

## Pylenie wtórne z hałd i terenów przemysłowych jako istotne źródło narażenia mieszkańców Górnego Śląska na metale ciężkie

### Secondary emission from heaps and post-industrial areas as the important source of exposure of Upper Silesia inhabitants to heavy metals

Monika Rusin<sup>1 (a)</sup>, Małgorzata Ćwieliąg-Drabek<sup>1 (b)</sup>, Grzegorz Dziubanek<sup>1 (c)</sup>,  
Weronika Osmala<sup>(d)</sup>

<sup>1</sup> Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu, Katedra Zdrowia Środowiskowego,  
Zakład Środowiskowych Czynn timerów Zdrowia; Kierownik Zakładu: dr n. biol. G. Dziubanek

<sup>(a)</sup> przegląd piśmiennictwa i opracowanie tekstu

<sup>(b)</sup> pobór próbek środowiskowych

<sup>(c)</sup> nadzór merytoryczny

<sup>(d)</sup> pobór i analiza próbek gleby

#### STRESZCZENIE

**Wstęp.** Degradacja terenów przemysłowych jest jednym z głównych problemów ekologicznych. Wysoka zawartość metali ciężkich w glebach na tych terenach stanowi poważne zagrożenie dla zdrowia mieszkańców okolicznych osiedli. Celem pracy jest ocena narażenia na metale ciężkie drogą pożywieniową najmłodszej populacji mieszkańców wybranych miast Górnego Śląska.

**Materiał i metody.** Z obszaru Górnego Śląska pobrano 52 próbki gleby pochodzącej z terenów przemysłowych oraz hałd pokopalnianych, w tym z obszaru przeznaczanego do przeprowadzenia zabiegów rekultywacyjnych i rewitalizacyjnych (Ruda Śląska), a także z obszaru już poddanego tym zabiegom (Olkusz). Po oczyszczeniu, wysuszeniu i naważeniu próbek, przeprowadzono proces mineralizacji, a następnie oznaczono stężenie metali ciężkich (Cd, Pb i Zn) metodą emisyjnej spektrometrii atomowej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie ICP-OES. Oceny narażenia dzieci na metale ciężkie drogą pożywieniową dokonano na podstawie wytycznych US EPA, dotyczących metod obliczania wielkości dawek pobraną tą drogą, w zależności od wieku, masy ciała dziecka i czasu narażenia.

**Wyniki.** Największe przekroczenia wartości dopuszczalnych metali ciężkich w glebie zostały odnotowane w próbkach pobranych z terenu przemysłowego w Olkuszu, na którym obecnie usytuowany jest skatepark. Dla większości analizowanych przykładów, potencjalna dawka metalu ciężkiego (LADD) stanowiła wielokrotność tolerowanego tygodniowego spożycia (TWI) w przypadku kadmu lub dawki wyznaczającej (BMDL) w przypadku ołowiu.

**Wnioski.** Analiza stężenia metali ciężkich w pobranych próbkach gleby wykazała wielokrotne przekroczenie wartości dopuszczalnych w przypadku gleb pochodzących za-

równy z terenu hałd pokopalnianych, jak i terenu rekreacyjnego. Narażenie pozażywieniowe dzieci i młodzieży na tak wysokie stężenia metali ciężkich stanowi istotne ryzyko dla ich zdrowia.

**Słowa kluczowe:** teren przemysłowy, metale ciężkie, narażenie pozażywieniowe

#### ABSTRACT

**Introduction.** The degradation of post-industrial areas is one of the main ecological problems. The high content of heavy metals in soils in these areas is a serious threat to the health of residents of nearby settlements. The aim of the work is to assess the non-dietary ingestion exposure to heavy metals of the youngest population in selected cities of Upper Silesia.

**Material and methods.** 52 soil samples were collected from post-industrial areas and post-mining heaps, including the area intended for reclamation and revitalization operations (Ruda Śląska), as well as the area already subjected to these operations (Olkusz). After the samples were cleaned, dried, and weighed, the mineralization process was carried out, and the concentration of heavy metals (Cd, Pb and Zn) was determined by atomic emission spectrometry with inductively induced plasma (ICP-OES). The assessment of non-dietary exposure of children to heavy metals was made on the basis of the US EPA guidelines on the methods of calculating the dose, depending on the age, weight of the child, and the duration of exposure.

**Results.** The largest exceedances of tolerable levels of heavy metals in the soil have been recorded in samples taken from the post-industrial area in Olkusz, where

a skatepark is currently located. For most of the examples analyzed, the potential heavy metal dose (LADD) was a multiple of tolerable weekly intake (TWI) for cadmium or a desirable dose (BMDL) for lead.

