

Możliwości nieprzemysłowego wykorzystania odpadów z uwzględnieniem zasad obowiązujących w ochronie środowiska

*Czesława Rosik-Dulewska, Urszula Karwaczyńska,
Tomasz Ciesielczuk, Katarzyna Głowala
Uniwersytet Opolski*

1. Wstęp

Rozwój gospodarczy i ciągle podnoszenie standardów życia powodują powstawanie ogromnej ilości odpadów wywołujących znamienne, negatywne skutki w naturalnym środowisku człowieka. Zarówno polityka międzynarodowa jak i działania podejmowane przez państwa na własnym terytorium coraz szerzej ukierunkowane są na opracowanie i wdrożenie takich mechanizmów działania, które pozwolą zmniejszyć ładunek zanieczyszczeń degradujących środowisko naturalne.

Polski przemysł energetyczny opierający się głównie na spalaniu węgla corocznie generuje miliony ton ubocznych produktów spalania (UPS). Każda tona spalonego węgla powoduje powstawanie ponad 280 kg odpadów stałych, w tym około 250 kg popiołów i żużli oraz 30 kg produktów odsiarczania spalin [7, 9]. W samych tylko krajach Unii Europejskiej w 2004 roku wytworzono 63 mln ton odpadów z energetycznego spalania paliw, z czego aż 68% stanowiły popioły lotne [11, 15].

Obecnie istnieje już wiele możliwości zagospodarowania popiołów lotnych, które dominuje nad unieszkodliwianiem ich poprzez składowanie, np. w latach 2003÷2008 w 90% były one gospodarczo wykorzystane [12, 16]. Mimo to nadal poszukuje się nowatorskich rozwiązań poszerzających zakres możliwości ich odzysku.

Innym problemem łączącym się z postępującym rozwojem cywilizacji są osady ściekowe pochodzące z oczyszczania ścieków komunalnych (przemysłowych także), których ilość wzrasta. Oczyszczanie ścieków z jednej strony

zapobiegnie zanieczyszczeniu gruntów i naturalnych cieków wodnych, z drugiej zaś spowoduje generowanie odpadów uciążliwych dla środowiska [5, 6].

Sposoby unieszkodliwiania i odzysku komunalnych osadów ściekowych muszą być opracowywane indywidualnie dla każdej oczyszczalni z uwzględnieniem charakterystyki powstającego osadu.

Przeróbka osadów ściekowych w każdej oczyszczalni ścieków powinna prowadzić do maksymalnego, ekonomicznie uzasadnionego zmniejszenia masy i objętości oraz pozbawienia ich szkodliwego wpływu na środowisko [1÷ 3]. Ponadto istnieje konieczność traktowania osadów ściekowych jako surowca o pewnej wartości nawozowej lub energetycznej, który umożliwi uzyskanie choćby częściowo zwrot poniesionych nakładów na budowę i eksploatację urządzeń do przeróbki osadów, sięgających nawet 50% ogólnych kosztów oczyszczalni [4, 8].

Ekologicznie i ekonomicznie uzasadnioną metodą postępowania jest ich przyrodnicze wykorzystanie. Niemniej jednak o postępie w gospodarce osadami ściekowymi zadecyduje kompleksowość działań w zakresie transformacji osadów ściekowych, systemów przyrodniczego ich wykorzystania oraz systemów monitoringu środowiska.

Osady ściekowe są trudne do zagospodarowania ze względu na ich ilość, ale także ze względu na ich skład chemiczny. Szczególna uciążliwość w ich wykorzystaniu wynika zazwyczaj z właściwości sanitarnych oraz z nadmiernej ilości metali ciężkich. Z tego względu wszelkie sposoby i metody trwałego oraz ich bezpiecznego unieszkodliwiania wydają się być uzasadnione [10].

W świetle powyższych faktów zarysowuje się poważny problem, którego rozwiązanie wydaje się być jednym z priorytetów w zakresie polityki ekologicznej. Nadmierna ilość omawianych odpadów determinuje do działania w zakresie tworzenia uregulowań prawnych oraz rozwiązań w zakresie zagospodarowania i unieszkodliwiania, z uwzględnieniem idei zrównoważonego rozwoju.

