



The content of various forms of heavy metals in sewage sludge from wastewater treatment plants in Staszów

Joanna DŁUGOSZ¹, Jarosław GAWDZIK²

¹ Politechnika Świętokrzyska, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, Kielce 25-314, Tel 41 -34-24-571, fax 41 – 34-24-535e-mail: j_dlugosz@interia.eu

² Politechnika Świętokrzyska, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, Kielce 25-314, Tel 41 -34-24-571, fax 41 – 34-24-535e-mail: jgawdzik@tu.kielce.pl

Abstract

Samples of stabilized sewage sludge from the municipal sewage treatment plant in Staszów were analyzed for the presence of the following heavy metals: zinc, cadmium, lead, nickel, chromium, copper and cobalt. The form of heavy metal occurrence was determined by extraction analysis according to the BCR method. The results have revealed that in comparison to other municipal sewage treatment plants, the heavy metal content of the sludge from the Staszów plant was low. The results of sequential extraction have revealed the presence of heavy metal ions in all of the fractions, but metallo-organic compounds and aluminosilicates (fractions III and IV) were found to be the dominant forms of heavy metal occurrence. The study has also demonstrated that the overall heavy metal content of the sewage sludge fails to be a reliable criterion for assessing the potential risk to the soil and water environment. That is why the heavy metal ions belonging to fraction III are likely to pose environmental hazards if the sewage sludge is intended for use in soil recultivation.

Keywords: sewage sludge, heavy metals, sequential extraction BCR

Streszczenie

Zawartość różnych form metali ciężkich w osadach ściekowych z oczyszczalni ścieków w Staszowie

Próbki ustabilizowanego osadu ściekowego z oczyszczalni ścieków komunalnych w Staszowie badano na zawartość następujących metali ciężkich: cynku, kadmu, ołowiu, niklu, chromu, miedzi oraz kobaltu. Formy występowania tych metali wyznaczono metodą ekstrakcji według metody BCR. Wyniki badań wykazały, że w porównaniu do innych obiektów, zawartość metali ciężkich w osadach ściekowych z oczyszczalni w Staszowie była niska. Wyniki badań uzyskane metodą ekstrakcji sekwencyjnej wykazały obecność jonów metali ciężkich we wszystkich frakcjach, jednak to połączenia metaloorganiczne i glinokrzemiany (frakcje III i IV) okazały się dominującymi formami występowania metali. Badania wykazały, że całkowita zawartość metali ciężkich w osadach ściekowych nie jest wiarygodnym kryterium oceny potencjalnego zagrożenia dla środowiska gruntowo-wodnego. Ponadto jony metali ciężkich należące do frakcji III mogą stwarzać zagrożenie dla środowiska, jeśli osadów ściekowych jest przeznaczony do rekultywacji gruntu.

Słowa kluczowe: osady ściekowe, metale ciężkie, ekstrakcja sekwencyjna BCR

1. Wstęp

Wg ustawy o odpadach [1] komunalne osady ściekowe to pochodzący z oczyszczalni ścieków osad z komór fermentacyjnych oraz innych instalacji służących do oczyszczania ścieków komunalnych oraz innych ścieków o składzie zbliżonym do składu ścieków komunalnych. Z roku na rok, wraz z budową sieci kanalizacyjnej oraz oczyszczalni ścieków w aglomeracjach, rośnie liczba powstających osadów ściekowych (tab. 1.1). Dobór technologii stabilizacji osadów ściekowych zależy w głównej mierze od planowanego sposobu jego ostatecznego usunięcia z oczyszczalni, a także wielkości oczyszczalni. W małych oczyszczalniach ścieków gospodarka

osadami ściekowymi ograniczona jest do minimum, aby obniżyć koszty oraz uprościć eksploatację obiektu [2]. Zakaz możliwości składowania komunalnych osadów ściekowych powoduje, iż ich zagospodarowanie stanowi istotny problem zarówno ekologiczny, ekonomiczny, jak i techniczny [3]. W zależności od postaci w jakiej występują oraz ich jakości, mogą być one termicznie przekształcane w spalarniach lub współspalarniach odpadów, poddane odzyskowi w kompostowniach lub biogazowniach, albo wykorzystywane bezpośrednio na powierzchni ziemi do ulepszania gleby, po ich uprzednim ustabilizowaniu. Wybierając konkretny sposób gospodarki osadami, należy uwzględnić szereg aspektów technicznych, ekonomicznych, jak i uwarunkowań lokalnych [4]. W perspektywie do 2022r podstawowym celem gospodarki komunalnymi osadami ściekowymi jest m.in. maksymalizacja stopnia wykorzystania zawartych w nich substancji biogennej, oczywiście przy jednoczesnym spełnieniu wszystkich wymogów dotyczących bezpieczeństwa sanitarnego, chemicznego, a także środowiskowego [5].