**Conclusions.** The analysis of the concentration of heavy metals in the collected soil samples showed that the tolerable values were multiply exceeded for soils orig-

inating from both the post-mining heaps and the recreational area. Exposure of children and adolescents to such high levels of heavy metals is a significant risk to their health.

**Key words:** post-industrial area, heavy metals, non-dietary ingestion exposure.

## WSTĘP

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego ok. 0,4% powierzchni województwa śląskiego zajmują tereny zdewastowane i zdegradowane. Województwo to zajmuje pierwsze miejsce w kraju pod względem procentowego udziału obszarów silnie skażonych w powierzchni ogółem [1]. Wśród terenów cechujących się najwyższym stopniem dewastacji lub degradacji wyróżnia się hałdy pokopalniane oraz obszary przemysłowe, które niejednokrotnie usytuowane są w miastach, w pobliżu miejsc zamieszkania dużej liczby ludności [2]. Gleby występujące na wspomnianych terenach charakteryzują się wysoką, ponadnormatywną zawartością metali ciężkich, a znaczne rozdrobnienie i lotność ziaren stwarza ryzyko narażenia miejscowej ludności na pylenie wtórne [3].

Niektóre z obszarów przemysłowych po wprowadzeniu zabiegów rekultywacyjnych i rewitalizacyjnych znajdują zastosowanie jako tereny rekreacyjne i sportowe, stanowiące miejsce spędzania wolnego czasu zarówno osób dorosłych, jak i dzieci oraz młodzieży. Nie zawsze jednak wprowadzone zabiegi zagospodarowania terenu powodują obniżenie zawartości metali ciężkich w podłożu. Niejednokrotnie zdarza się, że na obszarze poddanym zabiegom naprawczym w dalszym ciągu stężenie metali ciężkich w glebach przekracza stężenia normatywne [3]. W miejscach, w których materiał glebowy jest sypki (ścieżki spacerowe, okolice bramek piłkarskich na boiskach, place zabaw – piaskownice, obszary przy zjeżdżalniach i huśtawkach) istnieje duże ryzyko narażenia osób tam przebywających na pylenie wtórne [3, 4]. Pylenie to jest bardziej intensywne szczególnie podczas zabaw ruchowych, dlatego w większym stopniu stwarza ryzyko narażenia na metale ciężkie wśród dzieci i młodzieży. Populacja osób najmłodszych stanowi grupę szczególnie wrażliwą na oddziaływanie czynników środowiskowych w porównaniu z osobami dorosłymi również poprzez predyspozycje fizyczne, takie jak: niski wzrost, specyficzne zachowania (wkładanie zanieczyszczonych przedmiotów do ust), szybsze tempo wchłaniania metali ciężkich w przewo-

dzie pokarmowym oraz wyższą dynamikę procesów życiowych [4].

Obszary hałd pokopalnianych niejednokrotnie zlokalizowane są w pobliżu osiedli mieszkaniowych. Nie osłonięte, częściowo porośnięte roślinnością, mogą stanowić miejsce spędzania wolnego czasu: spacerów oraz zabaw na świeżym powietrzu [5]. Przykład może stanowić teren hałdy w Rudzie Śląskiej, która jest usytuowana w centrum miasta. Obszar ten, obecnie będący miejscem uznanym przez lokalną społeczność za teren przeznaczony między innymi do spacerów z psami, jest objęty planem zagospodarowania, zgodnie z którym w niedalekiej przyszłości ma powstać w tym miejscu przestrzeń rekreacyjno-wypoczynkowa, a na niej między innymi: plac zabaw, górka saneczkowa, tor jazdy na rowerach, trasy spacerowe, taras widokowy oraz miejsce do grillowania [6]. W obecnej sytuacji, przed przeprowadzeniem koniecznych zabiegów rekultywacyjnych, rekreacyjne przebywanie na terenie hałdy może stanowić poważne zagrożenie dla osób spędzających tam dużą ilość czasu, szczególnie dzieci. Narażenie na pylenie wtórne podłoża silnie zanieczyszczonego metalami ciężkimi stanowi bowiem istotne ryzyko zdrowia dla osób przebywających na tym terenie [3].

Celem pracy jest ocena narażenia na metale ciężkie drogą pozażywnościową najmłodszej populacji mieszkańców wybranych miast Górnego Śląska. W pracy założono, że pylenie wtórne pochodzące z terenów przemysłowych oraz hałd pokopalnianych, stanowi istotne źródło ryzyka zdrowotnego osób bezpośrednio narażonych.

## MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły 52 próbki materiału glebowego, z czego 42 próbki pobrane zostały z hałd pokopalnianych zlokalizowanych w: Rudzie Śląskiej na ul. 1 Maja (10 próbek), Zabrze (8 próbek), Bytomiu (5 próbek), Jaworznie (4 próbki), Brzezinach Śląskich, Czeladzi, Łaziskach Górnych i Przezchlebiu (po 2 próbki) oraz w Brzozowicach Śląskich, Gliwicach, Jastrzębiu-Zdroju, Katowicach, Mysłowicach,

Radzionkowie i Siemianowicach Śląskich (po jednej próbce) oraz 10 próbek gleby pobranej z terenu przemysłowego w Olkuszu. Na terenie przemysłowym mieści się obecnie popularny wśród mieszkańców Olkusza skatepark, z którego 6 próbek pobrano z mieszczących się tam tras spacerowych i 4 próbki z placu zabaw.

Pobrano materiał przygotowany do procesu mineralizacji – próbki po oczyszczeniu z większych zanieczyszczeń, zostały wysuszone do stałej masy. Następnie z każdej z nich naważono 0,5 g materiału. Po dodaniu 8 ml spektralnie czystego kwasu azotowego, próbki zostały poddane procesowi mineralizacji w mineralizatorze mikrofalowym Ertec Magnum II (czas: 10 minut, ciśnienie 42–45 bar). Stężenia metali ciężkich (Cd, Pb i Zn) w próbkach gleby zostało oznaczone metodą emisyjnej spektrometrii atomowej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie ICP-OES, przy pomocy spektrometru ICP INTEGRA XL. Ponadto w każdej próbce gleby został oznaczony odczyn pH.

Oceny narażenia dzieci na metale ciężkie drogą pozazywieniową dokonano na podstawie wytycznych US EPA (US Environmental Protection Agency), dotyczących metod obliczania wielkości dawek pobranych tą drogą, w zależności od wieku, masy ciała dziecka i czasu narażenia. Wartości wykorzystane w obliczeniach – masa ciała dziecka, a także wielkości dziennego pobrania gleby drogą pokarmową ze źródeł pozazywieniowych, pochodziły z opracowania dotyczącego oceny narażenia, wydanego przez US EPA [7]. Narażenie obliczono dla dwóch grup wiekowych dzieci w wieku przedszkolnym (2–5 r.ż. włącznie) oraz szkolnym i młodzieży (6–18 r.ż. włącznie). Na potrzeby obliczeń założono, że okres przebywania dzieci i młodzieży na zewnątrz pomieszczeń trwa przeciętnie 7 miesięcy w roku (z wyłączeniem okresu jesienno-zimowego), przez maksymalnie 6 godzin dziennie.

Oceny narażenia dokonano na podstawie udziału obliczonej potencjalnej średniej dziennej dawki metalu ciężkiego (LADD – *Lifetime Average Daily Dose*), przyjętej drogą pokarmową wraz z glebą i kurzem przez dzieci w badanych dwóch grupach wiekowych w bezpiecznych dawkach PTWI (*Provisional Tolerable Weekly Intake*), TWI (*Tolerable Weekly Intake*), BMDL<sub>01</sub> (*Benchmark Dose*). Zgodnie z opinią EFSA (*European Food Safety Authority*) z 2011 roku, tolerowane tygodniowe pobranie (TWI) kadmu wynosi 2,5 µg/kg m.c. Opinia ta została uwzględniona w prawodawstwie europejskim, skutkując wprowadzeniem zmiany w dotychczasowym obowiązującym tolerowanym dopuszczalnym tygodniowym pobraniu (PTWI) dla kadmu, wynoszącym 7 µg/kg

m.c., a dla ołowiu – 25 µg/kg m.c. Obecnie ocenę ryzyka zdrowotnego indukowanego przez ołów przeprowadza się za pomocą dawki wyznaczającej BMD. Zalecana wartość odniesienia w ocenie narażenia dzieci na ołów (BMDL<sub>01</sub> – działanie neurotoksyczne) wynosi 0,5 µg/kg m.c./dzień [7].

W obliczeniach dotyczących określenia udziału potencjalnej pobranej przez dziecko dawki uwzględniono zarówno dotychczas stosowane w ocenie ryzyka wartości PTWI (Cd, Pb), jak i aktualnie obowiązującą wartość TWI (Cd) oraz dawkę wyznaczającą BMDL<sub>01</sub> (Pb). Potencjalną średnią dzienną dawkę (LADD<sub>gleba</sub>) metalu ciężkiego pobranego drogą pozazywieniową (wraz z glebą i kurzem) wyznaczono, korzystając z wzoru:

$$LADD_{gleba} = \frac{(C_{gleba} \cdot CF \cdot IR_{gleba} \cdot EF \cdot ED)}{(BW \cdot LT)}$$

gdzie:

LADD<sub>gleba</sub> – potencjalna średnia dzienna dawka metalu ciężkiego (Cd, Pb), przyjęta drogą pokarmową (droga pozazywieniowa) wraz z glebą i kurzem (mg/kg/dzień)

C<sub>gleba</sub> – stężenie metalu (Cd, Pb) w glebie (mg/g)

CF – współczynnik przeliczeniowy 0,001 mg/g

IR<sub>gleba</sub> – wielkość spożycia gleby (mg/dzień)

EF – częstotliwość narażenia (dni/rok)

ED – okres życia dziecka, w trakcie którego miało miejsce narażenie (lata)

BW – średnia masa ciała (kg)

LT – uśredniony czas narażenia (dni).

