



## **ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH METALI CIĘŻKICH W WODACH ODCIEKOWYCH ZE SKŁADOWISKA ODPADÓW W WOLI SUCHOŻEBRSKIEJ**

**Szymon Czarnocki, Jacek Paluszkiewicz**  
*Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach*

### **HEAVY METAL CONTENT IN LEACHATES FROM THE LANDFILL SITE IN WOLA SUCHOŻEBRSKA**

#### ***Streszczenie***

Wody odciekowe w obrębie składowiska są zarówno efektem bezpośredniego przepływu wód pochodzących z opadów atmosferycznych jak i powstają w procesie przemian biochemicznych, najczęściej związków organicznych. Celem prezentowanych badań było przedstawienie zawartości kilku wybranych metali ciężkich znajdujących się w wodzie odciekającej ze składowiska a niebezpiecznych dla środowiska. Składowisko odpadów w Woli Suchożebrowskiej położone jest we wschodniej części województwa mazowieckiego, w powiecie siedleckim. Przyjmuje ono odpady z terenu miasta Siedlce oraz kilku gmin ościennych. Wody odciekowe były pobierane zgodnie z normą PN-ISO 5667-10:1997 z uwzględnieniem pionowej stratyfikacji jakości odcieku. Badania obejmowały zawartość: Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, Hg.

Na przestrzeni lat 2007-2012 nie stwierdzono podwyższonych wartości żadnego z badanych wskaźników w ściekach przemysłowych wprowadzanych do urządzeń kanalizacyjnych. Uzyskane wyniki potwierdzają, że w trakcie ostatnich lat eksploatacji składowiska, trafiały na nie jedynie odpady, których składowanie nie stanowi potencjonalnego

źródła zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi, przy zachowaniu zasady odpowiedniego gromadzenia i oczyszczania odcieków.

**Słowa kluczowe:** metale ciężkie, odpady komunalne, składowisko odpadów, wody odciekowe

### *Summary*

*Leachates in the landfill site both result from direct flow of water from atmospheric precipitations and arise during the process of biochemical changes, most frequently organic compounds. The aim of the research was presentation of several selected heavy metals content in the leachate from landfill site posing a hazard to the environment. The landfill site is situated in Wola Suchożebrska, in the eastern part of the Mazowieckie voivodeship in the Podlaski county. It receives waste from the city of Siedlce and several neighbouring communes. Leachates were collected in compliance with the PN-ISO 5667-10:1997 standard taking in to consideration the vertical stratification of the leachate quality. The research covered concentrations of Pb, Cd, Cu, Zn, Cr and Hg.*

*No elevated concentrations of any of the analyzed indices was assessed over the 2007-2012 period in industrial waste supplied to the sewer system. Obtained results confirmed that during the recent years of the landfill exploitation it has been receiving only wastes whose storage does not pose a potential source of environmental pollution with heavy metals, on condition that proper accumulation and treatment of leachates is maintained.*

**Key words:** heavy metals, municipal waste, landfill site, leachates

## WSTĘP

Wody odciekowe w obrębie składowiska są zarówno efektem bezpośredniego przepływu wód pochodzących z opadów atmosferycznych (Machajski, Olearczyk 2008, Górecka, Koda 2010) jak i powstają w procesie przemian biochemicznych najczęściej związków organicznych (Machajski, Olearczyk 2008, Daniel 1993).

Według Góreckiej i Kody (2010) różna jest ilość wody infiltrującej do korpusu składowiska w zależności od zagęszczenia odpadów. Przy dobrym zagęszczeniu jest to około 25% opadów, natomiast przy słabym zagęszczeniu nawet 60%. Część wody jest zatrzymywana na składowisku w efekcie różnych procesów takich jak np. sorpcja (Wychowaniak 2013). Różna jest więc i ilość wody wypływającej. Ilość odcieków zależy od pory roku. Na ogół najmniej jest

ich w okresie letnim (Machajski, Olearczyk 2008). Zależy ona ponadto od wieku składowiska, stopnia zagęszczenia i rozdrobnienia odpadów oraz zastosowanych technik deponowania (Szymańska-Pulikowska 2010).