Tabela 1.1. Osady ściekowe z oczyszczalni komunalnych [6]

Wyszczególnienie	2000	2005	2010	2011	2012
	w tys. Mg suchej masy				
Wytworzone w ciągu roku ogółem	359,8	486,1	526,7	519,2	533,3
stosowane w rolnictwie	-	66,0	109,3	116,2	115,0
stosowane do rekultywacji terenów, w tym na cele rolne	-	120,6	54,3	54,4	50,3
stosowane do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu	25,5	27,4	30,9	31,0	33,3
przekształcone termicznie	5,9	6,2	19,8	41,6	56,6
składowane	151,6	150,7	58,9	51,4	46,8

Przyrodnicze oraz rolnicze zagospodarowanie osadów ściekowych jest metodą pozwalającą wykorzystać ich właściwości nawozowe. Ponadto metoda ta charakteryzuje się niskimi kosztami, ale jej zastosowanie wiąże się z ograniczeniami wynikającymi ze składu chemicznego oraz sanitarnego osadów określonymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska [7]. Wspomniane rozporządzenie [7] limituje obciążenia osadów ściekowych, a także gleb nawożonych osadami, poprzez określenie dopuszczalnych stężeń metali ciężkich. Komunalne osady ściekowe mogą być stosowane na cele rolne lub przyrodnicze, jeżeli nie przekraczają dopuszczalnych zawartości metali ciężkich określonych w załączniku [7] (tab. 1.2). Po przekroczeniu dopuszczalnej zawartości w glebie metale ciężkie zmniejszają jej żyzność oraz hamują jej aktywność mikrobiologiczną [8].

Tabela 1.2. Dopuszczalna zawartość metali ciężkich w komunalnych osadach ściekowych [7]

Metale	Zawartość metali ciężkich [mg/kg s.m.] nie większa niż: przy stosowaniu komunalnych osadów ściekowych:		
	w rolnictwie i do rekultywacji gruntów na cele rolne	do rekultywacji terenów na cele nierolne	przy dostosowaniu gruntów do określonych potrzeb wynikających z planów gospodarki odpadami, planów zagospodarowania przestrzennego lub decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu, do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu, do uprawy roślin nieprzeznaczonych do spożycia i produkcji pasz
Kadm (Cd)	20	25	50
Miedź (Cu)	1000	1200	2000
Nikiel (Ni)	300	400	500
Ołów (Pb)	750	1000	1500
Cynk (Zn)	2500	3500	5000
Rtęć (Hg)	16	20	25
Chrom (Cr)	500	1000	2500

Zawartość metali ciężkich w osadach ściekowych może być związana m.in. z udziałem ścieków przemysłowych w strumieniu ścieków oczyszczanych w komunalnych oczyszczalniach ścieków, mogą one pochodzić również ze spływów powierzchniowych czy też pojawiać się w ściekach w wyniku korozji przewodów kanalizacyjnych [9]. Metale ciężkie w osadach ściekowych występują w postaci rozpuszczonej, wytrąconej, współstrąconej z tlenkami metali, zaadsorbowane lub zasocjowane na cząstkach resztek biologicznych. Ponadto mogą mieć różną formę np. tlenków, wodorotlenków czy siarczanów lub organicznych połączeń w postaci kompleksów huminowych oraz związków z cukrami złożonymi. Wymienione przemiany wpływają na zróżnicowanie form chemicznych metali ciężkich zawartych w osadach ściekowych, z których jednak tylko formy mobilne mogą przedostawać się do środowiska gruntowego-wodnego [9].