Parametry zastosowane w ocenie narażenia zawarte są w Tabeli I.

Tabela I. Parametry uwzględniane w ocenie narażenia dzieci i młodzieży na metale ciężkie drogą pozazywieniową. Opracowanie własne na podstawie [7, 8]

Table I. Parameters included in the assessment of exposure of children and adolescents to heavy metals by non-dietary ingestion exposure. Own elaboration based on [7, 8]

Parametr	Dzieci przedszkolne	Dzieci szkolne i młodzież
C <sub>gleba</sub> (mg/g)	Stężenie metali ciężkich (przekraczające dopuszczalne wartości) oznaczone w próbkach gleby	
IR <sub>gleba</sub> (mg/dzień)	100	
EF (dni/rok)	52,5	
ED (lata)	4 (2–5 r.ż. włącznie)	13 (6–18 r.ż. włącznie)
BW (kg)	17,4	51
LT (dni)	210 (52,5 dni × 4 lata)	683 (52,2 dni × 13 lata)

## WYNIKI BADAŃ

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 roku w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. 2016 poz. 1935) obszary przemysłowe sklasyfikowane są jako IV grupa gruntów, dla której maksymalne dopuszczalne wartości metali ciężkich wynoszą: dla kadmu – 15 mg/kg s.m., ołowiu – 600 mg/kg s.m., oraz cynku – 2000 mg/kg s.m. [9]. Spośród 42 próbek pobranych z terenu hałd pokopalnianych w 16 maksymalne dopuszczalne stężenie kadmu zostało przekroczone – od 15,3% (w przypadku jednej z próbek pobranej w Bytomiu) do 6534,0% (dla próbki pobranej z hałdy zlokalizowanej na terenie Zabrze). W 11 próbkach stężenie kadmu kształtowało się poniżej progu detekcji aparatury pomiarowej (p.p.d.). W żadnej z próbek pobranych na terenie hałdy położonej w Rudzie Śląskiej (objętej planem zagospodarowania) dopuszczalny poziom kadmu nie został przekroczony. W przypadku ołowiu aż w 22 próbkach gleby oznaczono wartości wysokie i bardzo wysokie, stanowiące od 13,1% do 2815,0% maksymalnej wartości dopuszczalnej ustalonej dla tego metalu. Spośród nich 9 próbek pochodziło z hałdy w Rudzie Śląskiej. W 15 próbkach pobranych z hałd pokopalnianych oznaczono także ponadnormatywną zawartość cynku (od 15,8 % do 3383,8% maksymalnej dopuszczalnej wartości); żadna z tych próbek nie pochodziła z hałdy zlokalizowanej w Rudzie Śląskiej (Tabela II).

Największe przekroczenia wartości dopuszczalnych metali ciężkich w glebie zostały odnotowane w próbkach pobranych z terenu przemysłowego w Olkuszu, na którym obecnie usytuowany jest popularny w okolicy skatepark. Z racji tego, że obszar ten obecnie funkcjonuje jako teren rekreacyjno-

Tabela II. Odczyn pH oraz stężenia metali ciężkich (Cd, Pb, Zn) w próbkach gleby pobranej z terenu hałd pokopalnianych

Table II. The pH and concentration of heavy metals (Cd, Pb, Zn) in soil samples taken from post-mine heaps

