Joanna Czarnota
Adam Masłoń
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

ASPEKTY EKOLOGICZNE PRZYRODNICZEGO WYKORZYSTANIA OSADÓW ŚCIEKOWYCH

Streszczenie

W pracy przedstawiono zagadnienia związane z przyrodniczym wykorzystaniem komunalnych osadów ściekowych, również w kontekście obszarów turystycznych, takich jak Pogórze Dynowskie, z punktu widzenia ochrony środowiska. Nieuporządkowana gospodarka ściekowa, w tym również osadami ściekowymi, na terenach o szczególnych walorach kulturowych i przyrodniczych może stanowić istotne zagrożenie dla ich atrakcyjności. Dokonano analizy obowiązujących przepisów prawnych, które rygorystycznie regulują możliwości stosowania osadów w środowisku naturalnym. Ponadto dokonano oceny przekształcania osadów ściekowych w pełnowartościowe nawozy organiczne lub organiczno-mineralne.

Słowa kluczowe: komunalne osady ściekowe, aspekty prawne, nawóz z osadów ściekowych

ECOLOGICAL ASPECTS OF NATURAL USE OF SEWAGE SLUDGE

Summary

The paper presents issues related to the natural use of sewage sludge, also in the context of the tourist areas, such as the Dynowskie Foothills. Unordered wastewater management, including sewage sludge, in areas of special cultural value and nature can be a significant threat to their attractiveness. An analysis of existing legislation, which strictly regulate the possibilities of the use of sewage sludge in the environment. In addition, the evaluation of treatment of sewage sludge in wholesome organic fertilizers and organic-mineral.

Keywords: municipal sewage sludge, legislation, fertilizer from sewage sludge

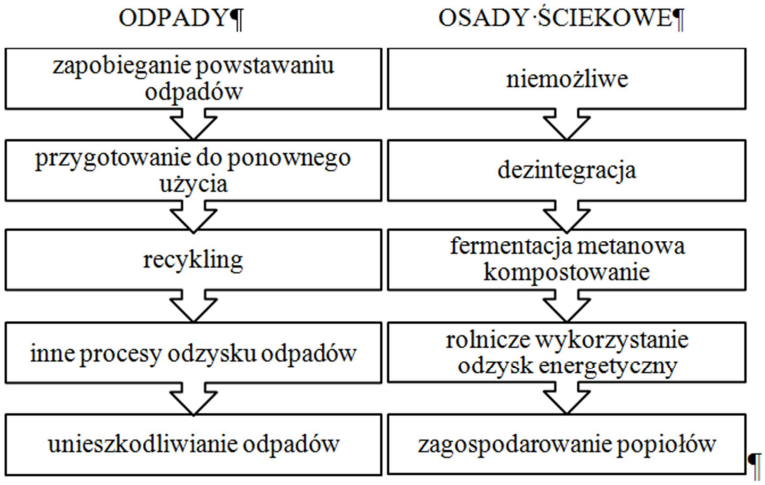
1. Wprowadzenie

Osady ściekowe zgodnie z art. 3 ustawy o odpadach z 14 grudnia 2012 r. [23] zostały zdefiniowane jako 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. W Polsce

osady ściekowe stanowią odpad, którego zagospodarowanie determinowane jest m.in. przez: ustawę o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r. [23], Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych [20], Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania do składowania na składowiskach danego typu [18], jak również Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2014 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. z 2014 r., poz. 1923). Ponadto istotne zagadnienia dla omawianej problematyki zostały zawarte w ustawie o ochronie gruntów rolnych i leśnych, ustawie o nawozach i nawożeniu oraz ustawie Prawo ochrony środowiska. Dyrektywa środowiskowa, ani żadna inna dyrektywa unijna nie definiuje osadów ściekowych jako odpadu. Zgodnie z Dyrektywą Rady 91/271/EWG z dnia 21 maja 1991 r. [3], dotyczącą oczyszczania ścieków komunalnych, osad oznacza powstający osad komunalny, oczyszczony lub nie, pochodzący z oczyszczalni ścieków komunalnych.

Każdej technologii oczyszczania ścieków towarzyszy nieodzownie proces powstawania osadów ściekowych, zapobieganie któremu jest niemożliwe, dlatego tak ważne jest stosowanie recyklingu i innych metod odzysku tej grupy odpadów. Hierarchię sposobów postępowania z odpadami określiła ustawa o odpadach [23] (ryc. 1).

Ryc. 1. Hierarchia sposobów postępowania z odpadami i osadami ściekowymi



Źródło: J. Podedworna, Komunalne osady ściekowe i metody ich zagospodarowania w Polsce obecnie i w perspektywie najbliższych lat, [w:] J.A. Tomaszek, A. Masłoń (red.), Innowacyjne i ekologiczne rozwiązania w ochronie środowiska w aspekcie zrównoważonego rozwoju województwa podkarpackiego, materiały szkoleniowe, Rzeszów–Polańczyk 2013, s. 64.

Odpowiednie postępowanie z osadami ściekowymi obejmuje takie procesy, jak: dezintegrację – proces zmierzający do rozdrobnienia osadu, prowadzący do znacznych zmian ich struktury i właściwości, recykling – np. kompostowanie i inne procesy biologicznego przekształcania prowadzące do wytworzenia pełnowartościowego produktu, jak również inne procesy odzysku – stosowanie osadów poza instalacjami,

energetyczne wykorzystanie [8, 17]. Bezpośrednie wykorzystanie osadów ściekowych w rolnictwie w celach nawozowych jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych i korzystnych pod względem ekonomicznym sposobów zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych [25, 26].

Celem opracowania jest ocena przyrodniczego wykorzystania osadów ściekowych z punktu widzenia ochrony środowiska. W opracowaniu zwrócono szczególną uwagę na wymogi, jakie stawiają obowiązujące akty prawne w zakresie wprowadzania osadów do środowiska, jak również zagłębiono się w temat przekształcania osadów ściekowych w pełnowartościowe nawozy, które można stosować m.in. w rolnictwie.

2. Kierunki zagospodarowania osadów ściekowych w Polsce

Zagospodarowanie powstających osadów ściekowych wciąż stanowi poważny problem dla wielu eksploatatorów oczyszczalni ścieków. Prognozy dotyczące ilości wytwarzanych osadów ściekowych, zarówno w Polsce, jak i w pozostałych krajach Unii Europejskiej, zakładają ciągły wzrost ilości osadów ściekowych, a analiza sposobów ich zagospodarowania wskazuje na zmniejszenie ilości osadów składowanych na składowiskach oraz na zwiększenie ilości osadów spalanych czy też stosowanych w rolnictwie (tab. 1). W raporcie sporządzonym na zlecenie Komisji Europejskiej z 2010 r. prognozowana ilość osadów ściekowych dla Polski w 2020 r. ma wynieść 950,0 tys. Mg s.m.[1] – z taką prognozą Polska, pośród krajów UE, zajmuje 6 miejsce pod względem ilości wytwarzanych osadów ściekowych [14].

W oparciu o dane zawarte w Krajowym Programie Gospodarki Odpadami 2014 (tab. 2) zakłada się sukcesywny wzrost wytwarzanej ilości osadów, która to w 2022 r. osiągnie wielkość 746,0 tys. Mg s.m. W opracowaniu tym po roku 2018 przyjęto zmniejszenie o około połowę przyrostu masy osadów wytwarzanych w stosunku do przyrostu w latach 2011–2018, gdyż w tym okresie będą kanalizowane głównie obszary zabudowy rozproszonej i liczba mieszkańców przyłączanych do systemów kanalizacji i oczyszczalni ścieków komunalnych będzie mniejsza [12].