Siebiec i in. [10] przeprowadzili badania zawartości metali ciężkich w osadach ściekowych pochodzących z 43 oczyszczalni ścieków (tab. 1.3). Zgodnie z przeprowadzonymi badaniami 58% wszystkich badanych osadów spełniło normy zawartości metali ciężkich dla stosowania w rolnictwie.

Tabela 1.3. Zawartość metali ciężkich w osadach ściekowych z 43 oczyszczalni ścieków [10]

Pierwiastek	Zawartość metali ciężkich w osadach ściekowych [mg/kg s.m.]			
	minimalna	maksymalna	średnia	mediana
Ołów (Pb)	45	953	173	132
Kadm (Cd)	1,1	149,1	10,5	4,95
Chrom (Cr)	24	7544	320	69,9
Miedź (Cu)	41	449	184	154
Nikiel (Ni)	18	1172	69,2	39,1
Cynk (Zn)	541	9824	2135	1760

Warto jednak zwrócić uwagę, iż całkowita zawartość metali ciężkich w osadach ściekowych nie informuje o tym, jaka ich ilość wejdzie do obiegu biochemicznego. Informację taką można uzyskać dopiero po wykonaniu analizy sekwencyjnej, dzięki której dowiemy się jaki jest procentowy udział metali w postaci mobilnej (przyswajalnej przez rośliny) [11].

Celem przeprowadzonych badań była ocena mobilności metali ciężkich skumulowanych w osadach ściekowych pochodzących z oczyszczalni ścieków w Staszowie.

2. Materiały i metody badań

Osady ściekowe pobrane do badań pochodzą z oczyszczalni ścieków znajdującej się w Staszowie (województwo świętokrzyskie). Oczyszczalnia ścieków i przepompownie obsługują 30,6 km sieci kanalizacyjnej, a także 9,8 km przyłączy, w tym około 850 studzienek kanalizacyjnych [12]. Do oczyszczalni ścieków doprowadzane są ścieki z miasta i gminy Staszów oraz gminy Rytwiany (RLM=42500). Oczyszczalnia ścieków pracuje metodą niskoobciążonego osadu czynnego z nityfikacją i denityfikacją, a także biologiczną defosfotacją. Osad nadmierny poddawany jest odwodnieniu na prasie, a następnie stabilizowany wapnem.

Pobraną próbkę ustabilizowanych osadów ściekowych zredukowano do masy 8 g, suszono do stanu powietrzno-suchego w temperaturze 20°C przez 48 h. W przypadku analizowanych osadów zastosowano czterostopniową procedurę zalecaną przez Community Bureau of Reference (EC/BCR) z mineralizacją wodą królewską [13,14]:

- Etap I (ekstrakcja metali wymiennalnych i/lub związanych z węglanami za pomocą CH_3COOH (frakcja I – FI)): Odważono 2 g osadu ściekowego i przeniesiono do próbki wirnikowej o pojemności 100 cm³. Następnie dodano 40 cm³ 0,11-molowego roztworu kwasu octowego. Próbę wytrząsano 16 h w temperaturze pokojowej. Oddzielono ekstrakt od osadu ściekowego poprzez wirowanie (4000 obr/min.). W cieczy oznaczono zawartość metali rozpuszczalnych w wodzie
- Etap II (ekstrakcja frakcji redukowalnej za pomocą $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ (frakcja II – FII): Osad ściekowy przemityto 20 cm³ wody destylowanej (wytrząsano i wirowano). Następnie do osadu ściekowego dodano 40 cm³ 0,1-

molowego roztworu chlorowodoru hydroksyloaminy o pH=2. Do korekty pH wykorzystano kwas azotowy. Postępowano jak w kroku pierwszym (wytrząsano i wirowano). W cieczy oznaczono metale frakcji II.;

