

## Metale ciężkie w glebach Górnego Śląska – problem przeszłości czy aktualne zagrożenie?

*Heavy metals in the soils of Upper Silesia – a problem from the past or a present hazard?*

### **Streszczenie:**

#### *Wstęp*

*Górny Śląsk jest regionem, w którym w przeszłości prowadzona była intensywna działalność przemysłowa. W konsekwencji środowisko zostało znacznie obciążone wieloma szkodliwymi zanieczyszczeniami, w tym metalami ciężkimi. Metale ciężkie charakteryzują się bardzo długim okresem rozkładu w glebach, sięgającym niekiedy nawet kilkuset lat. Narażenie na kadm i ołów jest poważnym czynnikiem ryzyka zdrowotnego społeczeństwa.*

#### *Cel*

*Celem pracy była ocena zawartości metali ciężkich, takich jak: kadm, ołów i cynk, w glebach na obszarze Górnego Śląska, ze szczególnym uwzględnieniem terenów wokół budynków mieszkalnych, stanowiących miejsca zabaw dzieci oraz terenów pełniących funkcje wypoczynkowe i rekreacyjne. Badania służyły udzieleniu odpowiedzi na pytanie, czy zanieczyszczenie gleb Górnego Śląska metalami ciężkimi jest problemem przeszłości, czy też stanowi aktualne zagrożenie.*

#### *Materiał i metody*

*Pobrano 76 prób pochodzących z osiedli mieszkaniowych, terenów z zabudową jednorodzinną, ogródków działkowych i pól uprawnych. Zawartość metali ciężkich (Cd, Pb i Zn) oznaczono metodą optycznej spektrometrii emisyjnej z indukcyjnie sprzężoną plazmą (ICP OES).*

#### *Wyniki*

*Najwyższa średnia zawartość wszystkich badanych metali została wykazana w przypadku osiedli mieszkalnych zabudowanych blokami. Przekroczenie maksymalnej zawartości dopuszczalnej metali wykazano też w glebach pochodzących z osiedli domów jednorodzinnych oraz ogródków działkowych. W przypadku pól uprawnych koncentracja metali ciężkich w badanych glebach, za wyjątkiem jednego stanowiska, nie przekraczała maksymalnej zawartości dopuszczalnej.*

#### *Wnioski*

*Badane gleby w aglomeracji górnośląskiej charakteryzują się ogromnym zróżnicowaniem zanieczyszczenia metalami ciężkimi. Pomimo znacznego ograniczenia emisji metali do środowiska niektóre gleby nadal zawierają bardzo wysokie stężenia kadmu, ołowiu i cynku. Na terenach silnie zanieczyszczonych metalami ciężkimi należy podjąć działania służące ograniczeniu narażenia społeczeństwa. Władze samorządowe przed podjęciem decyzji dotyczącej sposobu zagospodarowania określonego terenu powinny dokonać kontroli zawartości metali ciężkich w glebach.*

### **Abstract:**

#### *Introduction*

*Upper Silesia is a region where intensive industrial activity was conducted in the past. As a consequence, the environment was significantly contaminated by many harmful pollutants, including heavy metals. Heavy metals decompose in the soil over a very long period of time, even up to several hundred years. The exposure to cadmium and lead is a serious public health risks factor.*

#### *Aim*

*The aim of this study was to evaluate the content of heavy metals such as cadmium, lead and zinc in soils of Upper Silesia, with particular emphasis on the areas around buildings, where children's playgrounds and other recreational areas are located. The study was performed in order to answer the question whether the heavy metals in the soils of Upper Silesia are a problem from the past or a present hazard.*

## Material and methods

The studied soils (76 samples) were collected from the housing estates of blocks of flats, properties with detached houses and gardens, allotment gardens, and agricultural fields. The content of heavy metals (Cd, Pb and Zn) was determined by optical emission spectrometry with inductively coupled plasma (ICP OES).

## Results

The highest mean content of all the metals studied were detected in the soils from residential districts consisting of blocks of flats. Excesses in the maximum allowable content of metals in soil were shown in the samples from the gardens of detached houses and from garden allotments. In the soils from the agricultural fields, the concentration of heavy metals, with the exception of one sampling point, do not exceed the maximum allowable content.

## Conclusions

The heavy metal content in the soils studied from Upper Silesia is very diverse. Despite a significant reduction in the emission of the metals into the environment, currently some of the soils still contain very high concentrations of cadmium, lead and zinc. In areas heavily polluted by heavy metals, it necessary to take the preventive actions in order to reduce the exposure of society to the metals. Local governments, before deciding on the land use plan of a particular area, should analyze the content of heavy metals in the soils.

**Słowa kluczowe:** metale ciężkie, Górny Śląsk, ryzyko zdrowotne

**Keywords:** heavy metals, Upper Silesia, health risks

Metale ciężkie, zaliczane są do grupy podstawowych zanieczyszczeń środowiska, stanowią szczególne zagrożenie dla zdrowia, a wiele z nich to uznane kancerogeny [1]. Jako czynniki toksyczne zaburzają prawidłowe czynności ludzkiego organizmu [2, 3]. Powyższy fakt oraz udokumentowane zjawisko przemieszczania się zanieczyszczeń w atmosferze na dalekie odległości, stał się powodem priorytetowego traktowania kadmu, ołowiu i rtęci w ramach Konwencji w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości (Genewa, 13 listopada 1979 r.).