Tab. 1. Polska na tle Unii Europejskiej – ilość i prognoza wytwarzanych osadów ściekowych oraz kierunki ich wykorzystania

Państwo	Rok 2010					Rok 2020				
	Produkcja osadów	Rolnictwo	Spalanie	Składowanie	Inne	Produkcja osadów	Rolnictwo	Spalanie	Składowanie	Inne
	[Mg s.m. /rok]	[%]	[%]	[%]	[%]	[Mg s.m. /rok]	[%]	[%]	[%]	[%]
Bułgaria	47 000	50	0	30	20	151 000	60	10	10	20
Cypr	10 800	50	0	40	10	17 620	50	10	30	10
Czechy	260 000	55	25	10	25	260 000	75	20	5	5

1. s.m. – sucha masa.

Estonia	33 000	15			85	33 000	15			85
Węgry	175 000	75	5	10	5	200 000	60	30	5	5
Łotwa	30 000	30		40	30	50 000	30	10	20	30
Litwa	80 000	30	0	5	65	80 000	55	15	5	25
Malta	10 000			100		10 000	10		90	
Polska	520 000	40	5	45	10	950 000	25	10	20	45
Rumunia	165 000	0	5	95		520 000	20	10	30	40
Słowacja	55 000	50	5	5	10	135 000	50	40	5	5
Słowenia	25 000	5	25	40	30	50 000	15	70	10	5
Austria	273 000	15	40	>1	45	280 000	5	85	>1	10
Belgia	170 000	10	90			170 000	10	90		
Dania	140 000	50	45			140 000	50	45		
Finlandia	155 000	5			95	155 000	5	5		90
Francja	1 300 000	65	15	5	15	1 400 000	75	15	5	5
Niemcy	2 000 000	30	50	0	20	2 000 000	25	50	0	25
Grecja	260 000	5		95		260 000	5	40	55	
Irlandia	135 000	75		15	10	135 000	70	10	5	10
Włochy	1 500 000	25	20	25	30	1 500 000	35	30	5	30
Luksemburg	10 000	90	5		5	10 000	80	20		
Holandia	560 000	0	100			560 000	0	100		
Portugalia	420 000	50	30	20		750 000	50	40	5	5
Hiszpania	1 280 000	65	10	20		1 280 000	70	25	5	
Szwecja	250 000	15	5	1	75	250 000	15	5	1	75
UK	1 640 000	70	20	1	10	1 640 000	65	25	1	10

Źródło: Milieu Ltd, WRc, RPA, 2010, Environmental, economic and social impacts of the use of sewage sludge on land, Final Report, Part I: Overeview Report, Belgium, s. 8.

Tab. 2. Prognoza wytwarzania komunalnych osadów ściekowych w Polsce

Wyszczególnienie	Jednostka	Rok						
		2011	2014	2015	2016	2018	2019	2022
Masa wytworzonych komunalnych osadów ściekowych	[tys. Mg s.m.]	621,0	651,0	662,0	682,0	726,0	731,0	746,0
Masa wytworzonych komunalnych osadów ściekowych o uwodnieniu ok. 80%	[tys. Mg]	3105,0	3255,0	3310,0	3410,0	3630,0	3655,0	3730,0

Źródło: Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2014, Monitor Polski Nr 101, Warszawa 2010, s. 5317.

Z kolei analiza danych statystycznych GUS wykazuje, że ilość wytwarzanych komunalnych osadów ściekowych jest niższa niż przedstawione prognozy (tab. 3) [5, 6]. Przykładowo w roku 2011 wytworzonych zostało o 101,8 tys. Mg s.m. mniej komunalnych osadów ściekowych w stosunku do wartości prognozowanej, a w roku 2014 wygenerowano o 95,0 tys. Mg s.m. mniej tej grupy odpadów w odniesieniu do przedstawionych prognoz.

Tab. 3. Ilość wytworzonych komunalnych osadów ściekowych w Polsce

Wyszczególnienie	Jednostka	Rok					
		2005	2010	2011	2012	2013	2014
Ilość osadów z oczyszczalni komunalnych	[tys. Mg s.m.]	486,1	526,7	519,2	533,3	540,3	556,0

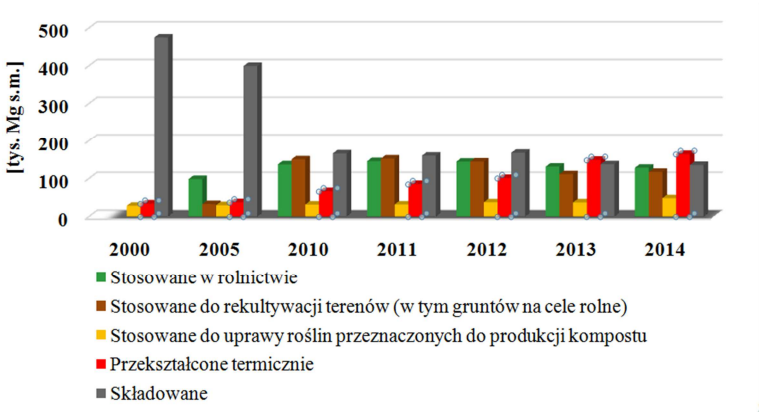
Źródło: GUS, Ochrona środowiska 2013, Warszawa 2013, s. 204 oraz GUS, Ochrona środowiska 2015, Warszawa 2015, s. 197.

Istotne zmiany w planach gospodarowania osadami ściekowymi w Polsce wprowadził Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2014 (KPGO 2014) [12], w którym zaprezentowano podstawowe cele w gospodarce komunalnymi osadami ściekowymi w perspektywie do 2022 r. Z kolei Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 8 stycznia 2013 r. [18] wprowadziło zakaz składowania od 1 stycznia 2016 r. ustabilizowanych komunalnych osadów ściekowych na składowiskach inne niż niebezpieczne i obojętne, jeśli nie spełniają odpowiednich wymagań: OWO – max. 5% s.m., straty przy prażeniu – max. 8% s.m., ciepło spalania – max. 6 MJ/kg s.m. Powyższe uwarunkowania prawne przyczyniły się do podjęcia odpowiednich działań w planowaniu gospodarki komunalnymi osadami ściekowymi, które zostały ukierunkowane na:

- ograniczenie składowania osadów,
- zwiększenie ilości tego rodzaju osadów przetwarzanych przed wprowadzeniem do środowiska oraz przekształcanych metodami termicznymi,
- maksymalizację stopnia wykorzystania substancji biogennych zawartych w osadach, przy jednoczesnym spełnieniu wszystkich wymogów dotyczących bezpieczeństwa sanitarnego, chemicznego i środowiskowego [12].

Podjęte działania doprowadziły do tego, że od kilku lat w Polsce obserwuje się m.in. zwiększenie ilości osadów ściekowych wykorzystywanych do celów rolniczych i przekształcanych termicznie oraz znaczne zmniejszenie ilości osadów składowanych na składowiskach odpadów (ryc. 2).

Ryc. 2. Zagospodarowanie osadów ściekowych w Polsce w tys. Mg s.m.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie: GUS, Ochrona środowiska 2013, Warszawa 2013, s. 203 oraz GUS, Ochrona środowiska 2015, Warszawa 2015, s. 196.

Rozpatrując możliwości zagospodarowania osadów ściekowych, należy pamiętać, że decydujące znaczenie dla ich ostatecznego wykorzystania ma charakterystyka fizykochemiczna oraz rodzaj zawartych w nich związków. Osady wykazują dużą zmienność składu chemicznego, zależną od właściwości oczyszczanych ścieków, zastosowanej technologii oczyszczania ścieków i wdrożonej gospodarki osadami. Skład komunalnych osadów ściekowych wytwarzanych na oczyszczalniach ścieków w Polsce przedstawiono w tabeli 4 i 5.