Nie ulega wątpliwości, że wody opadowe powinny być gromadzone w obrębie składowiska, a następnie kontrolowane przed oddaniem do oczyszczalni ścieków. Mogą być one poddawane również procesom oczyszczania w obrębie składowiska. Chociaż również w obrębie składowanej masy mogą zachodzić procesy samooczyszczania (Koda 2001). Górecka i Koda (2010) proponują lokalizowanie w sąsiedztwie składowiska zbiorników retencyjnych, do których byłaby wprowadzana roślinność bagienna, zwiększająca ilość wody odparowanej w procesie transpiracji przy jednoczesnym zatrzymywaniu części zanieczyszczeń.

Skład odcieków jest w dużej mierze najbardziej widocznym obrazem tego wszystkiego, co na składowisku zostało zdeponowane, a więc i ze składowiska może przedostać się do środowiska. Przesiákanie wody przez złoże składowanych odpadów powoduje wymywanie rozmaitych zanieczyszczeń: składników zawieszonych i rozpuszczonych, substancji powstających w trakcie rozkładu odpadów, mikroorganizmów (także chorobotwórczych) (Szymańska-Pulikowska 2010). Ocieki mogą zawierać m.in. metale ciężkie, dioksyny czy furany (Jankowska, Szymański 1999, Öman, Junestedt 2008, Williams 2002). Metale ciężkie spotyka się zarówno w formie jonów metalicznych, wodorotlenków czy połączeń kompleksowych (Szymański 1987).

Kumar i Alappat (2005) zaproponowali by do obliczania sumarycznego indeksu zanieczyszczenia poszczególnym elementom nadawać odpowiednie wagi. Spośród 18 wskazanych elementów ponad 1/3 dotyczy zawartości metali ciężkich.

Celem prezentowanych badań było przedstawienie zawartości kilku wybranych metali ciężkich które mogą występować w wodzie odciekającej ze składowiska a niebezpiecznych dla środowiska.

## **METODYKA BADAŃ**

Składowisko odpadów w Woli Suchożebrskiej położone jest we wschodniej części województwa mazowieckiego, w powiecie siedleckim. Przyjmuje ono odpady z terenu miasta Siedlce oraz kilku gmin ościennych. W roku 2007 uruchomiono na składowisku sortownię odpadów przyjmującą rokrocznie coraz większą część odpadów, aż do 100% z końcem 2012 roku. W latach 2007-2012 prowadzony był na składowisku, przez SGS EKO – Projekt Sp. z o.o. z Pszczyny, ścisły monitoring dotyczący jakości wód odciekowych gromadzonych w obrębie składowiska a następnie przekazywanych do oczyszczalni ścieków. Badania przeprowadzano każdego roku w czterech terminach (co kwartał).

Sieć monitoringowa wód odciekowych składa się z jednego punktu poboru odcieków. Wody odciekowe gromadzące się w zbiorniku odcieków są odprowadzane na miejską oczyszczalnię ścieków. Wody odciekowe były pobierane zgodnie z normą PN-ISO 5667-10:1997 z uwzględnieniem pionowej stratyfikacji jakości odcieku. Badania obejmowały zawartość Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, Hg.

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Ołów oraz jego związki chemiczne, szczególnie organiczne, są silnymi truciznami. Podwyższona zawartość ołowiu związana jest głównie z górnictwem, przemysłem metalowym, produkcją barwników, preparatów ochrony roślin czy akumulatorów. W masie składowanych odpadów jego źródłem mogą być właśnie opakowania po farbach, lakierach czy też zużyte akumulatory. W początkowym okresie funkcjonowania składowiska przywożone odpady nie były dokładnie kontrolowane, stąd mogły trafiać również odpady niebezpieczne. Potwierdzają to badania prowadzone na dzikich wysypiskach śmieci, gdzie szczególnie w głębszych warstwach gleby notowano podwyższone zawartości ołowiu (Dusza i in. 2013, Szwałec i in. 2011). Weber i in. (2007) zwracają natomiast uwagę na możliwość istotnego wzrostu stężenia ołowiu w glebie nawożonej kompostem z odpadów komunalnych.