Wraz z rozwojem przemysłu, zawartość metali ciężkich w różnych elementach środowiska sukcesywnie wzrasta, stanowiąc duże niebezpieczeństwo dla wszystkich organizmów [4, 5, 6]. Metale ciężkie wprowadzone do środowiska, oddziałują na wszystkie ogniwa łańcucha pokarmowego, tj. na drobnoustroje żyjące w glebie, rośliny i zwierzęta oraz na człowieka [7]. Rozkład metali ciężkich w glebach jest zróżnicowany, a ich większe koncentracje dotyczą w głównej mierze terenów uprzemysłowionych. W niektórych obszarach, w sąsiedztwie dawnych lub obecnych źródeł emisji zanieczyszczeń, gleby mogą być znacznie zanieczyszczone [8]. Właściwości adsorpcyjne gleb sprawiają, iż metale ciężkie są w glebie kumulowane i mogą w niej pozostawać przez wiele lat [9].

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. [10] w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi, określa wartości dopuszczalne stężeń zanieczyszczeń w glebie lub ziemi metalami ciężkimi oraz pozostałymi zanieczyszczeniami. Rozporządzenie to uwzględnia aktualne i planowane funkcje gleb i ziemi, a także dokonuje ich kwalifikacji do odpowiedniego zagospodarowania, uwzględniając podane w tym Rozporządzeniu wartości dopuszczalne.

Największą mobilność spośród metali ciężkich wykazuje kadm. Metal ten charakteryzuje się najwyższym wskaźnikiem bioakumulacji, jego zawartość w tkankach roślin może być znacznie większa w porównaniu z jego koncentracją w glebach. Średnia zawartość kadmu w glebach Polski wynosi 0,2 mg/kg [11]. W glebach o odczynie kwaśnym wzrasta jego biodostępność. Zanieczyszczenie gleb kadmem powodowane jest przez emisję pyłów metalonośnych, głównie z hutnictwa metali nieżelaznych, a także przez odpady komunalne i przemysłowe. Obszary użytkowane rolniczo mogą być również zanieczyszczone przez kadm pochodzący z nawozów sztucznych, np. fosforowych. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska, dopuszczalna zawartość kadmu w glebie nie powinna przekraczać 4 mg/kg s.m [10].

Średnia wartość naturalnej koncentracji ołowiu w glebach na terenie Polski wynosi 18 mg/kg, natomiast średnie stężenie tego metalu w glebach uprawnych Polski to 14 mg/kg [11]. Wyższe jego zawartości odnotowywane są w glebach ciężkich oraz w glebach organicznych [12]. Ołów jest w glebach mało mobilny, a przy odczynach zasadowych > 6,5 ulega unieruchomieniu. W glebach kwaśnych wykazuje większą rozpuszczalność i jest bardziej biodostępny dla roślin [11]. Obciążenie gleb ołowiem powodowane jest przede wszystkim działalnością przemysłową, głównie przez hutnictwo metali nieżelaznych. W przeszłości istotnym źródłem ołowiu w środowisku były również silniki samochodów spalinowych, gdyż stosowane w przeszłości paliwo zawierało czteroetylek ołowiu, który pełnił rolę środka przeciwstukowego. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska, dopuszczalna zawartość ołowiu w glebie wynosi 100 mg/kg s. m [10].

Zawartość cynku w glebach mieści się zazwyczaj w granicach 10-200 mg/kg s.m.i zmienia się w zależności od

typu i rodzaju gleb oraz zawartości substancji organicznych. Głównym antropogenicznym źródłem zanieczyszczenia gleb cynkiem jest przemysł górniczy i hutniczy [12]. Obok źródeł przemysłowych wyróżnia się również źródła komunalne, komunikacyjne, spływy z ulic [13], składowiska odpadów stałych [14], nawozy i środki ochrony roślin [15], a także pylenie i rozwiewanie hałd lub osadników przemysłowych [5]. Dane literaturowe wskazują, że w obszarach emisji zanieczyszczeń miejsko-przemysłowych stężenie cynku w glebach przekracza wartości normatywne (300 mg/kg s.m.). Cynk zaliczany jest do metali bardzo mobilnych w środowisku glebowym, a największą biodostępność Zn występuje w glebach kwaśnych [11].

Aglomeracja śląska to skupisko miast, na obszarze których zlokalizowane są liczne zakłady przemysłowe emitujące szkodliwe związki chemiczne, w tym metale ciężkie. Powodem znacznego obciążenia aglomeracji zanieczyszczeniami są również takie czynniki, jak: silnie rozwinięta sieć komunikacyjna oraz problem niskiej emisji pochodzącej z indywidualnych gospodarstw domowych. Na występujące w tym obszarze zanieczyszczenia narażona jest liczna grupa mieszkańców, szacowana na ponad 2 mln osób [16].

Pomimo systematycznego spadku emisji zanieczyszczeń pochodzących z działalności przemysłowej i energetycznej, niezbędne są dalsze działania w celu ograniczenia emisji, zwłaszcza z procesów spalania w gospodarce komunalnej (niska emisja). Wiele zanieczyszczeń (np. takich jak metale ciężkie) posiada charakter trwały, a przedostając się do środowiska, oddziałuje na nie w sposób niekorzystny przez bardzo długi czas. Spośród wszystkich elementów środowiska, szybkiemu samooczyszczeniu ulega w pierwszym rzędzie powietrze, następnie woda. Zanieczyszczenie gleb utrzymuje się przez najdłuższy czas, sięgając niekiedy nawet kilkuset lat [17].