Analiza dostępnych danych, które to pozwalają określić właściwości fizyczne, chemiczne i sanitarne osadów, wykazuje, że osady ściekowe charakteryzują się:

- dużą zasobnością w składniki mające znaczenie nawozowe dla gleb i roślin (wysoka zawartość związków organicznych – ok. 75% s.m. dla osadów surowych i 45,0 ÷ 55,0% s.m. dla osadów ustabilizowanych, występowanie związków biogennych),
- występowaniem zanieczyszczeń mineralnych (metale ciężkie: Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, Cr) i organicznych (WWA, PCB, AOX itp.),
- wysoką koncentracją bakterii, wirusów i pasożytów (zagrożenie sanitarne dla środowiska) [1, 8].

Tab. 4. Skład komunalnych osadów ściekowych – składniki o znaczeniu nawozowym

Parametr	Jednostka	Wartość
Sucha masa	[%]	12,5 ÷ 39,1
pH	-	5,6 ÷ 12,6
Materia organiczna	[% s.m.]	8,7 ÷ 85,0
Węgiel organiczny	[% s.m.]	21,0 ÷ 63,3
Iloraz C:N	-	5,68 ÷ 16,78
Azot (N)	[g/kg s.m.]	1,25 ÷ 83,5
Fosfor (P)		0,4 ÷ 36,1
Potas (K)		0,2 ÷ 5,7
Wapń (Ca)		0,8 ÷ 115,0
Magnez (Mg)		0,2 ÷ 12,6
Siarka (S)		6,3 ÷ 8,0

Źródło: J. Czekała, Osady ściekowe – nawóz czy odpad?, Wodociągi – Kanalizacja, 1/2009, s. 31.

Tab. 5. Skład komunalnych osadów ściekowych – zanieczyszczenia mineralne

Metal	Jednostka	Wartość
Kadm (Cd)	[mg/kgs.m.]	0,2 ÷ 56,2
Chrom (Cr)		3,2÷ 8500,0
Miedź (Cu)		3,0 ÷ 1840,0
Rtęć (Hg)		0,003 ÷ 7,55
Mangan (Mn)		20,0 ÷ 1465,0
Nikiel (Ni)		1,7 ÷ 830,0
Ołów (Pb)		5,0 ÷ 2970,0
Cynk (Zn)		126,0 ÷ 4640,0

Źródło: J. Czekała, Osady ściekowe – nawóz czy odpad?, Wodociągi – Kanalizacja, 1/2009, s. 32.

Składniki nawozowe obecne w osadach ściekowych powinno się przywracać do środowiska naturalnego. Uzasadnieniem dla takiej praktyki jest to, że coraz częściej obserwuje się deficyt substancji organicznej w glebie. Tak więc za jedną z najlepszych metod recyklingu komunalnych osadów ściekowych można przyjąć wykorzystanie osadów w rolnictwie [1, 21].

3. Osady ściekowe w środowisku

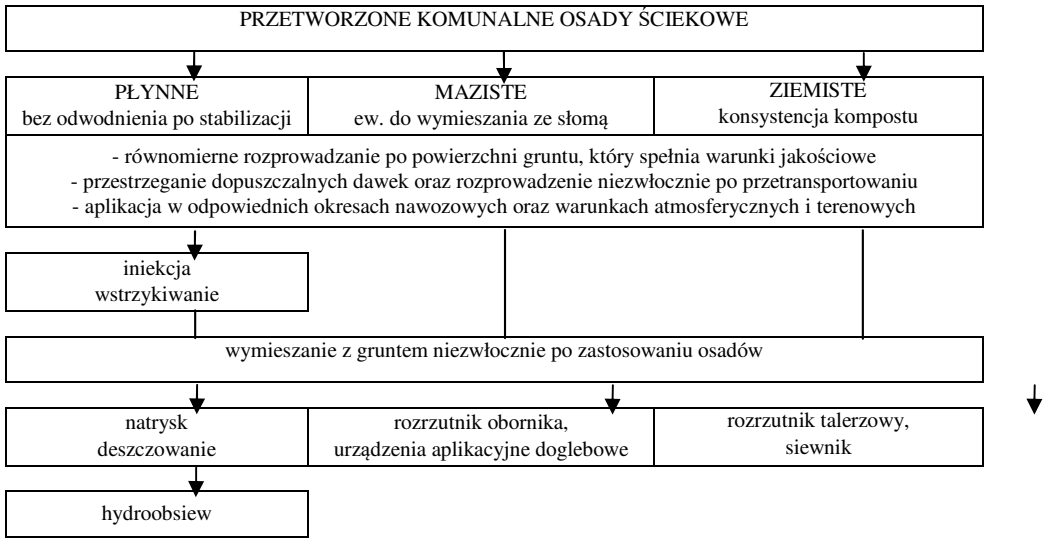
Zgodnie z obowiązującym porządkiem prawnym poprzez stosowanie komunalnych osadów ściekowych rozumie się ich rozprowadzanie na powierzchni ziemi lub wprowadzanie do gleby, a za stosowaniem osadów ściekowych w rolnictwie przemawia

m.in. przyrost ilości osadów ściekowych produkowanych w Polsce oraz zmniejszenie ilości stosowanych nawozów organicznych. Zgodnie z art. 96.1 ustawy o odpadach [23], komunalne osady ściekowe mogą być stosowane:

- w rolnictwie, rozumianym jako uprawa wszystkich płodów rolnych wprowadzanych do obrotu handlowego, włączając w to uprawy przeznaczane do produkcji pasz,
- do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu,
- do uprawy roślin nieprzeznaczonych do spożycia i do produkcji pasz,
- do rekultywacji terenów, w tym gruntów na cele rolne,
- przy dostosowaniu gruntów do określonych potrzeb wynikających z planów gospodarki odpadami, planów zagospodarowania przestrzennego lub decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu.

O aplikacji osadów do gruntu decyduje ich konsystencja – należy zastosować odpowiednią formę ich aplikacji, jak również dokonać wyboru odpowiedniego urządzenia do rozprowadzania osadów (ryc. 3).

Ryc. 3. Sposoby aplikacji osadów ściekowych od gruntu



Źródło: A. Wójtowicz, C. Jędrzejewski, M. Bieniowski, H. Darul, Modelowe rozwiązania w gospodarce osadowej. Izba Gospodarcza Wodociągi Polskie, Stowarzyszenie Eksploatatorów Obiektów Gospodarki Wodno-Ściekowej, 2013.

Warunkiem stosowania komunalnych osadów ściekowych w postaci płynnej jest ich wprowadzenie do gruntu metodą iniekcji (wstrzykiwania) lub metodą natryskiwania, w tym hydroobsiewu. Dla stosowania komunalnych osadów ściekowych w postaci mazistej i ziemistej warunkiem jest ich równomierne rozprowadzenie na powierzchni gruntu i niezwłoczne z nim zmieszanie [20].

Ważne jest również, w ramach rolniczych programów wykorzystania osadów ściekowych, obliczenie nawozowej dawki osadów na jednostkę powierzchni, a wartość ta limitowana jest przez:

- zapotrzebowanie roślin na składniki pokarmowe,
- zawartość metali ciężkich w osadach ściekowych,
- zawartość metali ciężkich w glebie,
- stan sanitarny osadów ściekowych [10].

3.1. Oddziaływanie pozytywne osadów na środowisko

Osady ściekowe stanowią odpad, który jest zasobny w substancje nawozowe oraz zawiera makro- i mikroelementy istotne przy uprawie roślin. Zastosowanie tej grupy odpadów do celów nawozowych pozwala ograniczyć użycie nawozów sztucznych, a także przywrócić składniki biogenne do obiegu w ekosystemach lądowych. Główną korzyścią stosowania osadów ściekowych jest możliwość uzyskania niskich kosztów nawożenia, przy jednoczesnej ich utylizacji [7]. Osady ściekowe są źródłem materii organicznej, której zawartość w nich wynosi od 312 do 692 g/kg s.m. Wprowadzenie dobrze przetworzonych osadów do gleb powoduje podwyższenie w nich zawartości próchnicy.