Nr próbki	Miejsce poboru próbek	pH	Stężenie Cd [mg/kg s.m.]	Stężenie Pb [mg/kg s.m.]	Stężenie Zn [mg/kg s.m.]
1	Brzeziny Śląskie	7,9	46,1	1 159,9	32 374,8
2	Brzeziny Śląskie	8,0	84,1	1 389,9	54 111,2
3	Brzozowice Śląskie	7,3	61,1	1 281,1	30 463,2
4	Bytom	7,2	p.p.d.	93,9	p.p.d.
5	Bytom	8,3	17,3	1 819,0	1 203,4
6	Bytom	6,6	88,4	8 287,6	22 765,5
7	Bytom	7,9	54,4	17 490,1	69 675,0
8	Bytom	7,1	134,9	5 881,5	11 880,7
9	Czeladź	9,1	p.p.d.	53,6	p.p.d.
10	Czeladź	8,8	p.p.d.	413,7	1 633,2
11	Gliwice	6,1	6,0	122,2	158,6
12	Jastrzębie-Zdrój	8,6	p.p.d.	148,7	p.p.d.
13	Jaworzno	4,6	p.p.d.	381,7	p.p.d.
14	Jaworzno	5,9	2,2	317,6	2 316,4
15	Jaworzno	6,5	p.p.d.	96,0	4 608,3
16	Jaworzno	4,9	2,8	498,3	157,3
17	Katowice	11,1	22,2	743,4	p.p.d.
18	Łaziska Górne	6,5	p.p.d.	60,6	p.p.d.
19	Łaziska Górne	6,1	74,5	p.p.d.	p.p.d.
20	Mysłowice	7,2	3,5	p.p.d.	p.p.d.
21	Przechlebie	6,0	p.p.d.	p.p.d.	6 156,2
22	Przechlebie	6,2	2,2	p.p.d.	p.p.d.
23	Radzionków	5,9	109,3	7 326,1	24 346,3
24	Siemianowice Śląskie	7,4	150,3	6 998,8	13 257,2
25	Zabrze	8,0	152,0	384,0	3 725,0
26	Zabrze	8,6	30,1	1 091,9	7 956,6
27	Zabrze	8,6	36,7	1 115,6	10 416,1
28	Zabrze	8,6	38,7	1 099,3	7 435,6
29	Zabrze	7,4	p.p.d.	p.p.d.	1 033,3
30	Zabrze	6,9	p.p.d.	111,5	p.p.d.
31	Zabrze	5,4	5,6	308,4	1 821,7
32	Zabrze	5,3	995,1	p.p.d.	12,1
33	Ruda Śląska	8,5	2,7	718,1	630,6
34	Ruda Śląska	7,2	8,2	1 551,5	1 351,9
35	Ruda Śląska	8,2	5,5	581,7	448,1
36	Ruda Śląska	7,2	7,7	1 784,0	1 023,1
37	Ruda Śląska	4,9	3,4	690,6	1 012,1
38	Ruda Śląska	6,6	4,5	2 338,5	887,7
39	Ruda Śląska	5,4	p.p.d.	1 271,7	646,4
40	Ruda Śląska	7,2	6,3	2 054,1	1 365,9
41	Ruda Śląska	8,0	3,5	703,1	626,2
42	Ruda Śląska	7,4	5,5	678,4	1 890,4
Wartość średnia		7,16	69,83	1 973,5	9 918,44

sportowy, jest klasyfikowany zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska jako I grupa gruntów, dla której maksymalny poziom dopuszczalny kadmu wynosi 2 mg/kg s.m., ołowiu – 200 mg/kg s.m., a cynku – 500 mg/kg s.m. [9]. Porównując wyniki oznaczeń pobranych w Olkuszu próbek gleby z terenu skateparku, można stwierdzić, że w przypadku 7 na 10 próbek wartości dopuszczalne kadmu, ołowiu i cynku są wielokrotnie przekroczone. Warte uwagi jest fakt, iż 6 próbek, dla których wartości oznaczeń metali ciężkich są najwyższe (w niektórych przypadkach przekraczające poziom dopuszczalny ponad stukrotnie) zostało pobranych ze zlokalizowanych na terenie skateparku tras spacerowych charakteryzujących się podłożem sypkim i pyłącym. Pozostałe cztery próbki, z których trzy nie przekroczyły wartości dopuszczalnych dla oznaczanych metali ciężkich, zostały pobrane z mieszczącego się w obrębie skateparku placu zabaw. Tylko w jednej z próbek pobranych z obszaru placu zabaw, poziom przekroczeń wartości dopuszczalnych był nieznaczny (Tabela III). Prawdopodobnie jest to efekt wymiany znajdującego się tam podłoża, która jest obowiązkowa zgodnie regulacjami prawnymi (Dz.U. 2008 nr 234 poz. 1570) oraz zaleceniami Głównego Inspektora Sanitarnego [10].

Tabela III. Odczyn pH oraz stężenia metali ciężkich (Cd, Pb, Zn) w próbkach gleby pobranej z terenu rekreacyjnego w Olkuszu

Table III. The pH and concentration of heavy metals (Cd, Pb, Zn) in soil samples taken from recreational area in Olkusz

Nr próbki	Miejsce poboru próbek	pH	Stężenie Cd [mg/kg s.m.]	Stężenie Pb [mg/kg s.m.]	Stężenie Zn [mg/kg s.m.]
1	trasa spacerowa	8,1	186,2	35 871,7	29 198,4
2	trasa spacerowa	8,1	229,7	42 135,7	33 532,9
3	trasa spacerowa	8,2	203,8	40 139,7	31 896,2
4	plac zabaw	6,3	0,5	142,2	257,6
5	plac zabaw	6,8	0,5	156,9	156,4
6	trasa spacerowa	8,2	156,1	26 320,0	24 960,0
7	trasa spacerowa	8,3	224,6	43 900,0	35 520,0
8	plac zabaw	8,6	0,5	128,3	86,8
9	plac zabaw	7,1	3,2	209,4	501,2
10	trasa spacerowa	7,2	183,4	31 783,6	29 318,6
Wartość średnia		7,69	118,85	22 078,75	18 542,81

Materiał z piaskownic powinien podlegać wymianie przynajmniej dwa razy w roku.