W związku z tym, że na obszarze Górnego Śląska nadal aktualnym problemem jest obecność ponadnormatywnych zawartości metali ciężkich w glebach, metale kumulują się w lokalnie uprawianych warzywach, zarówno na terenie ogródków działkowych, ogrodów przydomowych, a także zlokalizowanych na obrzeżach miast aglomeracji śląskiej pól uprawnych. Niestety część mieszkańców Górnego Śląska spożywa warzywa pochodzące z lokalnych upraw. Fakt ten ma istotne znaczenie z punktu widzenia narażenia społeczeństwa na metale ciężkie, ponieważ główną drogą narażenia jest droga pokarmowa, która stanowi 60-70% pobrania metali przez organizm człowieka. Wraz z samymi warzywami i ziemniakami do organizmu trafia od 35 do 55% ołowiu oraz od 48 do 71% kadmu pobieranego drogą pokarmową [18]. Z drugiej strony, należy zwrócić uwagę na tzw. pozażywnościową pokarmową drogę narażenia na metale, która wiąże się

połykaniem cząstek pyłów, np. unoszących się w powietrzu. Tego typu sytuacje mają miejsce najczęściej na placach zabaw, na boiskach, których podłoże jest zanieczyszczone metalami. Problem dotyczy dzieci i młodzieży, którzy spędzają czas wolny w takich miejscach. W przypadku dzieci najmłodszych istnieje również ryzyko połykania zanieczyszczeń znajdujących się na powierzchni ich rąk, zabawek lub innych przedmiotów, które dzieci wkładają do ust [19]. Zagadnienie to ma o tyle istotne znaczenie, gdyż dzieci stanowią najbardziej wrażliwą grupę społeczną na działanie metali ciężkich. Przykładowo w wyniku narażenia dzieci na ołów dochodzi m.in. do zaburzeń ośrodkowego układu nerwowego, które objawiają się: problemami z koncentracją i nauką, obniżeniem ilorazu inteligencji (IQ) [20, 21], występują również zaburzenia wzrostu i osłabienie układu kostnego. Natomiast negatywnymi skutkami narażenia na kadm mogą być m.in.: uszkodzenia nerek [22], zmiany w układzie kostnym [23], a nawet nowotwory.

W związku z powyższymi faktami, w ramach niniejszej pracy postanowiono dokonać oceny zawartości metali ciężkich, takich jak: kadm, ołów i cynk, w glebach na obszarze aglomeracji śląskiej, ze szczególnym uwzględnieniem terenów wokół budynków mieszkalnych, stanowiących miejsce zabaw dzieci oraz terenów spełniających funkcje wypoczynkowe i rekreacyjne. Podjęto również próbę udzielenia odpowiedzi na pytanie, czy zanieczyszczenie gleb Górnego Śląska metalami ciężkimi jest problemem przeszłości, czy też stanowi aktualne zagrożenie.

## Material i metody

### *Charakterystyka miejsc podporu prób*

Próby gleb pobrano w latach 2011-2012 w aglomeracji śląskiej. Dokonano dokładnego opisu miejsc poboru: ich lokalizacji, charakteru użytkowania terenu oraz jego otoczenia. Łącznie analizie poddano 76 prób pochodzących z osiedli mieszkaniowych (trawniki, boiska, place zabaw), terenów z zabudową jednorodziną, ogródków działkowych i pól uprawnych (rys. 1). W przypadku każdego stanowiska, najpierw zebrano odrębnych 15-20 prób (głębokość do 20-25 cm) w kwadracie 1 m<sup>2</sup>, które następnie wymieszano ze sobą. Z tak przygotowanego materiału odważono 0,5 kg gleby, który poddano dalszemu postępowaniu.

### *Przygotowanie prób do pomiaru zawartości metali*

Pobrane próby gleby zmielono w taki sposób, aby tworzyły jednorodną próbę. W dalszej kolejności materiał został rozdrobniony, przesiany i wysuszony, a następnie poddany mineralizacji w mineralizatorze mikrofalowym Magnum II, przy użyciu spektralnie czystego kwasu azotowego.



## Pomiary odczynu gleby

Odczyn gleb określono potencjometrycznie w wodzie destylowanej przy użyciu pH-metru model CPC-401.

## Oznaczenie zawartości metali ciężkich

Zawartość metali ciężkich: Cd, Pb i Zn oznaczono metodą optycznej spektrometrii emisyjnej z indukcyjnie sprzężoną plazmą (ICP OES) model Integra XL. Oznaczenia dokonano przy następujących długościach fal: dla kadmu 228,802 nm, dla ołowiu 220,353 nm, dla cynku 213,856 nm oraz zastosowano dynamiczną korekcję tła. Dla każdego oznaczenia wykonano trzy powtórzenia. Średni współczynnik zmienności dla każdej próby wynosił: dla Pb <2%, dla Cd <3%, dla Zn <1%. Oceny poprawności uzyskanych wyników dokonano poprzez zastosowanie analitycznego materiału odniesienia: Gleba S-1 (sporządzona przez Wydział Fizyki i Techniki Jądrowej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie).

## Opracowanie wyników

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej w oparciu o procedury dostępne w oprogramowaniu Microsoft Excel. Do prezentacji wyników zastosowano tabele zawierające następujące parametry: liczebność próby, minimalne i maksymalne stężenie metalu, wartość średnią stężenia, medianę oraz współczynnik zmienności.