Przykładowo w 2006 r. do rolnictwa trafiło ok. 44 tys. ton materii organicznej z komunalnych osadów ściekowych [1]. Substancja organiczna zawarta w osadach poprawia niektóre właściwości fizyczne gleb, poprzez chociażby stabilizację jej struktury czy wzrost pojemności wodnej. Jak również obserwuje się poprawę pojemności sorpcyjnej gleb oraz wysycenie kompleksu sorpcyjnego zasadami [4, 8]. Wartość nawozowa osadów ściekowych wynika z zawartości w nich głównych składników pokarmowych dla roślin (N, K, P, Mg, Ca), jak również mikroelementów [10, 16]. Porównanie zawartości ważniejszych składników w osadach z przykładowym nawozem naturalnym przedstawiono w tabeli 6.

Tab. 6. Porównanie zawartości substancji nawozowych w osadach i nawozie naturalnym

Substancje nawozowe	Osady z komunalnych oczyszczalni ścieków		Nawóz naturalny (obornik bydlęcy)
	wstępny	nadmierny osad czynny	
Azot	2,0 ÷ 7,0% s.m.	3,0 ÷ 10,0% s.m.	0,45% s.m.
Fosfor	0,4 ÷ 3,0% s.m.	0,9 ÷ 1,5% s.m.	0,087% s.m.
Potas	0,1 ÷ 0,7% s.m.	0,1 ÷ 0,8% s.m.	0,425% s.m.

Źródło: J. Podedworna, K. Umiejewska, Technologia osadów ściekowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008, s. 34.

Rośliny uprawiane w zmianowaniu mogą przyswoić średnio 50% azotu (przy dużych wahaniach odpowiadających 20–65%) i 30% fosforu z osadów ściekowych. Pozostała ilość tych substancji może gromadzić się w wierzchniej warstwie gleby i stanowić zaopatrzenie roślin uprawianych w kolejnych latach [13]. Wapń i magnez wpływają na poprawę żyzności gleb, a ich rola polega przede wszystkim na oddziaływaniu na właściwości fizyczne [13]. Obecność magnezu i siarki w osadach jest bardzo istotna, gdyż są to elementy często deficytowe w polskich glebach. Natomiast obecność wapnia

w osadach pozwala na wzbogacenie gleb w ten składnik, szczególnie gdy stosowane są osady stabilizowane wapnem, ale również wpływa na zmniejszanie ruchliwości niektórych chemicznych połączeń metali ciężkich w osadach, co ogranicza ich bezpośrednią dostępność dla roślin [1]. Jednak należy pamiętać, że zhigienizowany osad ściekowy o wysokim pH i zawierający znaczny udział wapnia może być stosowany przyrodniczo jedynie na terenach zakwaszonych [11].

3.2. Oddziaływanie negatywne osadów na środowisko (obawy)

Stosowanie osadów ściekowych w środowisku, czy to do nawożenia upraw, czy też do rekultywacji terenów, niesie ze sobą pewne obawy. Należy tu wymienić:

- możliwość wtórnego zanieczyszczenia środowiska substancjami o działaniu toksycznym, które zazwyczaj występują w osadach ściekowych,
- zagrożenie sanitarne w wyniku obecności w osadach mikroorganizmów patogennych,
- uciążliwość zapachową w wyniku emisji substancji odorotwórczych [9].

Trudności w zakresie przyrodniczego zastosowania komunalnych osadów ściekowych wynikają głównie z problemów ze znalezieniem użytków rolnych o odpowiednio dużej powierzchni oraz niechęci władających gruntami do przyjmowana osadów ściekowych [10]. Dodatkowo stosując osady ściekowe jako nawóz, należy zwrócić uwagę na azot, który ma duże znaczenie dla środowiska przyrodniczego i podlega silnemu w nim rozproszeniu, właśnie ze źródeł rolniczych [1].

3.3. Wymagania bezpieczeństwa chemicznego, sanitarnego i środowiskowego dla stosowania osadów

Z punktu widzenia ochrony środowiska, w zakresie stosowania komunalnych osadów ściekowych, istotną rolę spełnia ustawa o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r. [23] oraz Rozporządzenie Ministra Środowiska z 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych [20], które to określają wymagania bezpieczeństwa chemicznego, sanitarnego i środowiskowego dla stosowania osadów ściekowych. Osady ściekowe mogą być stosowane w środowisku, jeżeli działanie takie nie powoduje pogorszenia jakości gleby, ziemi oraz wód powierzchniowych i podziemnych, w szczególności szkody w środowisku w rozumieniu ustawy z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie (Dz. U. z 2014 r., poz. 1789).

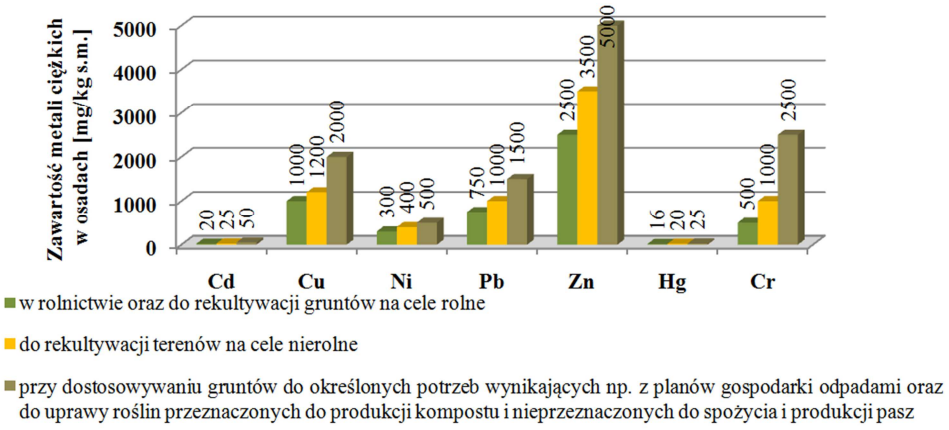
Poniżej określono najważniejsze wytyczne stosowania komunalnych osadów ściekowych, przestrzeganie których zapewni bezpieczeństwo stosowania tej grupy odpadów w środowisku:

- stosowanie komunalnych osadów ściekowych jest możliwe, jeżeli są one ustabilizowane oraz przygotowane odpowiednio do celu i sposobu ich stosowania (obróbka, która obniża podatność komunalnych osadów ściekowych na zagniwanie i eliminuje zagrożenie dla środowiska lub życia i zdrowia ludzi),

- komunalne osady ściekowe mogą być przekazywane do stosowania władającemu powierzchnią ziemi wyłącznie przez wytwórcę osadów ściekowych, na którym spoczywa odpowiedzialność za ich prawidłowe stosowanie,
- zakazuje się nawadniania komunalnych osadów ściekowych poddanych uprzednio procesowi osuszania,
- zakazuje się stosowania komunalnych osadów ściekowych poza obszarem województwa, na którym zostały wytworzone (można osady stosować na obszarze województwa innego niż to, na którym zostały wytworzone, jeżeli odległość od miejsca wytwarzania odpadów do miejsca stosowania położonego na obszarze innego województwa jest mniejsza niż odległość do miejsca stosowania położonego na obszarze tego samego województwa), jak również ich zbierania poza miejscem wytwarzania [23].

W celu ochrony zasobów przyrody określone zostały limity zawartości metali ciężkich dla komunalnych osadów, które mają być stosowane w środowisku (ryc. 4). Wprowadzając metale ciężkie do gleby, należy mieć świadomość, że mogą one podlegać bioakumulacji, głównie w warstwie próchnicznej i w niesprzyjających warunkach, np. w przypadku nadmiernego zakwaszenia gleby mogą być przekształcone w formy łatwo dostępne dla roślin [1]. W rolnictwie oraz do rekultywacji gruntów na cele rolne dopuszczalne stężenia metali w osadach są najniższe. Osady, które charakteryzują się wyższym stężeniem poszczególnych metali ciężkich, mogą być stosowane do rekultywacji gruntów na cele nierolne, jak również przy dostosowywaniu gruntów do określonych potrzeb. Z powodu znacznego rozrzutu zawartości metali ciężkich, granice toksyczności, jak również ilość osadów możliwa do zastosowania na poszczególnych rodzajach gleb muszą być wyznaczane indywidualnie dla danej oczyszczalni i danego obszaru.