Dla dwóch wybranych obszarów – terenu hałdy pokopalnianej w Rudzie Śląskiej, która jest objęta planem zagospodarowania, oraz dla terenu przemysłowego w Olkuszu, który po zabiegach rekultywacyjnych i rewitalizacyjnych pełni obecnie rolę skateparku, oszacowano pobranie metali ciężkich – kadmu i ołowiu, drogą pożywieniową dla dwóch grup największego ryzyka – dzieci w wieku przedszkolnym oraz dzieci i młodzieży w wieku szkolnym do lat 18. Szacowanie wykonano tylko dla próbek

Tabela IV. Potencjalna średnia dzienna dawka ołowiu (LADD) dla dwóch grup – dzieci w wieku przedszkolnym oraz dzieci w wieku szkolnym. Szacowanie wykonane na podstawie wyników stężeń Pb w próbkach gleby pobranej z hałdy pokopalnianej w Rudzie Śląskiej

Table IV. Potential daily average dose of lead (LADD) for two groups – pre-school children and school-age children. Estimation based on the results of Pb concentrations in soil samples taken from the post-mining heap in Ruda Śląska

Numer próbki	Dzieci w wieku przedszkolnym			Dzieci w wieku szkolnym		
	LADD <sub>glebaPb</sub> [µg/kg/dzień]	% BMDL	% PTWI	LADD <sub>glebaPb</sub> [µg/kg/dzień]	% BMDL	% PTWI
1	4,13	825,4%	117,9%	1,41	281,4%	40,2%
2	8,92	1783,3%	254,8%	3,04	608,0%	86,9%
3	–	–	–	–	–	–
4	10,25	2050,6%	292,9%	3,50	699,1%	99,9%
5	3,97	798,8%	113,4%	1,35	270,6%	38,7%
6	13,44	2687,9%	384,0%	4,58	916,4%	130,9%
7	7,31	1461,7%	208,8%	2,49	498,3%	71,2%
8	11,81	2361,0%	337,3%	4,02	804,9%	115,0%
9	4,04	808,2%	115,5%	1,38	275,5%	39,4%
10	3,90	779,8%	111,4%	1,33	265,8%	38,0%

**Tabela V.** Potencjalna średnia dzienna dawka kadmu i ołowiu dla dwóch grup – dzieci w wieku przedszkolnym oraz dzieci w wieku szkolnym. Szacowanie wykonane na podstawie wyników stężeń Cd i Pb w próbkach gleby pobranej z terenu rekreacyjnego w Olkuszu

**Table V.** Potential daily average dose of cadmium and lead for two groups – pre-school children and school-age children. Estimation based on the results of Cd and Pb concentrations in soil samples taken from the recreational area in Olkusz

Numer próbki	Miejsce poboru próbki	Dzieci w wieku przedszkolnym			Dzieci w wieku szkolnym			Dzieci w wieku przedszkolnym			Dzieci w wieku szkolnym			
		LADD <sub>glebaCd</sub> [µg/kg/dzień]	% PTWI	LADD <sub>glebaCd</sub> [µg/kg/dzień]	% TWI	LADD <sub>glebaCd</sub> [µg/kg/dzień]	% PTWI	LADD <sub>glebaCd</sub> [µg/kg/dzień]	% TWI	LADD <sub>glebaPb</sub> [µg/kg/dzień]	% BMDL	% PTWI	LADD <sub>glebaPb</sub> [µg/kg/dzień]	% BMDL
1	trasa spacerowa	1,07	107,0	297,3	101,3	206,16	41231,8	5890,3	70,29	14057,0	2008,1	70,29	14057,0	2008,1
2	trasa spacerowa	1,32	132,0	366,7	125,0	242,16	48431,8	6918,7	82,56	16511,7	2358,8	82,56	16511,7	2358,8
3	trasa spacerowa	1,17	117,0	325,4	110,9	230,69	46137,6	6591,1	78,65	15729,5	2247,1	78,65	15729,5	2247,1
4	plac zabaw	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5	plac zabaw	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	trasa spacerowa	0,90	90,0	249,2	85,0	151,26	30252,9	4321,8	51,57	10314,0	1473,4	51,57	10314,0	1473,4
7	trasa spacerowa	1,29	129,0	358,6	122,2	252,30	50459,8	7208,5	86,02	17203,1	2457,6	86,02	17203,1	2457,6
8	plac zabaw	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
9	plac zabaw	0,02	2,0	5,1	2,8	1,20	240,7	34,3	0,41	82,1	11,7	0,41	82,1	11,7
10	trasa spacerowa	1,05	105,4	292,8	99,8	182,66	36532,9	5219,0	62,28	12455,0	1779,3	62,28	12455,0	1779,3

