

Anna HENCLIK¹, Joanna KULCZYCKA², Katarzyna GORAZDA³, Zbigniew WZOREK³

¹ Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, ul. Wybickiego 7
31-261 Kraków, e-mail: ahenclik@meeri.pl

² Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Zarządzania ul.
Gramatyka 10, 30-962 Kraków, e-mail: kulczycka@meeri.pl

³ Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Technologii
Nieorganicznej i Biotechnologii Środowiska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków
e-mail: gorazda@chemia.pk.edu.pl, wzor@chemia.pk.edu.pl

Uwarunkowania gospodarki osadami ściekowymi w Polsce i Niemczech

W Polsce dominującym sposobem zagospodarowania osadów ściekowych jest ich składowanie oraz przyrodnicze wykorzystanie. Zgodnie z przepisami prawa taki sposób zagospodarowania musi ulec zmianie, gdyż od 2016 r. będzie obowiązywał zakaz składowania osadów ściekowych. W Niemczech w latach 80. XX w. około 50% osadów ściekowych było składowanych, ale po wprowadzeniu zakazu składowania nieprzetworzonych osadów ściekowych od 2005 r. ilość ta znacznie spadła. Obecnie ponad 50% osadów ściekowych jest spalanych, około 30% jest suszonych i stosowanych w rolnictwie czy do kształtowania terenów, a pozostałe są kompostowane i znajdują różne zastosowania w gospodarce. W artykule porównano sposoby gospodarowania osadami ściekowymi w Polsce i Niemczech, uwzględniając uwarunkowania technologiczne, prawne i ekonomiczne. Zwrócono szczególną uwagę na możliwości zastosowania przetworzonych osadów ściekowych, w tym pozyskiwania cennych surowców, np. fosforu, z popiołów powstałych po ich spalaniu.

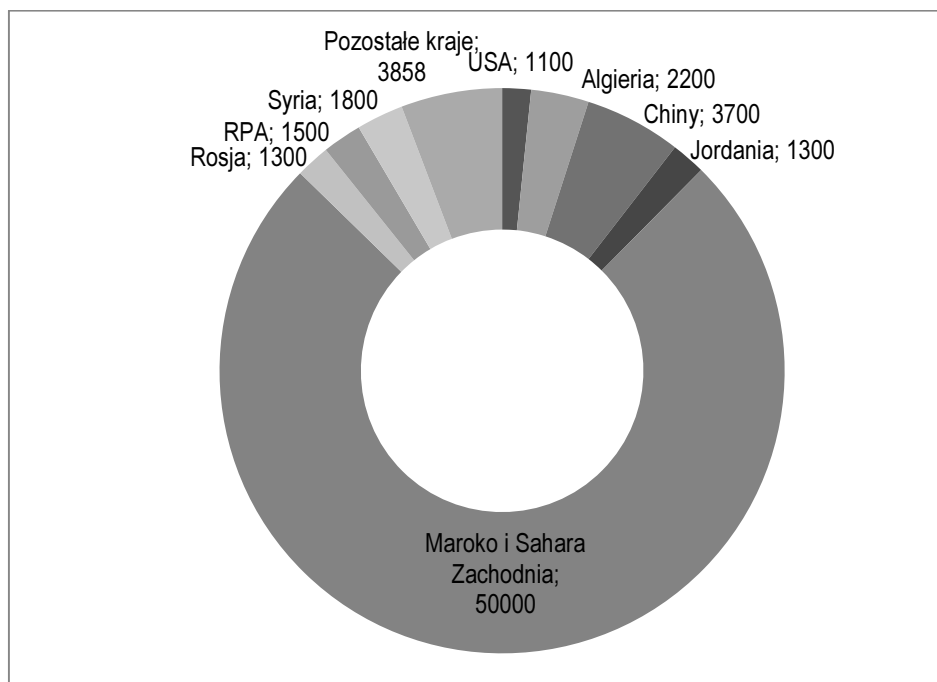
Słowa kluczowe: osady ściekowe, popioły lotne, fosfor, odzysk

Wprowadzenie

Źródłem fosforu są fosforyty (mające największe znaczenie) oraz apatyty, gualno, mączka kostna i in. Skały fosforytowe i apatytowe przetwarzane są na łatwiej przyswajalne związki chemiczne fosforu, głównie fosforany amonowe, wapniowe i sodowe, superfosfaty itp., znajdujące w 90% zastosowanie w rolnictwie jako nawozy. Pozostałe 10% stosowane jest do produkcji fosforu pierwiastkowego i żelazofosforu [1]. Nowymi źródłami fosforu mogą być różne surowce wtórne, w tym m.in. popioły ze spalanych osadów ściekowych.

W Komunikacie Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów w sprawie przeglądu wykazu surowców krytycznych dla UE i wdrażania inicjatywy na rzecz surowców z dnia 26 maja 2014 r. [2] przedstawiony został nowy wykaz surowców krytycznych, wśród których znalazł się fosforyt, będący ważnym źródłem fosforanów. Surowce krytyczne to takie, gdzie ryzyko niedoboru dostaw oraz jego skutki dla gospodarki są bardziej znaczące niż w przypadku większości innych surowców.