Ryc. 4. Dopuszczalna zawartość metali ciężkich w osadach komunalnych stosowanych na gruntach



Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych, s. 5.

Warto wspomnieć, że w większości krajów europejskich zawartości toksycznych substancji organicznych w osadach przeznaczonych do rolniczego wykorzystania nie są limitowane. Wyjątkiem są jednak Niemcy i Austria, które określiły dopuszczalną zawartość w osadach przeznaczonych do rolniczego wykorzystania PCB (polichlorowane bifenyle), AOX (adsorbowalne związki chloru – związki halogenowe), PCDD (polichlorowane dibenzodioksyny) i PCDF (polichlorowane dibenzofurany). Szwajcaria natomiast limituje tylko AOX [8].

Obowiązujące akty prawne nakładają również ograniczenia dla obecności organizmów patogennych w osadach, które mają być zastosowane w środowisku (tab. 7).

Tab. 7. Dopuszczalna liczba żywych jaj pasożytów jelitowych w osadach

Przeznaczenie osadów	**Liczba żywych jaj pasożytów jelitowych w 1 kg suchej masy**
Rolnictwo oraz rekultywacja gruntów na cele rolne	0
Rekultywacja terenów	≤ 300
Dostosowanie gruntów do określonych potrzeb wynikających z planów gospodarki odpadami	≤ 300
Uprawa roślin przeznaczonych do produkcji kompostu	≤ 300
Uprawa roślin nieprzeznaczonych do spożycia i do produkcji pasz	≤ 300

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych, s. 1.

Osady ściekowe przed wprowadzeniem do rolnictwa i rekultywacji gruntów muszą zostać dokładnie przebadane, m.in. parazytologicznie w kierunku obecności żywych jaj pasożytów jelitowych z rodzaju *Ascaris* (glista ludzka i świńska), *Trichuris* (włosogłówka – pasożyt jelita ślepego, rzadziej grubego) i *Toxocara* (glista psia i kocia). Wykorzystanie osadów ściekowych w rolnictwie, które nie spełniają określonych wymagań, niesie za sobą ryzyko skażenia mikrobiologicznego i parazytologicznego gleby, wód gruntowych, powierzchniowych, jak i uprawianych roślin. Niesie to ze sobą ryzyko dla zdrowia ludzi i zwierząt [8].

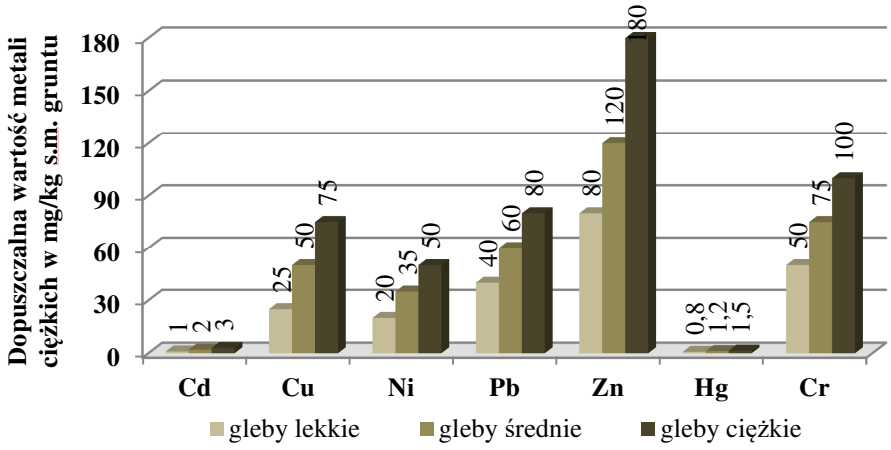
Kolejnym kryterium, które limituje ilość osadów wprowadzanych do środowiska w celach przyrodniczych, są możliwe maksymalne do zastosowania dawki osadów, które wynoszą odpowiednio:

- do 3 Mg s.m./ha/rok – jeżeli osady stosujemy w rolnictwie oraz do rekultywacji gruntów na cele rolne,
- do 15 Mg s.m./ha/rok – do rekultywacji terenów na cele nierolne oraz przy dostosowywaniu 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 do produkcji pasz [20].

W przypadku jednokrotnego w ciągu dwóch albo trzech lat stosowania komunalnych osadów ściekowych w rolnictwie oraz do rekultywacji gruntów na cele rolne dopuszczalna dawka komunalnych osadów ściekowych może być skumulowana i nie może przekraczać odpowiednio: 6 Mg s.m./ha/2 lata i 9 Mg s.m./ha/3 lata. Przy jednokrotnym w ciągu dwóch albo trzech lat stosowaniu komunalnych osadów ściekowych do rekultywacji terenów na cele nierolne oraz przy dostosowywaniu 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 oraz roślin nieprzeznaczonych do spożycia i do produkcji pasz dopuszczalna dawka komunalnych osadów ściekowych może być skumulowana i nie może przekraczać odpowiednio 30 Mg s.m./ha/2 lata i 45 Mg s.m./ha/3 lata [20].

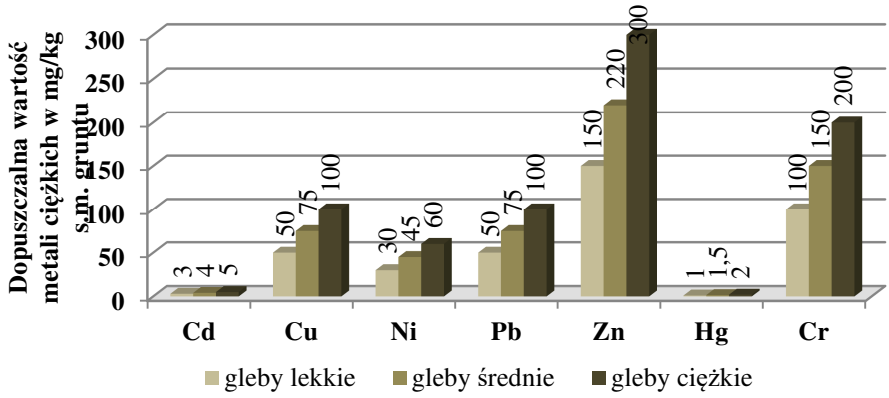
Istotnym czynnikiem ograniczającym stosowanie komunalnych osadów ściekowych w środowisku są limity zawartości metali ciężkich w wierzchniej warstwie gruntu o głębokości 0÷25 cm, na którym mają być stosowane osady. Badania gruntów (wartość pH, zawartości fosforu przyswajalnego w przeliczeniu na P_2O_5 i zawartości metali ciężkich wyrażonej w mg/kg s.m.) wykonuje się każdorazowo przed skierowaniem danej partii komunalnych osadów ściekowych do zastosowania na gruncie. Dawka osadów musi być odpowiednio dobrana do rodzaju gleby i przeznaczenia stosowania komunalnych osadów ściekowych (ryc. 5 i 6).

Ryc. 5. Dopuszczalne ilości metali ciężkich przy stosowaniu komunalnych osadów ściekowych w rolnictwie oraz do rekultywacji gruntów na cele rolne



Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych, s. 6.

Ryc. 6. Dopuszczalne ilości metali ciężkich przy stosowaniu komunalnych osadów ściekowych do rekultywacji terenów na cele nierolne, do uprawy roślin na kompost i nieprzeznaczonych do spożycia i produkcji pasz



Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych, s. 7.