Rys. 1. Miejsca poboru prób gleby  
Fig. 1. Soil sampling points

## Wyniki

### Odczyn w badanych glebach

Odczyn gleby we wszystkich badanych próbach mieścił się w zakresie pH od 4,4 do 8,6. W trzech próbach stwierdzono odczyn bardzo kwaśny, w ośmiu próbach

kwaśny, w następnych ośmiu lekko kwaśny, w trzydziestu sześciu – obojętny, a w dwudziestu jeden próbach – alkaliczny.

### Zawartość metali ciężkich w badanych glebach pochodzących z osiedli mieszkalnych

Zawartość kadmu w badanych glebach pochodzących z osiedli mieszkalnych mieściła się w szerokich granicach od 0,18 mg/kg s.m. do 63,19 mg/kg s.m. Mediana zawartości kadmu wynosiła 9,09 mg/kg s.m., a współczynnik zmienności 120,15% (tab. 1). Wartość normatywna stężenia Cd dla gruntów grupy B, określona w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z 2002 roku (4 mg/kg s.m.), przekroczona była w 22 próbach.

Zawartość ołowiu mieściła się w granicach od 39,93 mg/kg s.m. do 2956,5 mg/kg s.m. Mediana zawartości ołowiu wynosiła 252,94 mg/kg s.m., a współczynnik zmienności 136,63% (tab. 1). Wartość normatywna stężenia ołowiu dla gruntów grupy B (100 mg/kg s.m.) przekroczona była aż w 25 próbach.

Stężenie cynku w glebie mieściło się w przedziale od 129,56 mg/kg s.m. do 8599,78 mg/kg s.m. Mediana zawartości cynku wynosiła 901,38 mg/kg s.m., zaś współczynnik zmienności – 111,27% (tab. 1). Wartość normatywna stężenia cynku wynosząca, według Rozporządzenia z 2002 roku, 300 mg/kg s.m., przekroczona była aż w 31 próbach.

Tab. 1. Zawartość Cd, Pb i Zn w glebach pochodzących z osiedli mieszkalnych

Tab. 1. The content of Cd, Pb and Zn in soils from residential areas

Parametr	Cd	Pb	Zn
min (mg/kg s.m.)	0,18	39,93	129,56
max (mg/kg s.m.)	63,19	2956,50	8599,78
średnia (mg/kg s.m.)	15,48	486,17	1638,63
mediana	9,09	252,94	901,38
współczynnik zmienności (%)	120,15	136,63	111,27
liczba prób	30	30	30

### Zawartość metali ciężkich w badanych glebach pochodzących z terenów z zabudową jednorodziną

Zawartość kadmu w badanych glebach terenów z zabudową jednorodziną mieściła się w przedziale od 0,9 mg/kg s.m. do 25,4 mg/kg s.m. Mediana zawartości kadmu wynosiła 1,84 mg/kg s.m., a współczynnik zmienności 146,04% (tab. 2). Wartość normatywna przekroczona była w 5 próbach.

Zawartość ołowiu przyjmowała wartości w przedziale od 45,96 mg/kg s.m. do 651,11 mg/kg s.m. Mediana zawartości ołowiu wynosiła 244,23 mg/kg s.m., a współczynnik zmienności – 90,29% (tab. 2). W sześciu próbach

stwierdzono zawartości przekraczające wartość dopuszczalną stężenia ołowiu przewidzianą w Rozporządzeniu.

Zawartość cynku w badanych próbach gleb mieściła się w granicach od 119,2 mg/kg s.m. do 1700,0 mg/kg s.m. Mediana zawartości cynku wynosiła 388,37 mg/kg s.m., a współczynnik zmienności 102,7% (tab. 2). Wartość normatywna stężenia cynku dla gruntów grupy B przekroczone była aż w siedmiu próbach.

Tab. 2. Zawartość Cd, Pb i Zn w glebach terenów z zabudową jednorodzinną

Tab. 2. The content of Cd, Pb and Zn in soils from areas with detached houses

Parametr	Cd	Pb	Zn
min (mg/kg s.m.)	0,90	45,96	119,20
max (mg/kg s.m.)	25,40	651,11	1700,00
średnia (mg/kg s.m.)	6,06	267,48	524,85
mediana	1,84	244,23	388,37
współczynnik zmienności (%)	146,04	90,29	102,70
liczba prób	7	7	7

*Zawartość metali ciężkich w badanych glebach pochodzących z ogrodów działkowych*

Koncentracja kadmu w próbach gleb pochodzących z ogrodów działkowych mieściła się w przedziale od 2,13 mg/kg s.m. do 40,87 mg/kg s.m. Mediana zawartości kadmu wynosiła 6,8 mg/kg s.m., a współczynnik zmienności 98,8% (tab. 3). Wartość normatywna stężenia kadmu przekroczone była w siedmiu próbach.

Zawartość ołowiu w badanych glebach mieściła się w granicach od 56,59 mg/kg s.m. do 865,5 mg/kg s.m. Mediana zawartości ołowiu wynosiła 183,19 mg/kg s.m., a współczynnik zmienności 94% (tab. 3). Wartość normatywna stężenia ołowiu dla gruntów grupy B przekroczone była w ośmiu próbach.

Zawartość cynku w badanych glebach wynosiła od 178,68 mg/kg s.m. do 1805,0 mg/kg s.m. Mediana zawartości cynku nie przekraczała tysiąca mg/kg (965,96 mg/kg s.m.), a współczynnik zmienności wynosił 56,61% (tab. 3). W ośmiu przypadkach stwierdzono zawartości przekraczające wartość dopuszczalną stężenia cynku przewidzianą w Rozporządzeniu [10].