2. Metodyka badań

Materiałem wykorzystanym w pracach eksperymentalnych były granulaty popiołowo-osadowe (G) powstałe na bazie komunalnych osadów ściekowych (70%) pochodzących z Oczyszczalni Ścieków w Zabrze-Śródmieściu oraz popiołów lotnych z węgla brunatnego (30%) z Elektrowni Bełchatów. Właściwości osadów ściekowych i popiołów lotnych zostały zaprezentowane w tabeli 1 i 2. Mając na uwadze nawozowe wykorzystanie granulatów wzbogacono je w potas (który jest bardzo łatwo wymywany podczas procesu przeróbki osadów). W tym celu zastosowano ich modyfikacje solami (w pierwszym wariantcie) KCl (G+KCl) i (w drugim wariantcie) K_2SO_4 (G+ K_2SO_4) w takich samych proporcjach w stosunku do granulatu, czyli 344 g/kg s.m.

Tabela 1. Właściwości osadów ściekowych z Oczyszczalni ścieków komunalnych Zabrze
Table 1. Characteristic of sewage sludge from Municipal Sewage Treatment Plant Zabrze

Lp.	Oznaczany wskaźnik	Jednostka	Wartość oznaczenia
1.	Wilgotność	% wag.	86,00
2.	Substancje mineralne	% s.m.	58,13
3.	Substancje organiczne	% s.m.	41,87
4.	Cu	mg/kg s.m.	155,68
5.	Zn	mg/kg s.m.	3569,35
6.	Cd	mg/kg s.m.	3,09
7.	Ni	mg/kg s.m.	20,74
8.	Pb	mg/kg s.m.	187,07
9.	Cr	mg/kg s.m.	36,89
10.	Hg	mg/kg s.m.	1,99

Tabela 2. Właściwości popiołów lotnych z węgla brunatnego
Table 2. Characteristic of fly ash from brown coal

Lp.	Oznaczany wskaźnik	Symbol	Jednostka	Wartość oznaczenia
				Bełchatów
1.	Zawartość popiołu	A ^a	%	98,2
2.	Straty prażenia	–	%	1,8
3.	Tlenek krzemu(IV)	SiO ₂	%	50,36
4.	Tlenek glinu	Al ₂ O ₃	%	22,92
5.	Tlenek wapnia	CaO	%	12,88
6.	Tlenek żelaza(III)	Fe ₂ O ₃	%	4,48
7.	Tlenek siarki(VI)	SO ₃	%	4,03
8.	Tlenek magnezu	MgO	%	1,52
9.	Tlenek tytanu(IV)	TiO ₂	%	1,16
10.	Tlenek fosforu(V)	P ₄ O ₁₀ (P ₂ O ₅)	%	0,26
11.	Tlenek potasu	K ₂ O	%	0,21
12.	Tlenek sodu	Na ₂ O	%	0,11
13.	Tlenek manganu (II i III)	Mn ₃ O ₄ (MnO·Mn ₂ O ₃)	%	0,03

Osady ściekowe są alternatywą dla naturalnych nawozów organicznych, nie mniej jednak w porównaniu z tradycyjnymi organicznymi odpadami rolnymi (np. gnojowica, obornik) są bardziej zasobne w azot i fosfor, natomiast zawartość potasu jest w nich znacznie niższa.

W celu sprawdzenia mobilności zanieczyszczeń zawartych w granulatach popiołowo-osadowych, wyrażanej podatnością ich na wymywanie w wodzie, wykonano test wymywalności wg Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 21 grudnia 1999 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie opłat za składowanie odpadów (Dz.U. z 1999 r., Nr 110, poz. 1263 – obecnie zawieszony). Test wymywalności zgodnie z ww. Rozporządzeniem przewiduje jednostopniowe wymywanie. Czas trwania ekstrakcji wynosił 24 h, z czego 6 h to intensywne mieszanie, zaś 18 h – czas spoczynku próby.

Wyciągi wodne poddano analizie zgodnie z obowiązującymi Polskimi Normami na zawartość makro i mikroskaźników. Makroelementy oznaczano przy użyciu spektrofotometru firmy PHILIPS PU 8620, natomiast metale metodą absorpcyjnej spektroskopii atomowej (ASA) przy użyciu spektrometru PU 9100 X firmy UNICAM-PHILIPS.

Wyniki badań odniesiono do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi (Dz. U. Nr 137, poz. 984).