Niższe limity określono przy stosowaniu osadów w rolnictwie oraz do rekultywacji gruntów na cele rolne. Natomiast najniższe dopuszczalne wartości metali ciężkich charakteryzują gleby lekkie, a najwyższe gleby ciężkie.

Ponadto w ustawie o odpadach wyraźnie określono obszary, na których obowiązuje zakaz stosowania komunalnych osadów ściekowych. Wyszczególniono tutaj:

- obszary parków narodowych i rezerwatów przyrody,
- tereny ochrony pośredniej stref ochronnych ujęć wody, w przypadku ich ustanowienia w akcie prawa miejscowego,
- pas gruntu o szerokości 50 m bezpośrednio przylegającego do brzegów jezior i cieków,
- obszary szczególnego zagrożenia powodzią oraz tereny czasowo podtapiane i bagienne,
- tereny czasowo zamarznięte i pokryte śniegiem,
- grunty o dużej przepuszczalności, stanowiące w szczególności piaski luźne i słabo gliniaste oraz piaski gliniaste lekkie, jeżeli poziom wód gruntowych znajduje się na głębokości mniejszej niż 1,5 m poniżej powierzchni gruntu,
- grunty rolne o spadku przekraczającym 10%,
- obszary ochronne zbiorników wód śródlądowych,
- tereny objęte pozostałymi formami ochrony przyrody niewymienionymi w pkt. 1, jeżeli osady ściekowe zostały wytworzone poza tymi terenami,
- tereny położone w odległości mniejszej niż 100 m od ujęcia wody, domu mieszkalnego lub zakładu produkcji żywności,
- grunty na rośliny sadownicze i warzywa, z wyjątkiem drzew owocowych,
- grunty przeznaczone pod uprawę roślin jagodowych i warzyw, których części jadalne bezpośrednio stykają się z ziemią i są spożywane w stanie surowym – w ciągu 18 miesięcy poprzedzających zbiory i w czasie zbiorów,

- grunty wykorzystywane na pastwiska i łąki,
- grunty wykorzystywane do upraw pod osłonami [23].

4. Osady ściekowe jako nawozy

Zasady stosowania ustabilizowanych komunalnych osadów ściekowych określa ustawa o komunalnych osadach ściekowych. Jednak należy pamiętać, że osady ściekowe mogą być stosowane do produkcji pełnowartościowych nawozów organicznych lub organiczno-mineralnych dedykowanych dla rolnictwa i ogrodnictwa – wówczas zastosowanie znajduje tutaj ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu [24]. Zgodnie z art. 2 tej ustawy nawozy to produkty przeznaczone do dostarczania roślinom składników pokarmowych lub zwiększania żyzności gleb albo zwiększania żyzności stawów rybnych. W akcie tym rozróżniono następujące grupy nawozów:

- nawozy mineralne – nawozy nieorganiczne, produkowane w drodze przemian chemicznych, fizycznych lub przerobu surowców mineralnych, w tym wapno nawozowe, do którego zalicza się wapno nawozowe zawierające magnez, a także niektóre nawozy pochodzenia organicznego,
- nawozy naturalne – nawozy przeznaczone do rolniczego wykorzystania m.in. obornik, gnojówka, gnojowica,
- nawozy organiczne – nawozy wyprodukowane z substancji organicznej lub z mieszanin substancji organicznych, w tym komposty, a także komposty wyprodukowane z wykorzystaniem dżdżownic,
- nawozy organiczno-mineralne – mieszaniny nawozów mineralnych i organicznych.

Nawozy organiczne i organiczno-mineralne dodatkowo muszą spełniać wymogi w zakresie dopuszczalnych wartości zanieczyszczeń oraz wymogi jakościowe (tab. 8 i 9), które zawarte są w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu [19].

Tab. 8. Dopuszczalne wartości zanieczyszczeń w nawozach organicznych i organiczno-mineralnych

Zanieczyszczenie		**Jednostka**	**Nawóz**	
			organiczny	**organiczno-mineralny**
Metale ciężkie	**Chrom (Cr)**	[mg/kg s.m.]	100	100
	Kadm (Cd)		5	5
	Nikiel (Ni)		60	60
	Ołów (Pb)		140	140
	Rtęć (Hg)		2	2
Lb. żywych jaj pasożytów jelitowych		[szt./kg s.m.]	0	0
Bakterie z rodzaju Salmonella		obecność w 100 g osadu	nie wyizolowano	

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu, s. 6519.

Tab. 9. Wymagania jakościowe dla nawozów organicznych i organiczno-mineralnych

Wskaźnik	Nawóz w postaci stałej	
	organiczny	organiczno-mineralny
Substancja organiczna	min. 30% w przeliczeniu na suchą masę	min. 20% w przeliczeniu na suchą masę
Azot (N)	min. 0,3% (m/m) azotu całkowitego	min. 1% (m/m) azotu całkowitego
Fosfor (P)	min. 0,2% (m/m) fosforu w przeliczeniu na P_2O_5	min. 0,5% (m/m) fosforu w przeliczeniu na P_2O_5
Potas (K)	min. 0,2% (m/m) potasu w przeliczeniu na K_2O	min. 1% (m/m) potasu w przeliczeniu na K_2O

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu, s. 6520.

Przetwarzanie komunalnych osadów ściekowych w nawozy organiczne lub organiczno-mineralne umożliwia przekwalifikowanie odpadu w produkt, który można wprowadzić na rynek. Ponadto działanie takie nie nakłada na wytwórcę konieczności wykonywania badań gruntu, szukania odbiorców, jak również określania dawek osadów możliwych do zastosowania na danym gruncie [9]. Na rynku dostępne są nawozy organiczne (tab. 10) i organiczno-mineralne (tab. 11) produkowane na bazie komunalnych osadów ściekowych.

Tab. 10. Nawozy organiczne wyprodukowane na bazie komunalnych osadów ściekowych

Nawóz	Producent	Postać	Wymagania jakościowe(*)	Uwagi	Lit.
KOMPROL	Spółka Wodno-Ściekowa „GWDA" Sp. z o.o. w Pile	stała, sypka	▪ N: 1,2% (m/m) ▪ P_2O_5: 1,7% (m/m) ▪ K_2O: 0,3% (m/m) ▪ Substancja org.: 40%	Dawka: 20 ÷ 40 ton/ha	[27]
BIOTOP	Wodociągi w Słupsku	sypka, struktura guzełkowata	▪ N: 1,4% (**) ▪ P: 0,9% ▪ K: 0,2% ▪ Substancja org.: 40%	Skład: słoma 32%, ustabilizowany osad: 32%, odpad zielony: 25%, kora odpadowa: 11%	[28]
Biokomp	KOMPOSTECH Sp. z o.o. w Nowym Sączu	frakcja: 0–15 mm	brak danych	Skład: trociny, gałęzie, trawa, liście, słoma, osady ściekowe	[37]
ULKOMP	Spółka Wodno-Ściekowa „SWARZEWO" w Swarzewie	stała	▪ N: 0,5% (m/m) ▪ K_2O: 1,2% (m/m) ▪ Substancja org.: 40%	Skład: odpady roślinne i osady. Dawka: do 40 lub 60 t/ha/4 lata – uprawy polowe	[29]
Kompost Sokólski	Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Sokółce	stała, sypka	▪ N: 1,0% (m/m) ▪ P_2O_5: 2,0% (m/m) ▪ K_2O: 0,4% (m/m) ▪ CaO: 0,4% (m/m) ▪ MgO: 0,2% (m/m) ▪ Substancja org.: 50%	Skład: mieszanie osadów z trocinami do kompostowania	[30]
Kompostron	Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji „Wodnik" Sp. z o.o. w Jeleniej Górze	brak danych	brak danych	brak danych	[38]
GRANBIAL	Oczyszczalnia Ścieków w Białymstoku	stała, granulat	▪ N: 2,5% (m/m) ▪ P_2O_5: 3,8% (m/m) ▪ Substancja org.: 40%	Dawka: dla gleb o niskiej (wysokiej) zawartości fosforu: 3 (1) t/ha	[31]