Tab. 3. Zawartość Cd, Pb i Zn w glebach z ogrodów działkowych

Tab. 3. The content of Cd, Pb and Zn in soils from allotments

Parametr	Cd	Pb	Zn
min (mg/kg s.m.)	2,13	56,59	178,68
max (mg/kg s.m.)	40,87	865,50	1805,00
średnia (mg/kg s.m.)	12,51	238,19	939,85
mediana	6,80	183,19	965,96
współczynnik zmienności (%)	98,80	94,00	56,61
liczba prób	8	8	8

*Zawartość metali ciężkich w badanych glebach pochodzących z pól uprawnych*

Zawartość kadmu w próbach gleb pochodzących z pól uprawnych wynosiła maksymalnie 1,67 mg/kg s.m. Mediana dla koncentracji kadmu wynosiła 0,54 mg/kg s.m., a współczynnik zmienności 87,88% (tab. 4).

Zawartość ołowiu w badanych glebach mieściła się w granicach od 20,0 mg/kg s.m. do 110,52 mg/kg s.m. Mediana zawartości ołowiu wynosiła 46,47 mg/kg s.m., a współczynnik zmienności 42,99% (tab. 4). Wartość normatywna stężenia ołowiu dla gruntów grupy B przekroczone była w jednej próbie.

Natomiast zawartość cynku w próbach pochodzących z pól uprawnych przyjmowała wartości od 25,62 mg/kg s.m. do 221,35 mg/kg s.m. Mediana zawartości cynku wynosiła 121,43, a współczynnik zmienności 42,63% (tab. 4). Nie stwierdzono zawartości przekraczającej wartość dopuszczalną stężenia cynku przewidzianą w Rozporządzeniu [10].

Tab. 4. Zawartość Cd, Pb i Zn w glebach z pól uprawnych

Tab. 4. The content of Cd, Pb and Zn in soils from agricultural fields

Parametr	Cd	Pb	Zn
min (mg/kg s.m.)	Poniżej progu detekcji	20	25,62
max (mg/kg s.m.)	1,67	110,52	221,35
średnia (mg/kg s.m.)	0,66	45,92	120,36
mediana	0,54	46,47	121,43
współczynnik zmienności (%)	87,88	42,99	42,63
liczba prób	27	27	27

Wartość współczynnika zmienności dla stężeń analizowanych metali ciężkich była najwyższa w próbach pochodzących z osiedli mieszkalnych oraz z terenów z zabudową jednorodzinną, co uwarunkowane jest ogromnym zróżnicowaniem wyników. Stężenia metali w niektórych próbach są niskie. Natomiast w innych wielokrotnie przekraczają wartości określone w Rozporządzeniu. W obrębie jednego obszaru poboru prób (np. danego osiedla mieszkalnego) współczynniki zmienności badanych metali są zbliżone.

W zaprezentowanych tabelach nie uwzględniono kilku prób, z uwagi na bardzo wysokie wartości stężeń metali. Niewykluczenie z analiz powyższych prób, w sposób znaczący wpłynęłoby na wartości poszczególnych parametrów, fałszywie je zawyżając. W przypadku terenów osiedli mieszkalnych mowa o dwóch próbach, pochodzących z obszaru Katowic-Szopienic. W jednej z nich koncentracja ołowiu sięgało 11 408,6 mg/kg s.m., kadmu 430,88 mg/kg s.m., a cynku 23 684 mg/kg s.m. W kolejnej próbie zawartość ołowiu wyniosła 8 718,94 mg/kg s.m., kadmu 26,48; a cynku 10 499,75 mg/kg s.m. W analizie

prób pochodzących z obszarów z zabudową jednorodziną nie uwzględniono jednej próby, w której stężenie ołowiu wyniosło 7 724,0 mg/kg s.m., kadmu 225,8 mg/kg s.m., a cynku 14 025,0 mg/kg s.m. Z analizy gleb pochodzących z ogrodów działkowych wyłączono jedną próbkę pochodzącą z Katowic-Szopienic (z zawartością 15 305,0 mg Pb/kg s.m., 19,62 mg Cd/kg s.m., 1 805,0 mg Zn/kg s.m.) oraz jedną z terenu Rudy Śląskiej (z zawartością 6 448,0 mg Zn/kg s.m., 865,5 mg Pb/kg s.m., 40,87 mg Cd/kg s.m.).

Przekroczenia dopuszczalnych zawartości metali w glebach najczęściej dotyczyły stężeń cynku (97% prób gleb pochodzących z osiedli mieszkalnych, 88% prób gleb pochodzących z terenów z zabudową jednorodziną oraz 89% prób gleb z ogrodów działkowych, natomiast w żadnej z prób pochodzącej z terenów pól uprawnych nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnej zawartości cynku). Ponadnormatywną zawartość kadmu stwierdzono w 38% wszystkich prób, a ponadnormatywne stężenie ołowiu, w co drugiej badanej próbce.