- Etap III (ekstrakcja frakcji utleniających za pomocą H_2O_2/CH_3COONH_4 (frakcja III – FIII)): Osad ściekowy przeniesiono ilościowo do parownic kwarcowych i dodano 10cm^3 30% H_2O_2 . Zawartość parownicy ogrzewano w łaźni wodnej w temperaturze 85°C w czasie jednej godziny. Czynność powtórzono dodając do osadu ściekowego 10cm^3 8,8-molowego roztworu H_2O_2 . Po wystudzeniu próbę osadu ściekowego przeniesiono do probówek wirnikowych, po czym dodano 50cm^3 roztworu CH_3COONH_4 ($1\text{mol}/\text{dm}^3$, pH=2). Próbę wytrząsano 16 h, a następnie oddzielono osad ściekowy od ekstraktu. W roztworze oznaczono formy metali III.
- Etap IV (ekstrakcja frakcji rezydualnej mieszaniną stężonych kwasów HCl, HNO_3 (frakcja IV-FIV)): Osad przemyto i wysuszono do stałej masy. Mineralizację frakcji rezydualnej przeprowadzono z udziałem wody królewskiej [14]. Do kolby stożkowej o objętości 300cm^3 zawierającej 0,5 g osadu dodano ostrożnie 30cm^3 stęż. HCl i 10cm^3 stęż. HNO_3 . Zawartość kolby ogrzewano 30 min., następnie odparowano do sucha. Po ochłodzeniu dodano 25cm^3 HCl (1+5), rozpuszczono osad ściekowy i przeniesiono do kolby miarowej i uzupełniono wodą destylowaną do 50cm^3 , następnie wymieszano i przesączono zawartość kolby do suchego naczynia. W przesączu oznaczono formy metali IV.

Zawartość metali ciężkich w uzyskanych ekstraktach określono za pomocą spektrofotometru emisyjnego ze wzbudzoną plazmą ICP-OES Perkin-Elmer Optima 8000¹⁾ w czterech niezależnych próbkach popiołów osadów ściekowych [15]. Kontrolę odzysku przeprowadzono w oparciu o certyfikowany materiał odniesienia BCR CRM 143R. Wyniki badań poddano analizie statystycznej celem wykluczenia błędów grubych. Wykorzystano w tym celu testy Dixona oraz Grubbsa [16].

3. Wyniki badań i ich interpretacja

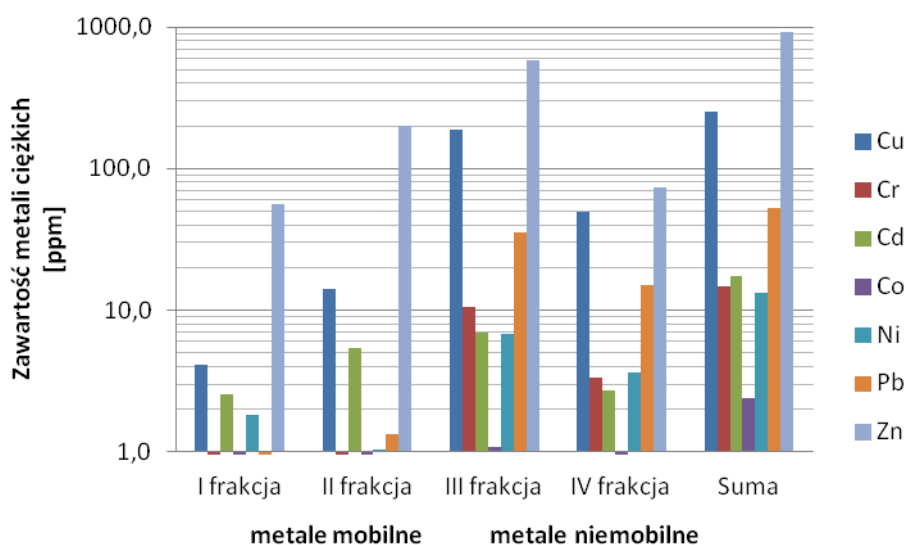
Średnią sumaryczną zawartość poszczególnych metali ciężkich w osadach ściekowych z oczyszczalni ścieków w Staszowie przedstawiono w tab. 3.1.

Tabela 3.1. Średnia sumaryczna zawartość metali ciężkich w $\text{mg}/\text{kg}_{\text{s.m.}}$ badanego osadu

Skład chemiczny próbki	Zawartość metali ciężkich w $\text{mg}/\text{kg}_{\text{s.m.}}$ osadu
Miedź (Cu)	253,9
Chrom (Cr)	14,6
Kadm (Cd)	17,5
Kobalt (Co)	2,4
Nikiel (Ni)	13,2
Ołów (Pb)	52,2
Cynk (Zn)	913,0

Analiza wykazała duże zróżnicowanie w sumarycznej zawartości pierwiastków w badanym osadzie. Ponadto poziomy zawartości metali ciężkich w badanych osadach ściekowych (tab. 3.1) nie przekroczyły limitów obowiązujących w Polsce dla osadów przeznaczonych do wykorzystania rolniczego (tab. 1.2). Sumaryczna zawartość metali ciężkich w szeregu malejącym przedstawia się następująco: $Zn > Cu > Pb > Cd > Cr > Ni > Co$. Pozostałe uzyskane wyniki badań przedstawiono na rysunkach 3.1-3.3.