3. Omówienie i dyskusja wyników

W celu określenia potencjalnego zagrożenia dla środowiska przeprowadzono jednostopniowy test wymywalności mieszanin popiołowo-osadowych (p:o=3:7). Wyciągi wodne (tabela 3) charakteryzują się: odczynem zasadowym, przy czym pH (8,4) jest najwyższe w granulach niemodyfikowanych, natomiast obniża się po dodaniu soli potasowych (do 8,25 przy modyfikacji KCl i do 7,04 przy modyfikacji K₂SO₄) oraz wysoką przewodnością właściwą rosnącą wraz ze wzrastającym udziałem potasu, tj. najmniejszą dla wyciągu z granul bez modyfikacji – 1970 μS/cm, ponad 8-krotnie większą – 16280 μS/cm przy modyfikacji KCl i prawie 23-krotnie większą – 44800 μS/cm przy modyfikacji K₂SO₄, w stosunku do granul niemodyfikowanych.

Zawartość azotu amonowego (rys. 1) waha się od 93,3 mg N_{NH₄}/dm³ w wyciągu z granul bez modyfikacji, poprzez 73,2 mg N_{NH₄}/dm³ przy modyfikacji KCl do 136,5 mg N_{NH₄}/dm³ przy modyfikacji K₂SO₄ i w każdym przypadku przekracza zawartość dopuszczalną (10 mg N_{NH₄}/dm³) wg [14].

Wysoka zawartość azotu azotynowego (rys. 1) dla wyciągu z granul bez modyfikacji (246 mg N_{NO₂}/dm³), maleje 7-krotnie (do 35 mg N_{NO₂}/dm³) przy modyfikacji KCl i 29-krotnie (do 8,4 mg N_{NO₂}/dm³) przy modyfikacji K₂SO₄, przekraczając jednak w każdym przypadku zawartość normowaną Rozporządzeniem [14] – 1 mg N_{NO₂}/dm³.

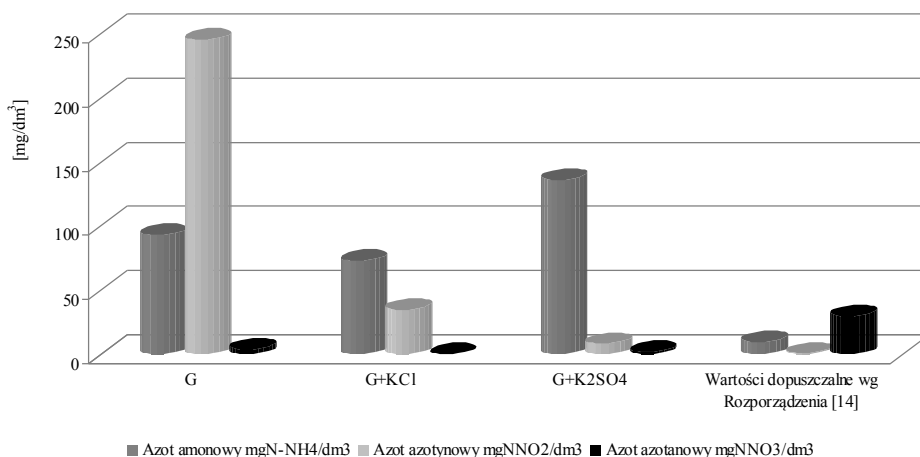
Tabela 3. Wyniki analiz chemicznych z wyciągów wodnych z testu jednostopniowego granulatów popiołowo-osadowych

Table 3. Analysis results of water leachates from one stage leaching test of ash-sludge granulates

Lp.	Oznaczany wskaźnik	Jednostka	Wartość oznaczenia			Wartości dop. wg Rozporządzenia [14]
			G	G+KCl	G+K ₂ SO ₄	
1.	Odczyn	–	8,40	8,25	7,24	6,5÷9
2.	Przewodność	μS/cm	1970	16280	44800	–
3.	Azot amonowy	mg NNH ₄ /dm ³	93,3	73,2	136,5	10
4.	Azot azotynowy	mg NNO ₂ /dm ³	246	35	8,4	1
5.	Azot azotanowy	mg NNO ₃ /dm ³	3,91	0,52	2,13	30
6.	o-fosforany	mg PO ₄ /dm ³	24,9	43,6	398	–
7.	ChZT _{KMnO4}	mg O ₂ /dm ³	253	6556	1094	–
8.	ChZT _{K2Cr2O4}	mg O ₂ /dm ³	590	149000	3993	125
9.	Chlorki	mg Cl/dm ³	58	9900	237	1000
10.	Siarczany	mg SO ₄ /dm ³	864	913	10493	500
11.	Wapń	mg Ca/dm ³	578	1102	390	–
12.	Magnez	mg Mg/dm ³	226	850	136	–
13.	Potas	mg K/dm ³	164	30075	4368	80
14.	Cu	mg Cu/dm ³	0,06	0,08	0,795	0,1
15.	Zn	mg Zn/dm ³	0,98	0,23	10,9	2
16.	Cd	mg Cd/dm ³	<0,005	<0,005	<0,01	–
17.	Ni	mg Ni/dm ³	0,035	0,035	0,465	0,5
18.	Pb	mg Pb/dm ³	0,025	0,045	0,250	0,5
19.	Cr	mg Cr/dm ³	<0,02	0,045	0,145	1