Fosforyt w ww. komunikacie ma wysoki wskaźnik zastępowalności (miara trudności w zastąpieniu surowca, obliczona i ważona w odniesieniu do wszystkich zastosowań) oraz zerowy wskaźnik udziału surowca pochodzącego z recyklingu. Zasoby przemysłowe surowców fosforu na świecie szacowane są na ok. 67 mld Mg [3], z czego większość (~75%) zlokalizowana jest na terenie Maroka i Sahary Zachodniej (rys. 1).



Rys. 1. Zasoby przemysłowe surowców fosforu na świecie (mln Mg) na podstawie [3]

Fig. 1. Industrial resources of phosphorus raw materials in the world (in million tonnes) based on [3]

Głównymi producentami surowców fosforowych [3] są: Chiny (ok. 44% światowej produkcji), Stany Zjednoczone (ok. 14%) oraz Maroko i Sahara Zachodnia (ok. 13%). W Europie produkcja surowców fosforu odbywa się w Finlandii i Rosji. Pozostałe państwa zapotrzebowanie na surowce fosforu pokrywają w całości importem. Niezależnie od całkowitej dostępnej ilości wydobywanych fosforanów i aspektu bezpieczeństwa uzasadnione jest podjęcie działań mających na celu bardziej efektywne wykorzystanie i recykling fosforu. Dlatego tak ważne jest poszukiwanie alternatywnych sposobów pozyskiwania fosforu, którego źródłem mogą być m.in. osady ściekowe bądź popioły po ich spalaniu, mogące zawierać nawet do 13% fosforu. Problemem jest zarówno ich zanieczyszczenie metalami ciężkimi, jak i właściwe ich spalanie. Przykładowo w Niemczech, w przypadku spalania osadów ściekowych wspólnie z węglem lub stałymi odpadami komunalnymi popiół zawiera tak małą ilość fosforu i tak wielką ilość zanieczyszczeń, że odzysk fosforu nie może być brany pod uwagę.

1. Sposoby zagospodarowania osadów ściekowych w Polsce i Niemczech

W Polsce w ostatnich latach obserwuje się tendencję wzrostową w wytwarzaniu komunalnych osadów ściekowych. Jest to wynikiem zwiększającej się przepustowości oczyszczalni ścieków, budowy nowych obiektów oraz wprowadzania zaawansowanych metod oczyszczania ścieków - zastosowanie reagentów, szczególnie do strącania fosforu, powoduje wzrost ilości osadów o 25÷35% [4]. Według raportu projektu PURE (Projekt redukcji eutrofizacji z obszarów zurbanizowanych) [5], w 2020 roku ilość generowanych osadów ściekowych w Polsce będzie wynosić 180% suchej masy osadów ściekowych wytwarzanych w 2010 roku, podczas gdy w Niemczech pozostanie na takim samym poziomie. Również, według Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych, prognozowany jest wzrost ilości generowanych osadów ściekowych (tab. 1), co przekłada się na wielkość potencjalnego źródła pozyskania fosforu.

Tabela 1. Prognoza wytwarzania komunalnych osadów ściekowych [6]

Table 1. Production forecast of municipal sewage sludge [6]

Rok	2014	2015	2016	2018	2022
Ilość wytworzonych osadów ściekowych, Gg s.m.	651	662	682	726	746

W przypadku utylizacji osadów stosowane są głównie trzy podstawowe metody: rolniczo-przyrodnicze wykorzystanie, składowanie i spalanie. Najtańsze i najkorzystniejsze wydaje się rolniczo-przyrodnicze wykorzystanie osadów, jednak w Polsce działa zaledwie 30 kompostowni przerabiających odpady z oczyszczalni w skali technicznej, a tylko 17 z nich ma zezwolenie na dystrybucję kompostu jako nawozu organicznego. Dla porównania, w Niemczech takich instalacji jest około tysięcy [7].

Rolniczo-przyrodnicze wykorzystanie osadów jest dozwolone pod warunkiem spełnienia przepisów prawa dotyczących m.in. nieprzekroczenia dopuszczalnych poziomów metali ciężkich i związków biogenych, które określa rozporządzenie [8]. Obecnie trwają prace legislacyjne dotyczące projektu nowego rozporządzenia - uszczegółowiono w nim wymagania w zakresie dostosowania dawki komunalnego osadu ściekowego pod względem zawartości azotu i fosforu do zapotrzebowania przez rośliny, bez wprowadzania ww. pierwiastków w nadmiarze, co może powodować zanieczyszczenie wód podziemnych i powierzchniowych, ale również prowadzić do produkcji roślinności o zbyt wysokiej zawartości azotanów. Od 2016 r. w Polsce, zgodnie z przepisami polskiego prawa [9], które uwzględnia wymagania dyrektyw UE, będzie obowiązywał zakaz składowania osadów ściekowych zawierających więcej niż 6% masy organicznej, co stanowi duży problem dla wielu podmiotów gospodarki wodno-ściekowej. Dotychczas zostało wybudowanych ok. 30 suszarni osadów ściekowych (termicznych i słonecznych) i 12 spalarni, które mają możliwość przekształcenia łącznie ok. 190 tys. Mg/rok s.m. osadów ścieko-