¹⁾ Perkin-Elmer Optima 8000 ICP-OES – zakup został sfinansowany z programu MOLAB - „Rozwój bazy badawczej specjalistycznych laboratoriów uczelni publicznych regionu świętokrzyskiego”, finansowanego z Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka.

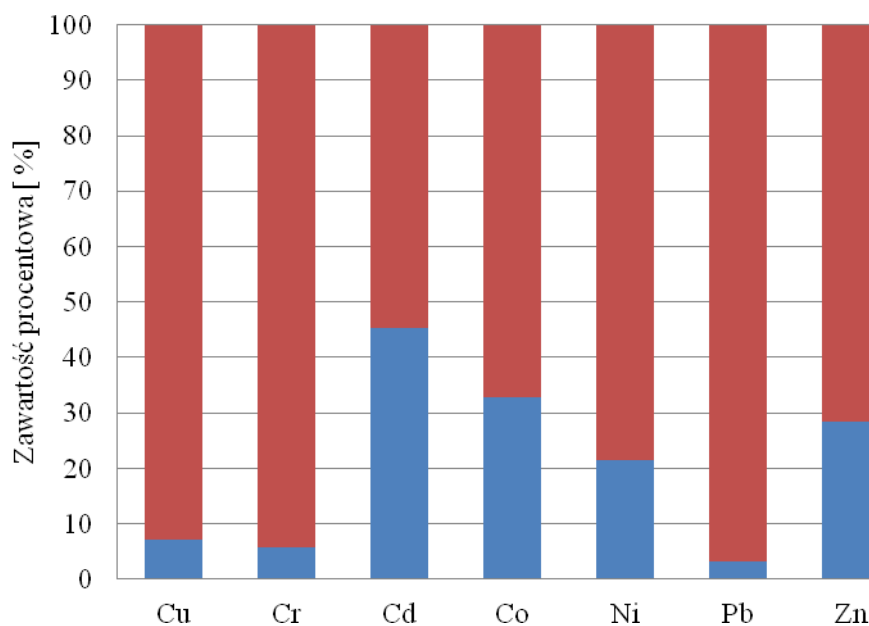


Rys. 3.1. Średnia zawartość metali ciężkich w poszczególnych frakcjach badanego osadu

Rysunek 3.1 prezentuje wyniki oznaczeń zawartości metali w analizowanych frakcjach, które zostały przeliczone na suchą masę osadu. Jak wyraźnie widać sumaryczna zawartość metali ciężkich nie jest równoznaczna z zawartością metali mobilnych, które mogą przedostać się do środowiska naturalnego. Średni udział poszczególnych metali ciężkich [mg/kg_{s.m.}] w wydzielonych frakcjach w analizowanym osadzie ściekowym przedstawiono w następujących szeregach malejących zawartości:

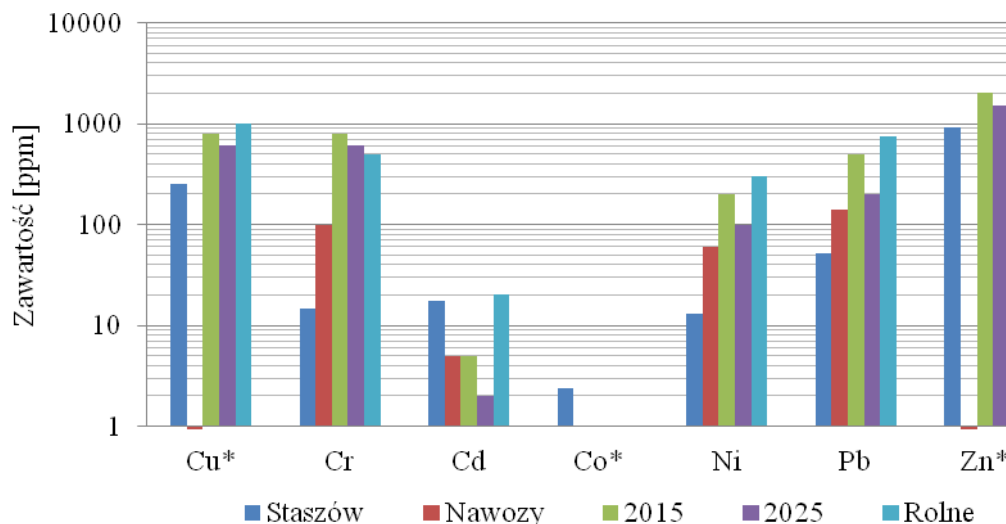
- Cu: FIII(186,5) > FIV(49,3) > FII(14,0) > FI(4,1),
- Cr: FIII(10,4) > FIV(3,3) > FII(0,5) > FI(0,4),
- Cd: FIII(6,9) > FII(5,4) > FIV(2,7) > FI(2,5),
- Co: FIII(1,1) > FIV(0,5) = FI(0,5) > FII(0,3),
- Ni: FIII(6,7) > FIV(3,7) > FI(1,8) > FII(1,0),
- Pb: FIII(35,5) > FIV(15,0) > FII(1,3) > FI(0,3),
- Zn: FIII(581,5) > FII(202,0) > FIV(72,9) > FI(56,6).

W przypadku wszystkich metali ciężkich ich najwyższa zawartość występuje we frakcji III (frakcja związana z materią organiczną i siarczkami). Najmniejsza ilość metali ciężkich występowała we frakcji I (Cu, Cr, Cd, Pb oraz Zn) – czyli frakcji rozpuszczalnej w kwasach i najbardziej mobilnej.



Rys. 3.2. Średni udział procentowy metali mobilnych (kolor niebieski) i niemobilnych (kolor czerwony) w badanych osadach ściekowych

Przeprowadzona analiza sekwencyjna wykazała, iż w osadach ściekowych są obecne różnorodne formy metali. W przypadku wszystkich analizowanych metali ciężkich (rys. 3.2) w zdecydowanej większości występują one w formie niemobilnej. Najbardziej mobilnym metalem ciężkim okazał się Cd, ponieważ aż 45% udział tworzą FI+FII. Powyżej 20% udział form mobilnych występuje również w przypadku Ni (21%), Zn (28%) oraz Co (33%). Najmniej mobilnym metalem ciężkim jest Pb, gdzie FI+FII stanowiły około 3%. Procentowa zawartość form niemobilnych metali ciężkich w szeregu malejącym przedstawia się następująco: Pb (97%) > Cr (94%) > Cu (93%) > Ni (78%) > Zn (72%) > Co (67%) > Cd (55%).



Rys. 3.3. Porównanie średniej sumarycznej zawartości metali ciężkich [ppm] w osadzie z oczyszczalni w Staszowie z wartościami dopuszczalnymi dla komunalnych osadach ściekowych wg obowiązujących normatywów [7] i planowanych zmian [17,18], *Cu, *Co, *Zn – metale ciężkie nienormowane w [17]

Poziomy zawartości metali ciężkich w badanych osadach ściekowych nie przekroczyły dopuszczalnych limitów obowiązujących w Polsce dla osadów przeznaczonych do wykorzystania rolniczego (rys. 3.3). Jednak w przypadku zmian limitów w prognozowanym okresie już od 2015r kadm przekroczyłby normatywną wartość i wykluczyłby stosowanie tego osadu. W pozostałych przypadkach zmiany normatywów nie spowodowałyby wykluczenia stosowania tych osadów ściekowych. Miedź, kobalt oraz cynk nie są pierwiastkami normowanymi w [10].