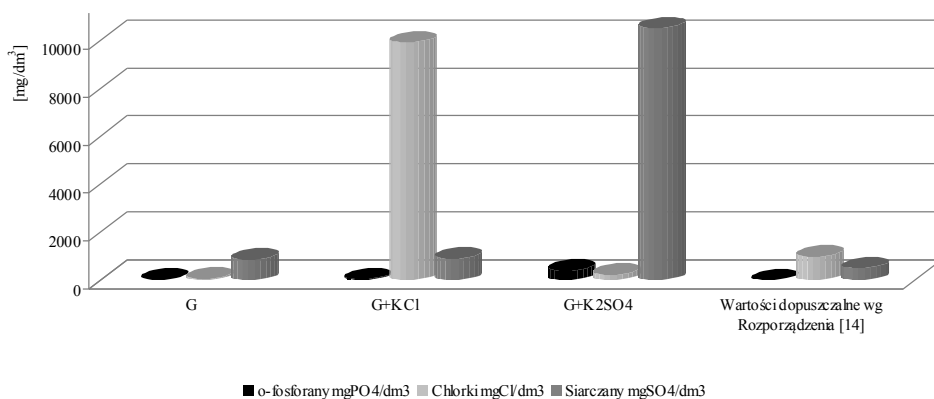
– wartości nie są normowane wg [14]

Zawartość azotu azotanowego (rys. 1) w eluatach jest stosunkowo niska w stosunku do normowanej (30 mg N_{NO₃}/dm³) wg [14] i waha się od 3,91 mg N_{NO₃}/dm³ dla wyciągu z granul bez modyfikacji, poprzez 0,52 mg N_{NO₃}/dm³ przy modyfikacji KCl do 2,13 mg N_{NO₃}/dm³ przy modyfikacji K₂SO₄).



Rys.1. Formy azotu w granulatach popielowo-osadowych
Fig.1. Forms of nitrogen in ash-sludge granulates

Zawartość o-fosforanów (rys. 2) nie jest normowana Rozporządzeniem [14], ale wzrasta od 24,9 mg PO₄/dm³ w wyciągu z granul bez modyfikacji do 43,6 mg PO₄/dm³ i do 398 mg PO₄/dm³ w wyniku modyfikacji (kolejno) KCl i K₂SO₄.



Rys. 2. Zawartość orto-fosforanów, chlorków i siarczanów w granulatach popielowo-osadowych
Fig. 2. Content of ortho-phosphates, chlorides, sulphates in ash-sludge granulates

Zawartość chlorków (rys. 2) w dwóch eluatach jest stosunkowo niska w stosunku do zawartości normowanej Rozporządzeniem [14] tj. 1000 mg Cl/dm³,

(58 mg Cl/dm³ dla wyciągu z granul bez modyfikacji i 237 mg Cl/dm³ przy modyfikacji K₂SO₄) natomiast bardzo wysoka – 9900 mg Cl/dm³ przy modyfikacji KCl, co jest zrozumiałe.

Wysoka zawartość siarczanów (rys. 2) w wyciągu z granul bez modyfikacji (846 mg_{SO₄}/dm³) oraz modyfikowanych KCl (914 mg SO₄/dm³) wzrasta jeszcze w eluatach z granul po modyfikacji K₂SO₄ (do 10493 mg SO₄/dm³), co również jest zrozumiałe. Stężenie siarczanów w wyciągu wodnym z granul niemodyfikowanych i modyfikowanych KCl przekracza prawie dwukrotnie dopuszczalną Rozporządzeniem [14] zawartość (500 mg/dm³) oraz 21 krotnie przy modyfikacji K₂SO₄.