## Dyskusja

Wyniki niniejszej pracy wskazują, że koncentracja metali ciężkich na analizowanym obszarze jest bardzo zróżnicowana i w wielu miejscach wielokrotnie przekracza maksymalną wartość dopuszczalną ustaloną w Rozporządzeniu [10]. Najwyższa średnia zawartość wszystkich badanych metali została wykazana w przypadku osiedli mieszkalnych zabudowanych blokami z tzw. wielkiej płyty. Średnia koncentracja kadmu, ołowiu i cynku w tych obszarach przekraczała maksymalne wartości dopuszczalne. Badane próby pochodziły zarówno z trawników znajdujących się przed budynkami, placów zabaw oraz z boisk, a więc miejsc, w których swój wolny czas spędzają dzieci. W przypadku tych terenów niezwykle ważny jest charakter nawierzchni gleby. Jeżeli teren taki nie jest pokryty trawą, ani żadnym innym zabezpieczeniem następuje tzw. wtórna emisja metali polegająca na unoszeniu się cząstek pyłów zawierających metale ciężkie z powierzchni podłoża [24]. Unoszący się pył jest wdychany przez najmłodszych spędzających czas na podwórku. Ponadto, zabawy dzieci najczęściej wiążą się z intensywnym ruchem, co dodatkowo zwiększa ich narażenie na unoszony w powietrzu pył zawierający szkodliwe metale ciężkie, gdyż podczas wysiłku fizycznego wzrasta wielkość wentylacji płuc. Dlatego też, ważną rolę mają do spełnienia władze samorządowe oraz administracja spółdzielni mieszkaniowych, które muszą zwracać uwagę na charakter podłoża boisk i placów zabaw. Dobrym rozwiązaniem jest zastosowanie nawierzchni syntetycznej (zawierającej kauczuk), sztucznej trawy lub w przypadku ograniczonych środków posadzenie trawy i sukcesywne uzupełnianie ewentualnych jej ubytków. Do tańszych rozwiązań można też zaliczyć

zastosowanie wiór drzewnych, kory, żwiru oraz piasku. Wymagają one jednak uzupełniania lub systematycznej wymiany. W przypadku piasku pochodzącego z badanych piaskownic nie wykazano wysokich koncentracji metali, co świadczy o regularnej jego wymianie. Jak wskazują dane literaturowe, tego typu działania pozwalają skutecznie zmniejszyć narażenie dzieci np. na ołów [25].

Kolejnym rodzajem terenów, w których średnia zawartości analizowanych metali w glebach przekraczała wartości normatywne są osiedla domów jednorodzinnych oraz ogródki działkowe. Wokół wolnostojących domów jednorodzinnych znajdują się najczęściej ogrody, dlatego też wspólnym mianownikiem dla tych obszarów jest prowadzenie upraw owoców i warzyw na własne potrzeby ich właścicieli. Warzywa stanowią najważniejsze źródło narażenia człowieka na rozpatrywane w niniejszej pracy metale ciężkie. Najbardziej skuteczną metodą zmniejszenia ryzyka zdrowotnego właścicieli ogrodów jest całkowite zaniechanie upraw warzyw. Istnieje również możliwość podjęcia zabiegów agrotechnicznych, które będą zmniejszały biodostępność metali, czyli ograniczą ich kumulację w warzywach. Należy do nich wapnowanie, które podwyższa pH gleb, a tym samym zmniejsza mobilność metali. Kolejnym zabiegiem jest stosowanie nawozów naturalnych, np. kompostu, obornika lub nawozów zielonych bogatych w materię organiczną, która wykazuje zdolność wiązania obecnych w glebach jonów metali. Skutecznym sposobem zmniejszającym zabrudzenia warzyw jest mulczowanie (ściółkowanie) gleby, które polega na przykryciu gleby podłożem złożonym z trawy, słomy, trocin, kory, wiór itp. W ten sposób rośliny nie dotykają podłoża np. liście sałaty i nie brudzą się ziemią [18]. Użytkownicy ogrodów powinni zrezygnować z uprawy gatunków warzyw silnie kumulujących metale ciężkie na rzecz gatunków pobierających niewielkie ilości metali z gleb. Do najsilniej kumulujących warzyw zalicza się: marchew, sałatę, kapustę, seler oraz pietruszkę. W ich miejsce należy wprowadzić uprawy takich warzyw, jak: groch, fasola, soja, ogórek, dynia, kabaczek, pomidor, papryka czy bakłażan [18]. Ważne są również zachowania konsumentów poprzedzające spożycie warzyw, które pozwolą zmniejszyć wielkość narażenia na metale poprzez ich dokładne mycie oraz obieranie ze skórki. Czynności te mogą zmniejszyć zawartość metali nawet o 80% [18].

W związku z dużymi zdolnościami kumulacji metali przez marchew [26] oraz ze względu na fakt, że warzywo to stanowi istotny składnik diety niemowląt i małych dzieci, rodzice powinni być świadomi, aby nie karmić potomstwa tym warzywem uprawianym we własnym ogrodzie, na glebie o nieznannej zawartości metali ciężkich. Istnieje bowiem ryzyko poważnego narażenia dzieci, w przypadku których każda najmniejsza ilość ołowiu jest czynnikiem ryzyka wystąpienia poważnych zaburzeń zdrowotnych [27].



W przypadku badanych gleb pochodzących z pól uprawnych koncentracja metali ciężkich, za wyjątkiem jednego stanowiska, nie przekraczała maksymalnej zawartości dopuszczalnej. Jednak fakt ten nie gwarantuje, że uprawiane w tym obszarze warzywa będą zawierały metale w stężeniach normatywnych. Tym bardziej, że gleby pochodzące z niektórych stanowisk charakteryzowały się odczynem bardzo kwaśnym. Dlatego też, rolnicy powinni, podobnie jak użytkownicy ogrodów, stosować regularne wapnowanie i nawożenie gleb nawozami organicznymi.