gleby, w których stężenia kadmu i ołowiu przekroczyły poziom dopuszczalny. Otrzymane wartości LADD<sub>gleba</sub> określono jako udział procentowy w TWI i PTWI w przypadku kadmu, natomiast w przypadku ołowiu – jako wartość procentową w PTWI i BMDL<sub>01</sub> – efekt neurotoksyczny (Tabela IV i V).

Wyniki obliczeń ukazują wyraźną różnicę pomiędzy wielkością szacowanych dawek pobrania metalu ciężkiego dla analizowanych dwóch grup wiekowych – w każdym przypadku potencjalna średnia dzienna dawka jest ok. 2,8 razy większa w grupie dzieci przedszkolnych w porównaniu z dziećmi w wieku szkolnym i młodzieżą. W większości analizowanych przypadków, potencjalna dawka metalu ciężkiego (LADD) stanowiła wielokrotność tolerowanego tygodniowego spożycia (TWI) dla kadmu lub dawki wyznaczającej (BMDL) dla ołowiu. Z obliczeń wynika, że największe zagrożenie dla zdrowia dzieci i młodzieży stanowi spędzanie wolnego czasu w obrębie terenu rekreacyjnego – skateparku w Olkuszu, w którym wartości normatywne metali ciężkich w próbkach gleby były wielokrotnie przekroczone. Przekłada się to na wielkość szacowanych średnich dziennych dawek ołowiu oraz kadmu pobranych drogą pozazywniową.

## DYSKUSJA

Obszary przemysłowe stanowią istotny element przestrzeni terenów wysoko rozwiniętych gospodarczo [11]. Pozostałości po intensywnym okresie rozwoju przemysłowego, na przykład w postaci hałd pokopalnianych, często stają się częścią lokalnego krajobrazu i niejednokrotnie miejscem spędzania wolnego czasu okolicznych mieszkańców, stanowiąc wciąż poważny problem ekologiczny [3, 11, 12]. Materiał, z którego są zbudowane, jest silnie zanieczyszczony metalami ciężkimi, a oznaczane stężenia, w przypadkach skrajnych, wielokrotnie przekraczają maksymalne stężenia dopuszczalne. Rośliny, samostnie porastające zwałowiska, nie chronią w pełni przed zachodzącymi w jego obrębie procesami fizycznymi – szczególnie procesem pylenia. Ponadto odpady składowane na hałdach mają tendencję do samozapaleń, stanowiąc źródło emisji wysoce toksycznych gazów [3, 13].

Podstawową metodą redukcji zagrożenia, jakie wiąże się z obecnością niezabezpieczonych hałd pokopalnianych, zwłaszcza w pobliżu miejsc zamieszkania, jest proces rekultywacji. Prawidłowo przeprowadzony powinien polegać na zniwelowaniu powierzchni, nawiezieniu skały płonnej oraz odtworzeniu warstwy glebowej. Tak przygotowany teren stanowi wówczas

podstawę do zasiedlenia nowymi gatunkami roślin, które wspomogą proces stabilizacji gruntu. Niejednokrotnie zdarza się, że władze miejskie, dużym nakładem środków finansowych, starają się przekształcić wybrany teren przemysłowy w nowoczesne miejsce wypoczynku i rekreacji [14]. Realizacja projektów rekultywacyjnych i rewitalizacyjnych już wykonanych pokazuje, że nawet kosztowne inwestycje nie zawsze są bezpieczne dla społeczeństwa i nie usuwają zagrożeń wynikających z toksyczności odpadów, składających się na strukturę hałd. Za przykład posłużyć może hałda „Skalny” w Łaziskach Górnych oraz zwałowisko w Zabrze-Biskupicach [3], które stwarzają zagrożenie dla użytkowników, podobnie jak ma to miejsce w skateparku w Olkuszu (Tabela V). Badania przeprowadzone na tym terenie wykazały wysoki stopień zanieczyszczenia metalami ciężkimi pobranych próbek gleby. Wynika z tego, że materiał użyty do niwelacji wcześniej istniejącego w tym miejscu terenu przemysłowego, nie został zbadany pod kątem zanieczyszczenia metalami ciężkimi.