Zawartość wapnia w eluatach z granul niemodyfikowanych jest ok. 2,6 razy większa od zawartości magnezu (tabela 3), przy modyfikacji KCl – 1,3 razy większa, a 2,9 razy większa przy modyfikacji K₂SO₄.

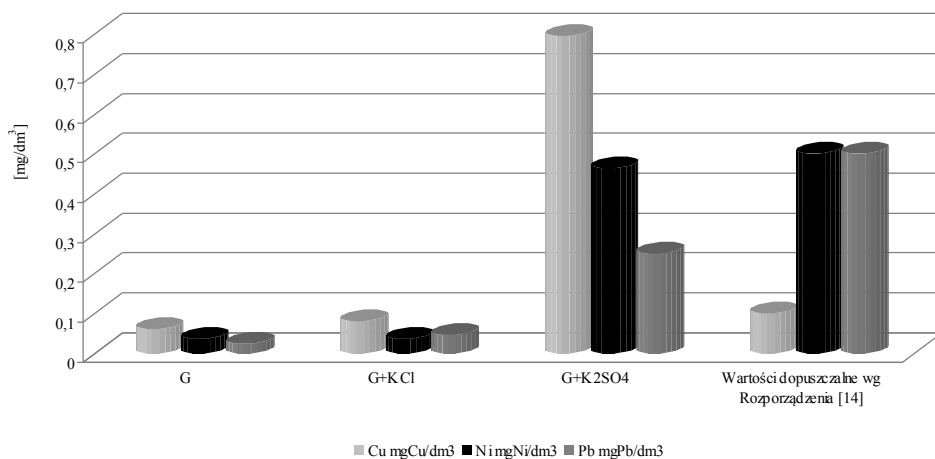
Zawartości wapnia i magnezu wahają się kolejno od 578 mg Ca/dm³ i 226 mg Mg/dm³ w wyciągu z granul bez modyfikacji, poprzez 1102 mg Ca/dm³ i 850 mg Mg/dm³ przy modyfikacji KCl do 389 mg Ca/dm³ i 136 mg Mg/dm³ przy modyfikacji K₂SO₄. Wskaźniki te nie są normowane Rozporządzeniem [14], a w warunkach gleb Polski bardzo pożądane.

Zawartości potasu (tabela 3) wzrastają od 164 mg K/dm³ dla wyciągu z granul bez modyfikacji do 30075 mg K/dm³ przy modyfikacji KCl i 4368 mg K/dm³ przy modyfikacji K₂SO₄. Wskaźnik ten wg Rozporządzenia [14] (80 mg K/dm³) jest przekroczony od 2 razy (dla wyciągu z granul bez modyfikacji) do 55 razy (przy modyfikacji K₂SO₄) i 376 razy (przy modyfikacji KCl). W związku z powyższym granulaty mogą być potencjalnym źródłem potasu łatwo dostępnego dla roślin.

Spośród oznaczonych mikroelementów (tabela 3) zawartości niklu, ołowiu i chromu we wszystkich eluatach nie przekraczały wartości normowanych Rozporządzeniem [14]. Mimo to obserwowano wzrost zawartości: niklu (od 0,035 mg Ni/dm³ dla wyciągu z granul bez modyfikacji oraz przy modyfikacji KCl do 0,465 mg Ni/dm³ przy modyfikacji K₂SO₄), ołowiu (od 0,025 mg Pb/dm³ dla wyciągu z granul bez modyfikacji, poprzez 0,045 mg Pb/dm³ przy modyfikacji KCl do 0,25 mg Pb/dm³ przy modyfikacji K₂SO₄) i chromu (od 0,020 mg Cu/dm³ dla wyciągu z granul bez modyfikacji, poprzez 0,045 mg Cu/dm³ przy modyfikacji KCl do 0,145 mg Cu/dm³ przy modyfikacji K₂SO₄), w eluatach z granulatów modyfikowanych.

Podobną tendencję wykazuje kadm (tabela 3) – wskaźnik nie normowany Rozporządzeniem [14], którego zawartość w eluacie z granul modyfikowanych K₂SO₄ jest 2-krotnie większa niż w wyciągu z granul bez modyfikacji oraz przy modyfikacji KCl.

