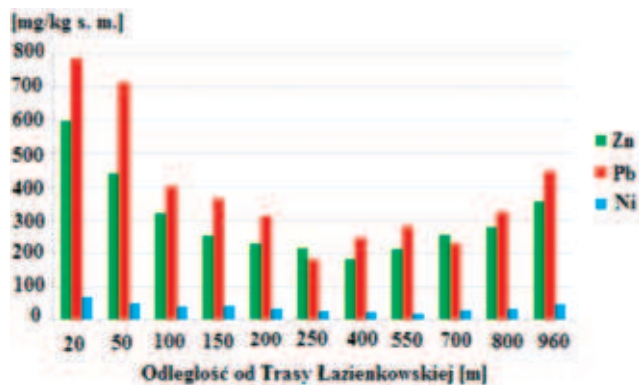
Zgodnie z rozporządzeniem ministra środowiska z 9 września 2002 r. (DzU nr 165, poz. 1359) badane gleby zakwalifikowano do grupy B, bowiem ich obecny status to tereny zurbanizowane. Wartości dopuszczalne dla cynku, ołowiu i niklu wynoszą odpowiednio: 300, 100 i 100 mg/kg s.m.

Uzyskane wyniki badań są zbliżone z podobnymi badaniami gleb ogródków działkowych, które zostały przeprowadzone w Kielcach [Świercz i inni, 2009] i wzdłuż odcinka drogi krajowej nr 4, w powiecie ropczycko-sędziszowskim [Filipek-Mazur i inni, 2007], jednak oznaczane tam poziomy stężenie metali były znacznie niższe.

Tabela 2. Wyniki badań biodostępnych form metali ciężkich w próbkach gleb (wartości średnie arytmetyczne)

Odległość od Trasy Łazienkowskiej [m]	Cynk [mg/kg s.m.]	Ołów [mg/kg s.m.]	Nikiel [mg/kg s.m.]
20	597,9	786,4	68,7
50	441,7	712,6	49,5
100	322,4	401,2	39,3
150	253,9	364,1	42,9
200	229,4	312,8	32,5
250	216,5	179,5	25,1
400	181,8	246,1	22,3
550	212,3	282,4	18,1
700	254,6	229,3	28,2
800	279,1	324,8	32,7
960	355,6	445,3	46,6

Stężenia form biodostępnych badanych metali ciężkich były na wszystkich punktach pomiarowych znacznie zróżnicowane i wynosiły odpowiednio: dla cynku od 33,8% do 26,4%, dla ołowiu od 35,1% do 24% i niklu od 22,6% do 18,3% w stosunku do stężeń całkowitych.



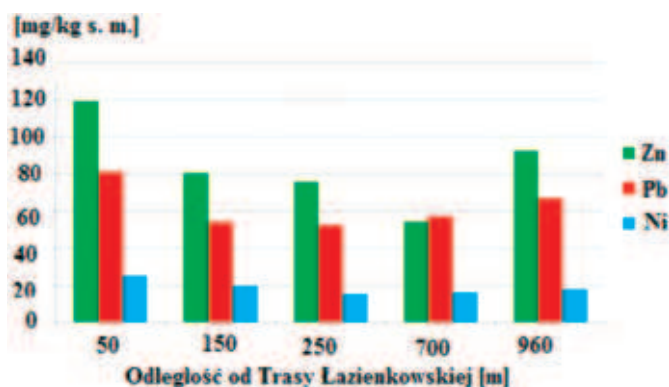
Wykres 2. Wyniki badań biodostępnych form metali ciężkich w próbkach gleb (wartości średnie arytmetyczne)

Na podstawie analizy wyników badań uzyskanych w 2011 i 2012 r., całkowite stężenia metali oraz ich formy biodostępne w glebach ogródków działkowych można uszeregować w następującej kolejności: Pb>Zn>Ni.