4. Podsumowanie

Metale ciężkie w wyniku oczyszczania ścieków kumulują się w osadach ściekowych. Znajomość całkowitej zawartości metali ciężkich nie obrazuje jednak potencjalnego zagrożenia, jakie stwarzają. Toksyczność metali ciężkich zależy od formy fizyczno-chemicznej w jakiej one występują. W badanym osadzie ściekowym z oczyszczalni ścieków w Staszowie metale ciężkie występowały głównie we frakcji III. Formy te nie stanowią dużego zagrożenia toksykologicznego. Najmniejsze ilości metali ciężkich występowały we frakcji I. Sumaryczna zawartość metali ciężkich w szeregu malejącym przedstawia się następująco: Zn (913mg/kg_{s.m.}) > Cu (254mg/kg_{s.m.}) > Pb (52mg/kg_{s.m.}) > Cd (18mg/kg_{s.m.}) > Cr (15mg/kg_{s.m.}) > Ni (13mg/kg_{s.m.}) > Co (2mg/kg_{s.m.}). Zawartości metali ciężkich w badanych osadach ściekowych nie przekroczyły dopuszczalnych limitów obowiązujących w Polsce dla osadów przeznaczonych do wykorzystania rolniczego oraz przyrodniczego.

Ponadto warto byłoby rozważenie wprowadzenia zmian w normach prawnych, tak aby uwzględniały formy mobilne oraz niemobilne metali ciężkich w osadach ściekowych. Zmiany takie mogłyby pozwolić na wykorzystanie większej ilości osadów ściekowych w celach przyrodniczych czy rolniczych.

Bibliografia

1. Ustawa z dnia 14.12.2012r. o odpadach, Dz.U. 2013 poz. 21, z późn. zm.
2. Karcz H., Kantorek M., Folga K., Butmankiewicz T., Kozakiewicz A., Maciejak D., Osady ściekowe alternatywnym paliwem dla kotłów energetycznych, *Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska*, vol. 6, s. 23-32, 2007
3. Bień J., Neczaj E., Worwąg M., Grosser A., Nowak D., Milczarek M., Janik M., Kierunki zagospodarowania osadów w Polsce po roku 2013, *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 2011, t. 14, nr 4, s. 375-384
4. Bień J. D., Zagospodarowanie komunalnych osadów ściekowych metodami termicznymi, *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, t. 15, nr 4, s. 439-449, 2012
5. Uchwała Nr 217 Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2010r. w sprawie „Krajowego planu gospodarki odpadami 2014”
6. GUS, *Ochrona Środowiska 2013*, Tabl.61
7. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010r w sprawie komunalnych osadów ściekowych, *Dz. U. Nr 137, poz. 924*
8. Gawdzik J., Długosz J., Mobility of heavy metals in sewage sludge selected based on sewage treatment plant in an Ostrowiec Świętokrzyski, *Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska*, vol. 15, nr 3, s. 9-16, 2013
9. Gawdzik J., Latosińska J., Analiza mobilności metali ciężkich w wybranych osadach ściekowych z oczyszczalni ścieków o różnej przepustowości, *Proceedings of ECOpole*, nr 6(1), s. 319-324, 2012, doi: 10.2429/proc.2012.6(1)044
10. Siebielec G., Stuczyński T., Metale śladowe w komunalnych osadach ściekowych wytwarzanych w Polsce, *Proceedings of ECOpole*, vol. 2, nr 2, s. 479-484, 2008
11. Karczewska A., Bogda A., Wolszczak M., Gałka B., Szopka K., Kabała C: Copper, lead, and zinc in soils within the industrial part of Różanka district in Wrocław, *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 41, 2009, s. 516-522

12. http://pgkim.pl/new/artukul.php?id_kat=13
 13. Chen M., Li X., Yang Q., Zeng G., Zhang Y., Liao D., Liu J., Hu J., Guo L.: Total concentration and speciation of heavy metals in sewage sludge from Changasha, Zhuzhou and Xiangtan in middle – south region of China, *Journal of Hazardous Materials*, 160, 2008, s. 324-329,
 14. EN ISO 15587:2002. Water quality. Digestion for the determination of selected elements in water. Part 1: Aqua regia digestion
 15. PN-EN ISO 11885:2009. Jakość wody – Oznaczanie wybranych pierwiastków metodą optycznej spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzoną (ICP-OES)
 16. Hyk W., Stojek Z.: *Analiza statystyczna w laboratorium analitycznym*. Komitet Chemii Analitycznej PAN. Warszawa 2000.
 17. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu, *Dziennik Ustaw* Nr 119, Poz.765
 18. Working document on sludge. 2000. 3rd Draft – EC DG XI, ENV/E.3/LM
-