Podobnie ługuje się miedź (rys. 3), której zawartość jest najniższa ($0,06 \text{ mg Cu/dm}^3$) w wyciągu z granul bez modyfikacji, następnie wzrasta do $0,08 \text{ mg Cu/dm}^3$ przy modyfikacji, KCl i do $0,795 \text{ mg Cu/dm}^3$ przy modyfikacji K_2SO_4 , w ostatnim przypadku jest to 8-o krotne przekroczenie wartości dopuszczalnej ($0,1 \text{ mg}_{\text{Cu}}/\text{dm}^3$), Rozporządzeniem [14].



Rys. 3. Zawartość miedzi, niklu i ołowiu w granulatach popiołowo-osadowych
Fig. 3. Content of copper, nickel and lead in ash-sludge granulates

Zawartość cynku (tabela 3) jest zmienna i waha się od $0,975 \text{ mg Zn/dm}^3$ dla wyciągu z granul bez modyfikacji, poprzez $0,23 \text{ mg Zn/dm}^3$ przy modyfikacji KCl do $10,65 \text{ mg Zn/dm}^3$ przy modyfikacji K_2SO_4 . Normowana Rozporządzeniem [14] zawartość cynku (2 mg Zn/dm^3) została 5-o krotnie przekroczona tylko w eluatach przy modyfikacji granulatów K_2SO_4 .

Na podstawie wykonanych analiz wyciągów wodnych z granulatów obliczono ładunki wyługowanych zanieczyszczeń w mg/kg s.m. (tabela 4). Analizowane eluaty z granulatów charakteryzują się:

- wysokim ładunkiem wymywanego azotu amonowego ($627 \div 1184 \text{ mg/kg s.m.}$) przy wysokim ładunku wymywanych azotynów (z granulatów niemodyfikowanych – 1652 mg/kg s.m. , malejącym do 235 mg/kg s.m. przy modyfikacji KCl i do 73 mg/kg s.m. przy modyfikacji K_2SO_4) i proporcjonalnie stosunkowo niskim ładunkiem azotanów (wahającym się od $26,3 \text{ mg/kg s.m.}$, dla granulatów niemodyfikowanych, poprzez $3,5 \text{ mg/kg s.m.}$ przy modyfikacji KCl, do $18,5 \text{ mg/kg s.m.}$ przy modyfikacji K_2SO_4).
- wzrastającą po modyfikacji granulatów, zawartością ładunków o-fosforanów od 168 mg/kg s.m. , z granulatów niemodyfikowanych, poprzez 292 mg/kg s.m. przy modyfikacji KCl i do 3435 mg/kg s.m. przy modyfikacji K_2SO_4 .

- bardzo wysokim ładunkiem wylugowanych siarczanów wzrastającym jeszcze w granulatach modyfikowanych (od 5812 mg/kg s.m. dla granulatów niemodyfikowanych, poprzez 6121 mg/kg s.m. przy modyfikacji KCl i do 91027 mg/kg s.m. przy modyfikacji K₂SO₄).
- wysokimi wartościami ładunków dla ChZT dwuchromianowego (od 3970 mg/kg s.m. z granulatów niemodyfikowanych, poprzez 998300 mg/kg s.m. przy modyfikacji KCl i do 34640 mg/kg s.m. przy modyfikacji K₂SO₄).

Tabela 4. Ładunki wymywanych zanieczyszczeń z testu jednostopniowego z granulatów popiołowo-osadowych [mg/kg s.m.]

Table 4. Loads of leached pollutants in one stage leaching test of ash-sludge granules [mg/kg dw]

Lp.	Oznaczany wskaźnik	Ładunki wymywanych wskaźników [mg/kg s.m.]		
		G	G+KCl	G+K ₂ SO ₄
1.	Azot amonowy	627	490	1184
2.	Azot azotynowy	1652	235	73
3.	Azot azotanowy	26,3	3,5	18,5
4.	o-fosforany	168	292	3453
5.	ChZT _{KMnO₄}	1699	43925	9491
6.	ChZT _{K₂Cr₂O₇}	3970	998300	34640
7.	Chlorki	390	66330	2057
8.	Siarczany	5812	6121	91027
9.	Wapń	3887	7380	3373
10.	Magnez	1520	5695	1179
11.	Potas	1100	201503	37888
12.	Cu	0,4	0,54	6,90
13.	Zn	6,56	1,54	92,4
14.	Cd	0,034	0,034	0,087
15.	Ni	0,24	0,24	4,03
16.	Pb	0,17	0,30	2,17
17.	Cr	0,14	0,30	1,26

W przypadku takich wskaźników jak: o-fosforany, siarczany oraz potas, miedź, kadm, nikiel, ołów, chrom ładunki wzrastają w układzie: granulaty niemodyfikowane, modyfikowane KCl, modyfikowane K₂SO₄. Odwrotnie jest w przypadku azotu azotynowego.