(*) Minimalna zawartość poszczególnych składników w suchej masie na podstawie decyzji wydanej przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi
(**) Jakość według Normy zakładowej

Źródło: Opracowanie własne

Tab. 11. Nawozy organiczno-mineralne produkowane na bazie komunalnych osadów ściekowych

Nawóz	Nr decyzji	Technologia produkcji / Skład	Lit.
Granulat ORTWED	brak	Proces polega na odpowiednim i szybkim mieszaniu oraz homogenizacji osadów ściekowych z proszkiem tlenku wapnia CaO (wapno palone). W wyniku przebiegających reakcji chemicznych wapno reaguje z wodą zawartą w osadach, reakcja jest silnie egzotermiczna i temperatura procesu rośnie do 135÷140°C. Powstały granulat może być wykorzystany jako nawóz do celów rolniczych lub upraw leśnych.	[22]
Biowap	91/04 z 2004 r.	Otrzymanie produktu następuje na drodze higienizacji osadów ściekowych wapnem palonym. Komponenty stanowią: osad – trociny – wapno palone mielone wysokoreaktywne.	[32]
OrCal	183/07 Znak HORnn-4077-2/07 z 2007 r.	Do stabilizacji i higienizacji zagęszczonych osadów ściekowych w tej technologii wykorzystane jest wapno palone tlenkowe BWR. Powstały nawóz jest trwale zhigienizowany (znaczna zawartość aktywnego hydratu wapnia $Ca(OH)_2$ wtórnie higienizuje produkt po kontakcie z wilgocią ze środowiska, tworząc roztwór mleka wapiennego). Produkt pomaga w odkwaszaniu gleby, poprawia strukturę gleby, zwiększa przyswajalność fosforu, potasu i magnezu. Skład to: N – ok. 4,7%, P – ok. 1,12%, K – ok. 1,15%, CaO – min. 25%, zawartość substancji organicznej w suchej masie – ok. 20%	[33]
Gramed	280/11 z 2011 r.	Nawóz otrzymywany jest w wyniku połączenia przetworzonych osadów ściekowych z komponentami nawozowymi. Produkt ten znajduje zastosowanie w uprawach polowych (za wyjątkiem roślin przeznaczonych do bezpośredniego spożycia), zagospodarowaniu trawników, rekultywacji terenów. Minimalne parametry: N – 6%, P – 2%, K – 5%, Ca – 8%, zawartość substancji organicznej w s.m. min. 35%.	[34]
Klonex(*) (*) środek poprawiający właściwości gleb	G-463/14 z 2014 r.	Produkt powstaje przy zastosowaniu procesu aglomeracji i higienizacji ustabilizowanych komunalnych osadów ściekowych oraz wapna nawozowego. Preparat przeznaczony jest do stosowania w uprawach polowych oraz do rekultywacji gruntów rolnych. Zalecany jest do stosowania na wszystkich rodzajach gleby, w szczególności na glebach, które charakteryzują się niskim odczynem, wpływa korzystnie na żyzność gleby. Skład to: N – 0,57%, P – 0,14%, K – 0,06%, Ca – 26,5%, Mg – 0,20%.	[35]
Oskar	289/12 z 2012 r.	Nawóz produkowany z osadów ściekowych – ok. 43%, magnezytu prażonego – 17% i stężonego kwasu siarkowego – 40%. Proces przebiega w temperaturze powyżej 100°C, co jest wynikiem egzotermicznej reakcji magnezytu ze stężonym kwasem siarkowym. W jej wyniku powstaje siarczan magnezu o średnim stopniu uwodnienia. Niewielki nadmiar tlenku magnezu zapewnia lekką alkaliczność nawozu, nie powodując zakwaszenia gleby. Nawóz zawiera w swoim składzie siarczan magnezu o zawartości 16% MgO, siarkę o zawartości 29% SO_3 oraz związki organiczne pochodzenia naturalnego, cennego źródła węgla organicznego o właściwościach stymulujących witalność roślin.	[36]

Źródło: Opracowanie własne

Nawozy organiczne pozyskiwane są zazwyczaj w wyniku procesu kompostowania i tutaj elementem „technologii" jest stosowanie materiału strukturalnego, którym mogą być: słoma, trociny, odpady zielone [9]. Zastosowanie otrzymanych kompostów do nawożenia gleby korzystnie wpływa na jej żyzność, gdyż znacznie zwiększa w niej zawartość substancji organicznej i składników pokarmowych dla roślin [2]. Inną technologią charakteryzuje się organiczny nawóz Granbial, który pozyskiwany jest na drodze suszenia w suszarni osadów kontaktu pośredniego (na tacach grzejnych o temperaturze ok. 205÷270°C) odwodnionych do ok. 20% s.m. osadów. Temperatura granulek po suszeniu wynosi ok. 100°C [15]. Rośliny bardzo dobrze wykorzystują nawóz Granbial podczas prawie 3-miesięcznej uprawy gruntowej.

Uwagę zwraca łatwość i wygoda zastosowania oraz długotrwały okres uwalniania składników nawozu Granbial do gleby. Granbial jest źródłem przyswajalnego dla roślin azotu i fosforu. Stosowanie nawozu wpłynęło korzystnie na wzrost roślin, stan odżywienia azotem i fosforem oraz plonowanie (fot. 1) [31].

Fot. 1. Wpływ nawożenia nawozem Granbial na wzrost kukurydzy, 1 – bez nawożenia, 2 – Granbial; 3 – Granbial 150 g
Źródło: http://www.wobi.pl/images/files/Granbial_certyf.pdf (dostęp: 19.08.2016)

W przypadku nawozów organiczno-mineralnych wytwarzanych na bazie osadów ściekowych niezbędne jest zastosowanie substratu nieorganicznego, którego zadaniem jest wyeliminowanie patogenów, ujednolicenie składu chemicznego oraz właściwości fizycznych, jak również nadanie produktowi finalnemu formy praktycznej do wykorzystania i możliwej do przechowywania [9]. Jako dodatki nieorganiczne stosuje się m.in. związki wapnia, magnezu i potasu oraz kwas siarkowy.

Przedstawione produkty stanowią doskonały przykład przyrodniczego wykorzystania osadów ściekowych. Jak zapewniają w większości producenci, ich produkty świetnie nadają się nie tylko do zastosowania w rolnictwie, ale również do kształtowania terenów zieleni miejskiej, trawników, boisk i pól golfowych, w gospodarce leśnej, uprawie roślin ozdobnych, szkółkarstwie, gospodarce komunalnej, przykrywania i rekultywacji terenów zdegradowanych i wysypisk.

5. Podsumowanie

Aktualnie gospodarka osadami ściekowymi rozwija się bardzo dynamicznie, na co wpływ ma m.in. ustawodawstwo. Zgodnie z prawem obowiązujący zakaz możliwości składowania osadów ściekowych na składowiskach odpadów wymaga poszukiwania innych i nowych kierunków ich zagospodarowania i unieszkodliwiania. Zagospodarowanie komunalnych osadów ściekowych stało się bardzo ważnym problemem ekologicznym, technicznym i ekonomicznym. Jednym z kierunków zagospodarowania

osadów ściekowych jest przyrodnicze ich wykorzystanie celem nawożenia. Dotyczy to przede wszystkim osadów pochodzących z małych i średnich oczyszczalni ścieków.

Za stosowaniem komunalnych osadów ściekowych w rolnictwie przemawia ich dodatni wpływ na jakość gleby, znaczne wykorzystanie składników nawozowych oraz brak skutków negatywnych, takich jak transfer zanieczyszczeń do roślin uprawnych i wód gruntowych lub nadmierne wzbogacenie wód gruntowych w składniki biogenne. Patrząc na skład chemiczny (głównie materię organiczną i wapń) pod kątem rolniczego znaczenia, teoretycznie osady stosowane w długim przedziale czasowym należy traktować jako materiał mogący wpływać na fizyczne, chemiczne i biologiczne właściwości gleby.