Najwyższe zawartości ołowiu w wodach odciekowych stwierdzono w roku 2008, szczególnie w pierwszej połowie (tabela 1). W żadnym jednak terminie nie zbliżyły się one do wartości granicznej wartości dopuszczalnej. Jednocześnie można zauważyć tendencję do spadku zawartości tego pierwiastka w kolejnych latach, czyli wraz z sortowaniem coraz większej części odpadów trafiających na składowisko.

**Tabela 1.** Zawartość ołowiu w wodach odciekowych ze składowiska ( $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ )

**Table 1.** Pb assessment in leachate from landfill site ( $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ )

Termin poboru prób	luty	maj	sierpień	listopad
2007	0,09	0,14	0,30	0,11
2008	0,43	0,42	0,38	0,33
2009	0,37	0,24	0,32	0,14
2010	0,013	0,015	0,11	0,12
2011	0,17	0,006	0,010	0,006
2012	0,011	0,005	0,007	0,007

Dopuszczalna zawartość ołowiu w ściekach przemysłowych wprowadzanych do urządzeń kanalizacyjnych wynosi  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  (Dz. U.2006. Nr 136. poz. 964)

Źródło: Obliczenia własne na podstawie Monitoring 2007-2012

Kadm bardzo łatwo przemieszcza się z wodami odciekowymi (Wilk, Goworek 2009). Źródłem jego zawartości w składowanej masie odpadów mogą być m.in. zanieczyszczenia z dróg szybkiego ruchu czy szczególnie w przypadku odpadów pochodzących z terenów rolniczych zanieczyszczenia wynikające z produkcji lub niewłaściwego wykorzystania nawozów fosforowych, środków ochrony roślin czy gnojowicy. Toksyczność kadmu wynika przede wszystkim z występowania w organizmie wolnych jonów kadmowych, które mogą mieć działanie rakotwórcze, embrotoksyczne i teratogenne (Ociepa-Kubicka, Ociepa 2012).

Podobnie jak w przypadku ołowiu w żadnym z terminów badań nie stwierdzono przekroczenia wartości dopuszczalnych (tabela 2), a w ostatnich latach zaobserwowano bardzo wyraźny spadek zawartości tego pierwiastka. Zarówno Dusza i in. (2013) jak i Szwałec i in. (2011) nie stwierdzili podwyższonych zawartości kadmu w miejscach nielegalnego składowania odpadów, chociaż Szwałec i in. (2011) zwrócili uwagę na jego zwiększoną obecność w głębszych warstwach gleby pod wysypiskami. Dyguś i in. (2012) wskazali natomiast na wzmożone pobieranie kadmu przez rośliny porastające składowiska odpadów przemysłowych, co potwierdza, że pierwiastek ten może być zagrożeniem przy braku odpowiedniej kontroli nad odpadami trafiającymi na składowiska.

**Tabela 2.** Zawartość kadmu w wodach odciekowych ze składowiska ( $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ )

**Table 2.** Cd assessment in leachate from landfill site ( $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ )

Termin poboru prób	lut	maj	sierpień	listopad
2007	0,011	0,014	0,021	0,021
2008	0,051	0,046	0,040	0,030
2009	0,040	0,042	0,039	0,032
2010	0,039	0,040	0,037	0,037
2011	0,042	<0,0025	<0,0025	<0,0025
2012	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025
Dopuszczalna zawartość kadmu w ściekach przemysłowych wprowadzanych do urządzeń kanalizacyjnych wynosi $0,4 \text{ mg dm}^{-3}$ (Dz. U.2006. Nr 136. poz. 964)				

Źródło: Obliczenia własne na podstawie Monitoring 2007-2012

Źródłem zwiększonej zawartości miedzi w składowanej masie mogą być odpady przemysłu elektrotechnicznego, farmaceutycznego, farbiarskiego czy gumowego oraz odpady związane z rolnictwem. Jednak wiązanie miedzi w glebie przez związki humusowe sprawia, że miedź nie ma aż takiego znaczenia fitotoksycznego (Wilk, Goworek 2009). Nie jest też aż tak toksyczna dla ludzi i zwierząt jak wcześniej omawiane metale (Węglarzy 2007).