3.1. Wyniki badań liści sałaty

Tabela 3. Wyniki badań całkowitych stężeń metali ciężkich w liściach sałaty pobranych we wrześniu (wartości średnie arytmetyczne)

Odległość od Trasy Łazienkowskiej [m]	Cynk [mg/kg s.m.]	Ołów [mg/kg s.m.]	Nikiel [mg/kg s.m.]
50	119,3	81,1	25
150	80,4	54,1	19,7
250	75,7	52,2	15,1
700	54,6	57	16,2
960	92,6	66,9	17,8



Wykres 3. Całkowite stężenia metali w próbkach liści sałaty w funkcji odległości od Trasy Łazienkowskiej



Fot. 5. Sałata hodowana w ogródkach działkowych
Źródło: fot. Anna Dmochowska.

Oznaczone stężenia cynku, ołowiu oraz niklu we wszystkich przebadanych próbkach liści sałaty były na znacznie wyższym poziomie w stosunku do wartości zamieszczonych w rozporządzeniu ministra zdrowia z 13 stycznia 2003 r. (DzU nr 37, poz. 326). Maksymalne stężenia badanych metali wyniosły: Zn – 119,3; Pb – 81,1; Ni – 25,0 mg/kg s.m. Uzyskane wyniki są porównywalne ze stężeniami, jakie uzyskano w badaniach ogródków działkowych w Gdańsku i okolicach [Bielecka i inni, 2009].

4. Wnioski

1. Przeprowadzone badania próbek wierzchniej warstwy gleby oraz liści sałaty wykazały, że intensywna, ciągła emisja metali ciężkich, pochodząca z gęstej sieci tras komunikacyjnych, jest główną przyczyną ich kumulacji w glebach i roślinach konsumpcyjnych ogródków działkowych położonych na terenie Pragi Południe.
2. Niepokojąco wysokie stężenia metali ciężkich w badanych próbkach gleb oraz wysoką ich biodostępność wykazano szczególnie w punktach poboru prób położonych w bezpośrednim sąsiedztwie Trasy Łazienkowskiej i ulicy Waszyngtona. Fakt ten powoduje powstawanie potencjalnych zagrożeń, które niekorzystnie wpływają na bezpieczeństwo ekologiczne oraz zdrowie użytkowników działek, będących konsumentami żywności o podwyższonym stężeniu metali ciężkich.
3. Uzyskane średnie arytmetyczne wartości stężeń metali ciężkich w glebach ogródków działkowych porównano z wartościami dopuszczalnymi dla gleb z grupy B wg rozporządzenia ministra środowiska z 9 września 2002 r. Stężenia badanych metali ciężkich przekraczały dopuszczalne normy.
4. Wytypowane do badań, pod kątem możliwości kumulacji metali ciężkich w roślinach konsumpcyjnych, liście sałaty, zawierały stężenia metali ciężkich w zakresach potwierdzających wpływ antropogenicznego zanieczyszczenia.

5. Uzyskane wyniki badań potwierdzają doniesienia literaturowe, według których zagrożenie skażeniem gleb i szaty roślinnej metalami ciężkimi na terenach silnie zurbanizowanych, uzależnione są głównie od natężenia ruchu pojazdów samochodowych i odległości od liniowych źródeł emisji. Nie potwierdzono jednak publikowanych danych wykazujących iż w odległości 150 m od szlaków komunikacyjnych, emisja metali ciężkich całkowicie zanika. Prawdopodobnie specyficzne położenie badanych ogródków działkowych, pomiędzy czterema ulicami o dużym nasileniu ruchu samochodowego, uniemożliwia taką obserwację. Niewątpliwie jednak Trasa Łazienkowska i ulica Waszyngtona są głównymi źródłami emisji metali ciężkich.
6. Obecny stan zanieczyszczenia metalami ciężkimi ogródków działkowych, położonych na terenie Pragi Południe, sugeruje konieczność przeprowadzenia dalszych, kompleksowych badań środowiska glebowego i szaty roślinnej na podobnych obszarach. Pozwolą one na ocenę stanu bezpieczeństwa ekologicznego oraz ocenę potencjalnego zagrożenia dla zdrowia użytkowników działek na obszarze całej Warszawy. Badania te będą w przyszłości mogły być pomocne w opracowaniu jednolitych procedur określania stopnia zagrożenia bezpieczeństwa ekologicznego.