Restrykcyjne wymogi określone prawem m.in. dopuszczalne wartości zanieczyszczeń np. metali ciężkich, określenie dawki stosowanych osadów, odpowiedzialność wytwórcy osadów za monitorowanie jakości gleb, jak również brak możliwości stosowania osadów ściekowych na terenach rolniczych, gdzie prowadzone są programy rolnośrodowiskowe, sprawiają, że stosowanie osadów ściekowych wydaje się być bezpieczne dla środowiska. Warto podkreślić, że przy kontroli dawki osadu i jego jakości nie ma ryzyka zanieczyszczenia wód gruntowych i plonów metalami śladowymi. Wspierający jest również fakt, że Polska obok krajów skandynawskich oraz Austrii i Belgii posiada najbardziej restrykcyjne limity stężenia metali ciężkich oraz zawartości pasożytów w osadach ściekowych.

Bezpośrednie stosowanie osadów w rolnictwie jest coraz trudniejsze i coraz wyższe są wymagania dla tego sposobu odzysku, dlatego też rozwiązania można upatrywać w przekwalifikowaniu osadów, które są odpadami, w pełnowartościowe nawozy. Pozyskane na tej drodze produkty również muszą spełniać wymagania określone prawem, co sprawia, że są bezpieczne dla środowiska.

Bibliografia

1. Czekała J., *Osady ściekowe – nawóz czy odpad?*, Wodociągi-Kanalizacja, 1/2009, s. 30–33.
2. Czyżyk F., Kozdraś M., *Właściwości chemiczne i kompostowanie osadów z wiejskich oczyszczalni ścieków*, Woda, Środowisko, Obszary Wiejskie, t. 4, z. 2a, 2004, s. 559–569.
3. Dyrektywa Rady z dnia 21 maja 1991 r. dotycząca oczyszczania ścieków komunalnych.
4. Fytili D., Zabaniotou A., *Utilization of sewage sludge in EU application of old and new methods – A review*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12(1), 2008, s. 116–140.
5. Główny Urząd Statystyczny, Ochrona środowiska 2013, Warszawa 2013.
6. Główny Urząd Statystyczny, Ochrona środowiska 2015, Warszawa 2015.
7. Gostomczyk W., *Osady ściekowe alternatywą dla nawozów sztucznych w uprawie wierzby*, Zeszyty Naukowe Wydziału Nauk Ekonomicznych Politechniki Koszalińskiej, 18/2014, s. 35–46.
8. Grabas M., *Gospodarka osadami ściekowymi w gminnych oczyszczalniach ścieków*, Seminarium „Innowacyjne i ekologiczne rozwiązania w ochronie środowiska w aspekcie zrównoważonego rozwoju województwa podkarpackiego", Rzeszów 2014.
9. Grobelak A., Stępień W., Kacprzak M., *Osady ściekowe jako składnik nawozów i substytutów gleb*, Inżynieria Ekologiczna, 48, 2016, s. 52–60.
10. Ilba E., Tomaszek J.A., Masłoń A., *Możliwości rolniczego wykorzystania osadów ściekowych z wybranych oczyszczalni ścieków województwa podkarpackiego,* [w:] J. Krupa (red.) *„Kreowa-*

nie przedsiębiorczości w turystyce na terenach wiejskich oraz ochrona środowiska i dziedzictwa kulturowego", Wydawnictwo ZGTPD, Dynów 2015, s. 137–148.
11. Koziarski S., Bujak R., *Efektywność higienizacji osadów ściekowych związkami wapnia i magnezu*, [w:] A. Nalberczyński (red.), *Problemy oczyszczania ścieków i ochrony wód w dorzeczu Odry – 1996*, materiały z II konferencji „ODRA 1996", Polanica Zdrój, 24–26 czerwca 1996 r.
12. Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2014, Monitor Polski Nr 101, Warszawa 2010.
13. Mazur Z., Mokra O., *Wartość próchnicotwórcza i zawartość makroskładników w osadach ściekowych województwa warmińsko-mazurskiego*, Inżynieria Ekologiczna, 27/2011, s. 131–135.
14. Milieu Ltd, WRc, RPA, 2010, Environmental, economic and social impacts of the use of sewage sludge on land, Final Report, Part I: Overeview Report, Belgium, s. 8.
15. Piszczatowska I.K., *Nawóz Granbial jako przykład przyrodniczego wykorzystania osadów pościekowych*, Forum Eksploatatora, maj–czerwiec 2015, s. 58–62.
16. Podedworna J., Umiejewska K., *Technologia osadów ściekowych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008.
17. Podedworna J., *Komunalne osady ściekowe i metody ich zagospodarowania w Polsce obecnie i w perspektywie najbliższych lat*, [w:] J.A. Tomaszek, A. Masłoń (red.), *Innowacyjne i ekologiczne rozwiązania w ochronie środowiska w aspekcie zrównoważonego rozwoju województwa podkarpackiego*, materiały szkoleniowe, Rzeszów–Polańczyk 2013, s. 53–74.
18. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania do składowania na składowiskach danego typu (Dz. U. z 2013 r., poz. 38).
19. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu (Dz. U. z 2008 r., Nr 119, poz. 765).
20. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz. U. z 2015 r., poz. 257).
21. Szruba M., *Zagospodarowanie osadów ściekowych*, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, maj–czerwiec 2015, s. 54–59.
22. Tużnik F.S., *Metoda ORTWED – granulacja osadów w temp. 140°C*, Warszawa 2009.
23. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz. U. z 2013 r., poz. 21).
24. Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu (Dz. U. z 2007 r. Nr 147, poz. 1033).
25. Wieremiej W., Kuziemska B., Pieniak-Lendzion K., Trębicka J., Wyrębek H., *Prawne aspekty przyrodniczego wykorzystania osadów ściekowych*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, Seria: Administracja i Zarządzanie, Nr 104, Siedlce 2015, s. 207–218.
26. Wójtowicz A., Jędrzejewski C., Bieniowski M., Darul H., *Modelowe rozwiązania w gospodarce osadowej*, Izba Gospodarcza Wodociągi Polskie, Stowarzyszenie Eksploatatorów Obiektów Gospodarki Wodno-Ściekowej, 2013.

Bibliografia uzupełniająca

27. http://www.gwda.pl/new/images/stories/dokumenty/KOMPROL.pdf (dostęp: 19.08.2016).
28. http://kompostownia.wodociagi.slupsk.pl/wp-content/uploads/2013/05/jakosc_biotopu_14062013.pdf (dostęp: 19.08.2016).
29. http://www.sws-swarzewo.pl/biura/sws/page_download/660/Instrukcja_stosowania_i_przechowywania_nawozu_ULKOMP.pdf (dostęp: 19.08.2016).
30. http://www.mpwik.sokolka.com/index.php/gopodarka-osadowa (dostęp: 19.08.2016).
31. http://www.wobi.pl/images/files/Granbial_certyf.pdf (dostęp: 19.08.2016).

32. http://zwikprudnik.pl/o_043.php (dostęp: 19.08.2016).
33. http://evergreensolutions.pl/fuelcal-ortwed-poszukiwaniu-nowoczesnej-skutecznej-metody-utylizowania-odpadow/ (dostęp: 19.08.2016).
34. http://biomedplus.com.pl/produkcja/nawoz-organiczno-mineralny-gramed/ (dostęp: 19.08.2016).
35. http://pgkim.strzyzow.pl/?page_id=407 (dostęp: 19.08.2016).
36. http://eomega.eu/nawoz-oskar/ (dostęp: 19.08.2016).
37. http://kompostech.pl/ (dostęp: 19.08.2016).
38. http://www.wodnik.net.pl/ (dostęp: 19.08.2016).