W przypadku takich wskaźników jak: azot amonowy, azot azotanowy, chlorki, ChZT_{KMnO₄}, ChZT_{K₂Cr₂O₇} oraz wapń, magnez i cynk zaobserwowano zmienność ładunków wymywania z mieszanin popiołowo-osadowych niemodyfikowanych oraz w modyfikacji solami potasu.

4. Wnioski

1. W wyciągach wodnych z omawianych granulatów popiołowo-osadowych odnotowano przekraczanie dopuszczalnej Rozporządzeniem dla ścieków odprowadzanych do wód i do ziemi [14], zawartości azotu amonowego, azotu azotynowego, $\text{ChZTK}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, siarczanów i potasu, oraz 10-o krotne przekroczenie zawartość chlorków, w eluacie z granulatu modyfikowanego KCl.
2. Metale ciężkie w wyciągach wodnych z dwóch granulatów tj. niemodyfikowanym i modyfikowanym KCl oznaczono na niskim poziomie nie przekraczającym wartości dopuszczalnych wg Rozporządzenia natomiast w granulacie modyfikowanym K_2SO_4 oznaczono nastąpiło 5-o krotne przekroczenie dla cynku i 8-o krotne dla miedzi.
3. Test wymywalności wykazał, że największy ładunek znaczących wskaźników jest wymywany z granulatów popiołowo-osadowych modyfikowanych K_2SO_4 , a najmniejszy z granulatów niemodyfikowanych.
4. Największy ładunek metali ciężkich oznaczono w eluatach z granulatów popiołowo-osadowych modyfikowanych K_2SO_4 , na co prawdopodobnie ma wpływ obniżający się odczyn (7,24) w stosunku do eluatów niemodyfikowanych (8,40).
5. Dalsze badania prowadzone są w kierunku doboru składu granulatów, czyli odpowiedniej proporcji osadów ściekowych z oczyszczalni ścieków komunalnych i popiołów z węgla brunatnego, a także czynnikami korygującymi odczyn.
6. Analizując wyniki testu wymywalności wykazano potencjalne zagrożenie analizowanych granulatów popiołowo-osadowych w sytuacji zastosowania ich jako nawozu organiczno-mineralnego jednak wprowadzanie roślinności ograniczy zagrożenie związane z wymywaniem potencjalnych miogenów, które zostaną przez nie wykorzystane. Przeprowadzone w czasie rzeczywistym i symulowanym badania lizymetryczne pozwolą na poznanie tempa uwalniania omawianych makro- i mikroelementów, i na tej podstawie można będzie ustalić dawki w jakich granulaty będą mogły być stosowane, tak aby zapewnić ciągłość „dostawy” dla roślin i całkowicie zabezpieczyć środowisko gruntowo-wodne.

Literatura

1. **Bernacka J., Pawłowska L.:** *Przeróbka i zagospodarowanie osadów z miejskich oczyszczalni ścieków. Ocena sposobu oraz kierunki rozwiązań*, Wydawnictwo Instytutu Ochrony Środowiska, Warszawa 1996.
2. **Bernacka J., Pawłowska L.:** *Zagospodarowanie i wykorzystanie osadów z miejskich oczyszczalni ścieków. Wybrane problemy*. Wydawnictwo Instytutu Ochrony Środowiska, Warszawa 1994.