**Tabela 3.** Zawartość miedzi w wodach odciekowych ze składowiska ( $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ )  
**Table 3.** Cu assessment in leachate from landfill site ( $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ )

Termin poboru prób	luty	maj	sierpień	listopad
2007	0,08	0,08	0,07	0,04
2008	0,08	0,06	0,06	0,04
2009	0,05	0,05	0,04	0,17
2010	0,004	0,04	0,04	0,05
2011	0,06	0,012	0,025	0,006
2012	0,005	0,006	0,006	0,006
Dopuszczalna zawartość miedzi w ściekach przemysłowych wprowadzanych do urządzeń kanalizacyjnych wynosi $1 \text{ mg dm}^{-3}$ (Dz. U.2006. Nr 136. poz. 964)				

Źródło: Obliczenia własne na podstawie Monitoring 2007-2012

We wszystkich badanych terminach obserwowano jedynie śladowe zawartości miedzi w wodach odciekowych (tabela 3). Niektórzy autorzy donoszą jednak, że przypadku deponowania na dzikich wysypiskach niektórych rodzajów odpadów dochodziło do bardzo wyraźnego podwyższenia stężenia miedzi w glebie (Dusza i in. 2013, Szwałec i in. 2011). Podwyższone zawartości obserwowano na przykład na wysypiskach, na których występowały odpady samochodowe takie jak opakowania po olejach silnikowych czy akumulatory (Szwałec i in. 2011).

**Tabela 4.** Zawartość cynku w wodach odciekowych ze składowiska ( $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ )  
**Table 4.** Zn assessment in leachate from landfill site ( $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ )

Termin poboru prób	luty	maj	sierpień	listopad
2007	0,14	0,12	0,11	0,17
2008	0,17	0,11	0,12	0,13
2009	0,13	0,13	0,11	0,21
2010	0,14	0,12	0,11	0,09
2011	0,14	0,050	0,085	0,041
2012	0,065	0,085	0,0063	0,050
Dopuszczalna zawartość cynku w ściekach przemysłowych wprowadzanych do urządzeń kanalizacyjnych wynosi $5 \text{ mg dm}^{-3}$ (Dz. U.2006. Nr 136. poz. 964)				

Źródło: Obliczenia własne na podstawie Monitoring 2007-2012

Chociaż cynk spełnia w organizmie człowieka bardzo ważną rolę, jego nadmiar może powodować zaburzenia związane z pobieraniem innych elemen-

tów, a ponadto uważany jest za czynnik rakotwórczy (Ociepa-Kubicka, Ociepa 2012). Zwiększona obecność cynku na składowiskach może być związana z deponowaniem na nich popiołów i żużli paleniskowych (Dusza i in. 2013).

Podobnie jak w przypadku zawartości miedzi również zawartość cynku w wodach odciekowych była bardzo niewielka (tabela 4). W badaniach innych autorów obserwowano niekiedy wzrost zawartości cynku wynikający ze składowania odpadów (Dusza i in. 2013). Łatwa jego migracja wraz z wodami opadowymi sprawiała, że chociaż nie występował w wierzchnich warstwach gleby, jego zawartość w głębszych warstwach była znacznie podwyższona (Szwalec i in. 2011).