LITERATURA

- [1] Bednarek R., Dziadowiec H., Pokojka U., Prusinkiewicz Z.: *Badania ekologiczno-gleboznawcze*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2005.
- [2] Bielecka A., Ryłko E., Bojanowska I.: Zawartość pierwiastków metalicznych w glebach i warzywach z ogródków działkowych Gdańska i okolic. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 2009, nr 40, s. 209–216.
- [3] Binggan Wei a,b, L.: Yang A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. *Microchemical Journal* 2010, nr 94, s. 99–107.
- [4] Chłopek Z.: *Ochrona środowiska naturalnego. Pojazdy samochodowe*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2002.
- [5] Dziadek K., Waclawek W.: Metale w środowisku Cz. I. Metale ciężkie (Zn, Cu, Ni, Pb, Cd) w środowisku glebowym. *Chemia Dydaktyka Ekologia Metrologia* 2005, nr 1–2, s. 33–44.
- [6] Główny Urząd Statystyczny. *Transport – wyniki działalności* 2011.
- [7] Filipek-Mazur B., Gondek K., Mazur K.: Zawartość metali ciężkich w glebach i roślinach z terenów zlokalizowanych wzdłuż odcinka drogi krajowej nr 4 w granicach powiatu ropczycko-sędziszowskiego. *Ecological Chemistry and Engineering* 2007, nr 5–6.
- [8] Grosset R.: *System Zarządzania Kryzysowego. Materiały XI Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej Inżynierii Wojskowej*. Tom I. Warszawa-Rynia 2000.
- [9] Gruca-Królikowska S., Waclawek W.: Metale w środowisku Cz. II. Wpływ metali ciężkich na rośliny. *Chemia Dydaktyka Ekologia Metrologia* 2006, nr 1–2, s. 41–56.

- [10] Hjortenkrans D., Bergback B., Haggerud A.: New metal emission patterns in road traffic environment. *Environmental Science and Technology* 2006, nr 117, s. 85–98.
- [11] Kozieł S.: Zagrożenia bezpieczeństwa cywilnego i ekologicznego spowodowane zanieczyszczeniem metalami ciężkimi środowiska glebowego miasta stołecznego Warszawa. Szkoła Główna Służby Pożarniczej. Praca magisterska 2010.
- [12] Suna Y., Zhoua, Q., Xiea X., Liua R.: Spatial, sources and risk assessment of heavy metal contamination of urban soils in typical regions of Shenyang. *China Journal of Hazardous Materials* 2010, nr 174 s. 455–462.
- [13] Świercz A., Sykała E.: Charakterystyka jakości gleb ogródków działkowych w Kielcach. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 2009, nr 40.
- [14] Walczak B.: Pyły drogowe jako potencjalne zagrożenie dla ekosystemów miejskich na przykładzie Zielonej Góry. Uniwersytet Zielonogórski. Praca doktorska 2008.
- [15] Zheng N. Liu J., Wang Q., Liang Z.: Health risk assessment of heavy metal exposure to street dust in the zinc smelting district. *Northeast of China Science of the Total Environment* 2010, 408 s. 726–733.

Dariusz DMOCHOWSKI
Anna DMOCHOWSKA
Mariusz SMOLARKIEWICZ
Joanna KUJAWA

Analysis of the Risks Associated with the Emissions of Heavy Metals in Terms of Environmental Safety for Example Allotments in Warsaw

Intense emission of heavy metals originating from a dense network of roads, located on the heavily urbanized areas is the cause of their accumulation in soils and consumption plants. Excessively high concentrations of heavy metals in the samples of soil show their high bioavailability especially in the sampling points in the immediate vicinity of the Łazienkowska and Washington Street. It gives a rise to potential hazards that adversely affect the ecological safety. In order to ensure the environmental safety of the study area of allotments, it seems necessary to take steps for the protection of the active soil, involving the prevention of its degradation and rational land use.

SUMMARY