Ze względu na wykazane w niniejszej pracy duże zróżnicowanie zanieczyszczenia gleb aglomeracji śląskiej metalami ciężkimi bardzo ważną rolę w zakresie zarządzania ryzykiem zdrowotnym społeczeństwa spełniają władze samorządowe, które przed podjęciem decyzji dotyczących zagospodarowania przestrzennego powinny dokonać analizy zawartości metali ciężkich w glebach. W przypadku wykazania wysokich koncentracji, tereny nie mogą być wykorzystywane np. na rzecz działalności ogródków działkowych, na terenie których wielu działkowców prowadzi uprawy warzyw. Bardziej właściwym rozwiązaniem będzie przeznaczenie tego obszaru na prowadzenie działalności przemysłowej, usługowej lub handlowej. Powierzchnia gleby powinna zostać pokryta nawierzchnią (np. asfaltem, betonem lub żwirem), która uniemożliwi unoszenie się pyłu metalonośnego [24]. Innym rozwiązaniem może być rekultywacja gleb, jednak procesy oczyszczania gleb są bardzo kosztowne i czasochłonne. Natomiast w przypadku tych terenów, które pomimo znacznego zanieczyszczenia są dotychczas użytkowane przez społeczeństwo (osiedla, boiska, ogrody i inne) należy w miarę możliwości wprowadzić wyżej opisywane zabezpieczenia mechaniczne. Równie istotne są działania edukacyjne prowadzone w społeczeństwie, które pozwolą mieszkańcom aglomeracji śląskiej zarządzać własnym ryzykiem zdrowotnym, w taki sposób, aby minimalizować narażenie na metale ciężkie, stanowiące wciąż aktualny problem tego regionu.

## Wnioski

1. Badane gleby w aglomeracji górnośląskiej charakteryzują się ogromnym zróżnicowaniem zanieczyszczenia metalami ciężkimi. Pomimo znacznego ograniczenia emisji metali do środowiska niektóre gleby nadal zawierają bardzo wysokie stężenia kadmu, ołowiu i cynku.
2. Na terenach silnie zanieczyszczonych metalami ciężkimi należy podjąć działania służące ograniczeniu narażenia społeczeństwa, w szczególności dzieci, np. poprzez zabezpieczenie powierzchni placów zabaw i boisk nawierzchniami ochronnymi, czy też poprzez zaprzestanie spożycia lokalnie uprawianych warzyw.
3. Władze samorządowe przed podjęciem decyzji dotyczącej sposobu zagospodarowania określonego terenu

powinny dokonać kontroli zawartości metali ciężkich w glebach.

## LITERATURA

- [1] Wojciechowska-Mazurek M., Starska K., Brulińska-Ostrowska E. i wsp.: Ocena zanieczyszczenia żywności pierwiastkami szkodliwymi dla zdrowia. *Bromatol Chem Toksykol* 2008; 41 (3): 468-474.
- [2] Poręba R., Gać P., Poręba M. i wsp.: Związek między przewlekłym narażeniem na ołów, kadm i mangan a wartością ciśnienia tętniczego oraz występowaniem nadciśnienia tętniczego. *Medycyna Pracy* 2010; 61 (1): 5-14.
- [3] Diatta J.B., Chudzińska E., Wirth S.: Assessment of heavy metal contamination of soils impacted by a zinc smelter activity. *J Elementol* 2008; 13 (1): 5-16.
- [4] Skerfving S.: Heavy Metal Toxicology. *Appl Radiat Isot* 1998; 49 (5/6): 697.
- [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; 10 (1-2): 33-44.
- [6] Dmochowski D., Dmochowska A.: Ocena zagrożeń związanych z emisją metali ciężkich z tras komunikacyjnych w aspekcie bezpieczeństwa ekologicznego na terenach o wysokim stopniu zurbanizowania. *Zeszyty Naukowe SGSP* 2011; 41.
- [7] Skerfving S., Kucharski J.: *Zesz Probl Post Nauk Roln* 2003, 492: 435-442.
- [8] Kaszubkiewicz J., Kawałko D.: Zawartość wybranych metali ciężkich w glebach i roślinach na terenie powiatu jeleniogórskiego. *Ochrona środowiska i zasobów naturalnych* 2009; 40: 177-189.
- [9] Dmochowski D., Prędecka A., Mazurek M., Pawlak A.: Ocena zagrożeń związanych z emisją metali ciężkich w aspekcie bezpieczeństwa ekologicznego na przykładzie ogródków działkowych w aglomeracji miejskiej. *Polski przegląd medycyny i psychologii lotniczej* 2011; 3 (17): 257-265.
- [10] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. Na podstawie art. 105 ust. 1 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony Środowiska (Dz. U. z 2001 r., Nr 62, poz. 627 i Nr 115, poz. 1229 oraz z 2002 r., Nr 74, poz. 676, Nr 113, poz. 984 i Nr 153, poz. 1271).
- [11] Kabata-Pendias A., Pendias H.: *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN, Warszawa 1999.
- [12] Kontrolne badania skażenia gleb metalami ciężkimi i siarką na terenie powiatu polkowickiego. *Pszczyna* 2010.
- [13] Maciejewska A., Kwiatkowska J.: The influence of anthropogenic factors on degradation of soil along highways as well as in the city of Warsaw. *First International Conference on Soils of Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas*, vol. III, s. 749-754, Universität-GH Essen 2000.
- [14] Greinert A.: Normy zawartości metali ciężkich w glebach w Polsce i UE w kontekście ich mobilności w warunkach presji urbanistycznej. [W:] *Ekotoksykologia w ochronie środowiska / red. B. Kołwzan, K. Grabas - [Wrocław]: Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych. Oddział Dolnośląski* 2008: 121-128.
- [15] Greinert A.: *Studia nad glebami obszaru zurbanizowanego Zielonej Góry*. Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego 2003; ISBN 83-89321-38-6.
- [16] Budzyński I.: *Powierzchnia i ludność w przekroju terytorialnym w 2011 r.* Główny Urząd Statystyczny. Departament Metodologii, Standardów i Rejestrow, ISBN 1505-5507, Warszawa 2011.
- [17] Kucharski R., Marchwińska E., Gzyl J., Wala B., Matula F., Strzępek P.: Ocena przydatności zanieczyszczonych terenów rolniczych do produkcji roślin jadalnych i paszowych. *Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych*. Katowice 1994.
- [18] Jarosz W.: *Bezpieczna produkcja warzyw i owoców w ogrodach działkowych*. Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych w Katowicach, Katowice 1995.
- [19] Kulka E.: Ocena narażenia dzieci na metale toksyczne. *Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych* (<http://ekologia-info.eu>).
- [20] Lidsky T.I., Schneider J.S.: Lead neurotoxicity in children: basic mechanisms and clinical correlates. *Brain*. 2003 Jan; 126(Pt 1):5-19.
- [21] Jakubowski M.: Low-level environmental lead exposure and intellectual impairment in children--the current concepts of risk assessment. *Int J Occup Med Environ Health*. 2011 Mar; 24(1):1-7. Epub 2011 Feb 16.
- [22] Nordberg G., Jin T., Wu X., Lu J., Chen L., Liang Y., Lei L., Hong F., Bergdahl I.A., Nordberg M.: Kidney dysfunction and cadmium exposure – Factors influencing dose-response relationships. *J Trace Elem Med Biol*. 2012 Jun; 26(2-3):197-200. Epub 2012 May 5.