Chrom jest stosowany w produkcji barwników, garbników i cementu oraz w procesie galwanizacji (Wilk, Goworek 2009). Przekroczenie wartości granicznych w środowisku człowieka może być czynnikiem alergicznym a nawet rakotwórczym (Ociepa-Kubicka, Ociepa 2012). W badanych wodach odciekowych nie obserwowano podwyższonej zawartości chromu (VI) (tabela 5). Również w analizowanej literaturze nie odnotowano przekroczenia zawartości tego pierwiastka związanego ze składowaniem odpadów.

**Tabela 5.** Zawartość chromu (VI) w wodach odciekowych ze składowiska ( $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ )

**Table 5.** Cr (VI) assessment in leachate from landfill site ( $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ )

<b>Termin poboru prób</b>	luty	maj	sierpień	listopad
2007	0,021	0,030	0,071	0,019
2008	0,02	0,016	0,038	0,027
2009	0,050	0,030	0,021	0,047
2010	0,024	0,023	0,036	0,033
2011	0,029	0,025	<0,010	0,017
2012	<0,010	<0,010	<0,029	<0,019
Dopuszczalna zawartość chromu (VI) w ściekach przemysłowych wprowadzanych do urządzeń kanalizacyjnych wynosi $0,2 \text{ mg dm}^{-3}$ (Dz. U.2006. Nr 136. poz. 964)				

Źródło: Obliczenia własne na podstawie Monitoring 2007-2012

Rtęć należy do najbardziej toksycznych z omawianych metali ciężkich. Przy stężeniach przekraczających dopuszczalne powoduje uszkodzenia komórek. Niebezpieczne dla zdrowia i życia są również opary rtęci (Ociepa-Kubicka, Ociepa 2012). Obecność rtęci w odpadach jest najczęściej związana z zanieczyszczeniami przemysłowymi, jednak również rolnictwo poprzez niewłaściwe stosowanie środków ochrony roślin, mogło przyczyniać się do wzrostu zawartości rtęci. Wszystkie środki ochrony roślin zawierające rtęć zostały już wycofane z obrotu.

Jedynie sporadycznie wykrywano śladowe ilości rtęci w badanych wodach odciekowych, znacznie poniżej jednak dopuszczalnych wartości granicznych. W większości z badanych próbek zawartość tego pierwiastka była poniżej progu wykrywalności (tabela 6). Również w analizowanej literaturze nie występowały informacje o przekroczeniu dopuszczalnych stężeń.

**Tabela 6.** Zawartość rtęci w wodach odciekowych ze składowiska ( $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ )  
**Table 6.** Hg assessment in leachate from landfill site ( $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ )

Termin poboru prób	lut	maj	sierpień	listopad
2007	<0,0005	0,01	0,024	<0,0005
2008	0,0008	0,0007	<0,0005	<0,0005
2009	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
2010	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
2011	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
2012	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Dopuszczalna zawartość rtęci w ściekach przemysłowych wprowadzanych do urządzeń kanalizacyjnych wynosi $0,06 \text{ mg dm}^{-3}$ (Dz. U.2006. Nr 136. poz. 964)				

Źródło: Obliczenia własne na podstawie Monitoring 2007-2012

## WNIOSKI

1. Na przestrzeni kolejnych sześciu lat nie stwierdzono podwyższonych zawartości żadnego z badanych wskaźników w ściekach przemysłowych wprowadzanych do urządzeń kanalizacyjnych.
2. Kontrola deponowanych na składowisku odpadów w trakcie procesu sortowania przyczyniła się do zmniejszenia zawartości niebezpiecznych substancji wpływających wraz z wodami odciekowymi.
3. Uzyskane wyniki potwierdzają, że w trakcie ostatnich lat eksploatacji składowiska, trafiały na nie jedynie odpady, których składowanie nie stanowi potencjonalnego źródła zanieczyszczenia środowiska, przy zachowaniu zasady odpowiedniego gromadzenia i oczyszczania odcieków.