3. **Bień J.B.:** *Osady ściekowe – teoria i praktyka*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2002.
4. **Bień J.B., Bień J.D., Matysiak B.:** *Gospodarka odpadami w oczyszczalniach ścieków*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 1999.
5. **Bień J.B., Bień J.D., Wystalska K.:** *Problemy gospodarki osadowej w ochronie środowiska*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 1998.
6. **Bień J.B., Bień J.D., Wystalska K., Matysiak B., Kuzior A.:** *Zagospodarowanie i utylizacja niektórych osadów ściekowych*. Mat. Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej pt. *Osady ściekowe odpady czy surowiec?*, Częstochowa 26-28 czerwca 1997. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 1997.
7. **Bolt A., Byczkowski M.:** *Zastosowanie popiołów do wzmacniania zdegradowanego podłoża*. Mat. IX Międzynarodowej Konferencji pt. *Popioły z energetyki*, Ustroń, 8-11 październik 2002.
8. **Budzińska K., Jurek A.:** *Parazytologiczna ocena osadów surowych i odkażonych wapnem palonym z wybranych oczyszczalni ścieków*, *Ekologia i Technika* 2 58-63, 2002.
9. **Chrzanowski Z., Sobiech A.:** *Doświadczenia „EKO-ZEC” Poznań w wykorzystaniu odpadów energetycznych w latach 1994-2001*. Mat. IV Międzynarodowego Forum Gospodarki Odpadami pt. *Systemy gospodarki odpadami*, Poznań-Piła, 27-30 maja 2001.
10. **Girczys J., Rećko K.:** *Możliwość termicznej utylizacji osadów ściekowych*. Mat. Krajowej Konferencji Naukowo-Technicznej pt. *Nowe technologie w uzdatnianiu wody, oczyszczaniu ścieków i gospodarce osadowej*, Częstochowa-Ustroń 25-26 lutego 1997, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 1997.
11. Główny Urząd Statystyczny, Departament Statystyki Rolnictwa i Środowiska. Zakład Wydawnictw Statystycznych 2005.
12. **Rosik-Dulewska Cz.:** *Higienizacja osadów ściekowych mineralnymi surowcami odpadowymi*. Materiały VI Ogólnopolskiego Sympozjum Naukowo-Technicznego w ramach 14 sekcji „Biotechnologia w ochronie środowiska”, I Krajowy Kongres Biotechnologii, Wrocław 23-24 września 1999.
13. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz.U. Nr 134, poz. 1140).
14. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U.2006.Nr137poz984).
15. **Skalmowski K. red.:** *Poradnik gospodarowania odpadami: podręcznik dla specjalistów i referentów ds. ochrony środowiska*, Wydawnictwo Verlag Dashöfer, Warszawa 2004.
16. **Sobczyk R.:** *Wykorzystanie popiołów lotnych do produkcji kompozytów mineralno-organicznych na bazie ubocznych produktów spalania węgla i osadów ściekowych*. Materiały IX Międzynarodowej Konferencji pt. *Popioły z energetyki*, Ustroń, 8-11 październik 2002.

Possibilities of Non Industrial Re-Use of Waste According to Rules of Environment Protection

Abstract

The aim of this work was to estimate mobility of pollutants contained in ash-sludge granulates, expressed by their possibilities of elution by water and by estimating their potential danger to the environment. Materials used in experimental research (one stage leaching tests) was ash-sludge granulates made of two different kinds of waste: fly ashes from brown coal (30%) from 'Bełchatów' Powerplant and communal sewage sludge (70%) from municipal sewage treatment plant in Zabrze (southern Poland). However sewage sludge are an alternative to organic fertilizers (e.g. manure) and nitrogen and phosphorus content is relatively high but potassium concentrations are much less. Tested sewage sludge were modified by various potassium salts, which would improve their fertilizing abilities because potassium is easy-leaching element during sewage treatment. In first part of sewages KCl and in second K_2SO_4 were used both in load 344 g/kg d.m. Blank tests were carried on unmodified material. One stage leaching test were carried and equilibrium was reached after 24 hours. Water extracts (eluates) were analyzed for presence of nitrogen group compounds, phosphorus, chlorides, sulphates, magnesium, calcium and heavy metals. Also loads of particular compounds were calculated. On the basis of research (leaching test) there has been calculated a load of the pollution that were being washed out in mg/kg dry mass of used granulates. Eluates obtained in one-stage leaching tests had alkaline pH and high EC value which rise with potassium concentrations. In eluates from tested materials some parameters (e.g. ammonium, nitrites, COD, sulphates and potassium) exceed polish limits for sewages discharged to waters and grounds. Especially high were chlorides concentrations (10 times to high) due to KCl content. The highest heavy metals concentrations were observed in eluates from granulates modified by K_2SO_4 due to lower pH value in comparison to unmodified material. In next step in this researches will be to find optimal balance between fly ash and sewage sludge and use compounds for pH corrections.