- [23] Youness E., Mohammed N.A., Morsy F.A.: Cadmium impact and osteoporosis: Mechanism of action. *Toxicol Mech Methods*. 2012 Jun 18. [Epub ahead of print].
- [24] Young T.M., Heeraman D.A., Sirin G., Ashbaugh L.L.: Resuspension of soil as a source of airborne lead near industrial facilities and highways. *Environ Sci Technol*. 2002 Jun 1;36(11):2484-90.
- [25] Nielsen J.B., Kristiansen J.: Remediation of soil from lead-contaminated kindergartens reduces the amount of lead adhering to children's hands. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. 2005 May;15(3):282-8.
- [26] Gzyl J.: Lead and cadmium contamination of soil and vegetables in the Upper Silesia region of Poland. *Sci Total Environ*. 1990 Jul;96(1-2):199-209.
- [27] Centers for Disease Control and Prevention (CDC) Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention. Interpreting and managing blood lead levels < 10 microg/dL in children and reducing childhood exposures to lead: recommendations of CDC's Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention. *MMWR Recomm Rep*. 2007 Nov 2;56(RR-8):1-16.

HENRYK MACIOŁEK<sup>1</sup>, ANETTA ZIELIŃSKA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Filia w Piotrkowie Trybunalskim

<sup>2</sup> Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, WNE, Warszawa

## Aspekty bezpieczeństwa i higieny pracy w produkcji rolno-hodowlanej w świetle wybranych regulacji prawnych

*Aspects of occupational health and safety in agricultural production  
in the light of selected regulations*

### **Streszczenie:**

*Istotą bhp jest oddziaływanie informacyjno-dydaktyczne na rzecz poprawy bezpieczeństwa, higieny pracy i ochrony pracy w rolnictwie. Oddziaływanie to ma na celu uświadomienie społeczeństwu, że do prowadzenia indywidualnego gospodarstwa rolnego, oprócz umiejętności z dziedziny rolniczo-hodowlanej, mechaniczno-technologicznej niezbędna jest dostateczna wiedza o zagrożeniach występujących podczas wykonywania określonego rodzaju prac oraz wiedza o podstawowych zasadach bezpiecznej pracy. W definicji ochrony pracy mieści się również pojęcie bezpieczeństwa fizycznego i zagrożenia biologicznego pracy. W założeniach ogólnych za bezpieczeństwo pracy należy, więc uważać, działalność zmierzającą do ochrony pracownika, producenta, rolnika, hodowcę przed zagrożeniami wypadkowymi, czyli takimi, które w efekcie przyczyniają się do powstania urazu, spowodowanego przez czynnik zewnętrzny, m.in. biologiczny, fizyczny bądź chemiczny zaistniały w procesie pracy. Istotą bezpieczeństwa i higieny pracy przede wszystkim jest bezpieczna organizacja pracy przy przestrzeganiu bezpiecznych i racjonalnych zasad postępowania w danym środowisku.*

### **Abstract:**

*The essence of OHS is activities consisting in providing information and education conducive to the improvement of occupational health and safety as well as labour protection in agriculture. These activities aim at making society aware that running a privately owned farm requires, apart from technical skills related to growing crops and breeding livestock, knowledge of hazards associated with carrying out certain kinds of work and knowledge of the basic principles of safe work. The definition of labour protection also includes the notions of physical safety and biohazards. Consequently, work safety should be generally understood as an activity aimed at protecting employees, manufacturers, farmers, breeders against accidents, i.e., events resulting in an injury and caused by external factors, e.g. biological, physical and chemical ones, arising in the process of work. The essence of occupational health and safety is, first and foremost, safe organisation of work, combined with compliance with the rules of safe and rational behaviour in a given environment.*

**Słowa kluczowe:** przepisy, społeczeństwo, wymagania, rolnictwo, zasady bhp

**Keywords:** law, society, requirements, agriculture, health and safety at work