## LITERATURA

- Daniel D.E. (editor) (1993). *Geotechnical practice for waste disposal*. Chapman and Hall. London. 695
- Dusza E., Filipiak P., Mieszczerykowska-Wójcikowska B. (2013). *Wpływ nielegalnego składowania odpadów na zawartość metali ciężkich w powierzchniowej warstwie*



- gleb gminy Police. Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis*, 307 (28), 35 – 46
- Dyguś K.H., Siuta J., Wasiak G., Madej M. (2012). *Roślinność składowisk odpadów komunalnych i przemysłowych*. Monografie Wyższej Szkoły Ekonomii i Zarządzania. Warszawa. ss. 134
- Górecka A., Koda E. (2010). *Analiza możliwości ograniczenia zagrożeń środowiska wodno-gruntowego, wynikające z eksploatacji modernizowanego składowiska odpadów komunalnych*. Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, 3(49), 48 – 62
- Jankowska B., Szymański K. (1999). *Wpływ składu morfologicznego odpadów na jakość odcieku wysypiskowego*. Materiały VI Konferencji Naukowo-Technicznej „Gospodarka odpadami komunalnymi”, Koszalin Kołobrzeg, 153 – 166
- Koda E. (2001). *Monitoring lokalny wód w obrębie starych wysypisk odpadów komunalnych*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 476, 415 – 423
- Kummar D., Alappat B.J. (2005). *Evaluating leachate contamination potential of landfill sites using leachate pollution index*. Clean Technologies and Environmental Policy 3, 190 – 197
- Machajski J., Olearczyk D. (2008). *Bilans wodny w obrębie składowiska odpadów komunalnych*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 7, 89 – 100
- Ociepa-Kubicka A., Ociepa E. (2012). *Toksyczne oddziaływanie metali ciężkich na rośliny, zwierzęta i ludzi*. Inżynieria i Ochrona Środowiska, t. 15, 2: 169 – 180.
- Öman C.B., Junestedt C. (2008). *Chemical characterization of landfill leachates – 400 parameters and compounds*. Waste Management, 10, 1876 – 1891
- Szwalec A., Mundała P., Petryk A. (2011). *Zanieczyszczenia wybranymi metalami ciężkimi gleb dzikich składowisk odpadów na terenie Lipnicy Małej i Domaradza*. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 49, 407 – 416
- Szymańska-Pulikowska A. (2010). *Ocena właściwości wód odciekowych z krajowych składowisk odpadów*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 2, 141 – 150
- Szymański K. (1987). *Migracja odcieków z wysypisk odpadów komunalnych w gruncie*. Wyd. WSiInż. Koszali.: 175
- Weber J., Karczewska A., Drozd J., Licznar M., Jamroz E., Kocowicz A. (2007). *Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts*. Soil Biology & Biochemistry, 39, 1294 – 1302
- Węglarzy K. (2007). *Metale ciężkie – źródła zanieczyszczeń i wpływ na środowisko*. Wiadomości Zootechniczne, R. XLV, 3, 31 – 38
- Williams P.T. (2002). *Emission from Solid Waste Management Activities*. Issues in Environmental Science and Technology, 18, 141 – 170
- Wilk M., Gworek B. (2009). *Metale ciężkie w osadach ściekowych*. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 39, 40 – 59
- Wychowaniak D. (2013). *Migracja zanieczyszczeń w rejonie starego składowiska odpadów z pionową przesłoną przeciwfiltracyjną*. Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, 59, 45 – 55

Dziennik Ustaw (2006) nr 136, poz. 964. *Rozporządzenie Ministra Budownictwa z dnia 14 lipca 2006 r. w sprawie sposobu realizacji obowiązków dostawców ścieków przemysłowych oraz warunków wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych*

*Monitoring Składowiska Odpadów w Woli Suchożebrskiej. Raporty za lata 2007-2012.* SGS EKO-PROJEKT Sp. z o.o. Pszczyna. Materiały niepublikowane

dr inż. Szymon Czarnocki  
Katedra Ogólnej Uprawy Roli, Roślin i Inżynierii Rolniczej  
ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce  
szymon.czarnocki@uph.edu.pl