Na podstawie otrzymanych wyników można wnioskować, że częste przebywanie na terenie skateparku w Olkuszu będzie wiązało się z najwyższym ryzykiem zdrowotnym w porównaniu z pozostałymi, badanymi na rzecz niniejszej pracy, obszarami. Stężenia metali ciężkich oznaczone w materiale glebowym pobranym bezpośrednio z hałd pokopalnianych były niższe od poziomów tych zanieczyszczeń w próbkach pochodzących ze skateparku w Olkuszu. Teren rekreacyjny, który w założeniu powinien służyć społeczeństwu jako miejsce do aktywnego, zdrowego wypoczynku, w rzeczywistości stanowi poważne źródło zagrożenia stanu zdrowia jego użytkowników.

Obecność terenów przemysłowych jest na stałe wkomponowana w krajobraz wielu obszarów miejskich. Jednak znalezienie rozwiązania na możliwość innego wykorzystania tych terenów w dużym stopniu zależy od prawidłowej oceny chemicznej struktury danego obszaru oraz zastosowania metody jego niwelacji, w taki sposób, aby w przyszłości nie stanowił zagrożenia dla użytkowników.

## WNIOSKI

1. W przypadku wielu próbek gleby pobranej z hałd pokopalnianych analiza zawartości metali ciężkich wykazała wielokrotne przekroczenie poziomów dopuszczalnych.

2. Bardzo wysokie, przekraczające ponad stukrotnie wartość normatywną, stężenie metali ciężkich oznaczono w próbkach gleby pobranej z terenu rekreacyjnego – skateparku w Olkuszu

3. Szacunkowe narażenie dzieci i młodzieży drogą pozazywieniową na metale ciężkie, obliczone dla dwóch lokalizacji – hałdy w Rudzie Śląskiej i terenu rekreacyjnego w Olkuszu, jest bardzo wysokie i może stanowić istotne ryzyko zdrowotne.

## WYKAZ PIŚMIENICTWA

- [1] Ochrona Środowiska. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa, 2017.
- [2] Pancewicz A.: Hałdy – kłopot czy szansa? *Nauka Przyr Technol* 2009; 3(1): 22.
- [3] Hycnar J.J., Mikołajczyk B., Kadlec D.: Doświadczenia i możliwości eliminowania ujemnego oddziaływania składowanych materiałów sypkich i odpadów na środowisko. *Piece Przemysłowe & Kotły* 2017; 1: 6-11.
- [4] Nieć J., Baranowska R., Dziubanek G., Rogala D.: Narażenie środowiskowe dzieci na metale ciężkie zawarte w glebach z placów zabaw, boisk, piaskownic i terenów przedszkoli z obszaru Górnego Śląska. *J Ecol Health* 2013; 17(2): 55-62.
- [5] Lis A.: Struktura przestrzenna i społeczna terenów rekreacyjnych w osiedlach mieszkaniowych Wrocławia z lat 70.-80. ubiegłego stulecia. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Wrocław 2011.
- [6] Gminny Program Rewitalizacji Miasta Ruda Śląska do 2030 roku. Ruda Śląska 2018.
- [7] U.S. EPA. Exposure Factors Handbook. Chapter 4 – Non-Dietary Ingestion Factors. Waszyngton 2011.
- [8] Nieć J.: Analiza warunków środowiskowego narażenia dzieci w wieku przedszkolnym na metale ciężkie. Rozprawa doktorska na stopień doktora nauk medycznych. Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Katowice 2015.
- [9] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi. Dz.U. 2016 poz. 1395.
- [10] Ustawa z dnia 5 grudnia 2008 r. o zapobieganiu i zwalczaniu zakażeń i chorób zakaźnych u ludzi. Dz.U. 2008 nr 234 poz. 1570.
- [11] Turek A.: Rewitalizacja obszarów przemysłowych na cele mieszkaniowe. *Problemy Rozwoju Miast* 2013; 10(1): 71-86.
- [12] Dzikowska A., Medwecka M., Krzemińska A., Zaręba A.: Rozwój terenów przemysłowych i ich wpływ na strukturę miejską Wałbrzycha w XX wieku. *Problemy Ekologii Krajobrazu* 2012; T. XXVI: 203-212.
- [13] Fruzińska R.: Właściwości fizyczno-chemiczne gleb terenu przemysłu metalowego. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego Nr 138. Inżynieria Środowiska – 18. Zielona Góra* 2010, 146-157.
- [14] Karczevska A., Kabala C.: Gleby zanieczyszczone metalami ciężkimi i arsenem na Dolnym Śląsku – potrzeby i metody rekultywacji. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Rolnictwo Nr 576. Wrocław* 2010.

*Adres do korespondencji:*

*dr n. med. Monika Rusin*

*Wydział Zdrowia Publicznego*

*Zakład Środowiskowych Czynników Ryzyka Zdrowia*

*ul. Piekarska 18, 41-902 Bytom*

*tel. 32 397-65-29*

*e-mail: mnusin@sum.edu.pl*