wych [10], co stanowi ok. 1/3 wielkości wytwarzanej. Obecnie około 11% osadów (57 tys. Mg s.m. w 2012 r.) [11] jest przekształcane termicznie (3,7% w 2010 [12]). Na rysunku 2 przedstawiono rozmieszczenie instalacji do suszenia i spalania osadów z końca 2012 roku [13]; w siedmiu monospalarniach wykorzystuje się piece fluidalne (m.in. Gdańsk, Gdynia, Bydgoszcz, Łódź), w czterech - piece rusztowe (m.in. Szczecin). Większość monospalarni osadów ściekowych nie wytwarza energii elektrycznej, a pozyskane ciepło zużywane jest na własne potrzeby technologiczne - m.in. do procesu suszenia osadów. Popioły po spaleniu najczęściej są składowane na własnym składowisku odpadów innych niż niebezpieczne bądź przekazywane firmom zewnętrznym. Czasem zagospodarowywane są poprzez odzysk w instalacjach.



Rys. 2. Monospalarnie i suszarnie osadów ściekowych w Polsce [13]

Fig. 2. Mono-incineration plants and drying plants of sewage sludge in Poland [13]

Osady ściekowe w Polsce są również zagospodarowywane poprzez ich współspalanie w przemyśle cementowym (około 70 tys. Mg s.m. osadów ściekowych rocznie). Jako paliwo alternatywne stosowane w cementowniach nie jest to duża

ilość - w cementowniach grupy CEMEX w strukturze spalanych paliw alternatywnych osady ściekowe stanowią ok. 1,5% [14]. Suche osady ściekowe mieszane są z pyłem węglowym, stanowiąc do 10% wag. mieszanki. Wymagania, jakie muszą spełnić suszone osady ściekowe, aby mogły być spalane w przykładowej cementowni [14], to: wartość opałowa > 17 lub $> 20 \div 21$ MJ/kg (zależnie od miejsca podawania osadów do instalacji), zawartość wody $< 10\%$, chloru $< 0,7\%$, siarki $< 1\%$, metali ciężkich < 2000 ppm.

Współspalanie osadów w kotłach energetycznych odbywa się sporadycznie i są to raczej próby techniczne, sprawdzające możliwość prowadzenia takiej formy utylizacji osadów ściekowych. W tym zakresie nie należy oczekiwać większych zmian, dopóki energetyka zawodowa w ramach regulacji prawno-ekonomicznych nie uzyska bodźca do zainteresowania się tematem współspalania osadów. Obecnie bowiem dla energetyki współspalanie osadów ściekowych to proces przekształcenia termicznego odpadów, powodujący określone konsekwencje prawne, techniczne i ekonomiczne [13].

W Niemczech w latach 80. XX w. ok. 50% osadów ściekowych było składowanych, a po wprowadzeniu zakazu składowania nieprzetworzonych osadów ściekowych w 2005 r. ilość ta znacznie spadła [15]. W 2010 r. produkcja osadów ściekowych wynosiła ok. 2 mln Mg s.m. (nadal jest na podobnym poziomie), z czego ponad połowa była spalana, a pozostała część stosowana jako nawozy w rolnictwie [16] (30%) czy do innych celów (m.in. kształtowania terenów). W 2012 r. poddawane termicznej utylizacji było 54,6%, stosowane jako nawozy w rolnictwie 29,5%, do kształtowania krajobrazu - 12,8%, a 3% miało inne zastosowanie. Od 2009 r. stosowanie osadów ściekowych w rolnictwie nieznacznie spada, a obecnie rząd niemiecki zaproponował wprowadzenie zakazu stosowania osadów ściekowych na gruntach rolnych [17].

Osady ściekowe, aby mogły być stosowane w rolnictwie, muszą spełnić szereg wymogów, m.in. przed ich zastosowaniem należy przeprowadzić analizę gleby (pH, zawartość fosforu przyswajalnego i metali ciężkich), nachylenie gruntu powinno być mniejsze niż 10%, i muszą być one odpowiednio dawkowane. Dlatego nie wszystkie osady nadają się do rolniczego wykorzystania. W większości krajów Europy wykorzystywanie osadów jest dozwolone w uprawach roślin realizowanych poza rolnictwem, w leśnictwie, na terenach zielonych, do rekultywacji, niekiedy z zastrzeżeniem tych samych limitów stężeń metali ciężkich, które obowiązują w rolnictwie. W Polsce istnieje zakaz stosowania osadów na gruntach o pH niższym od 5,6, na obszarach parków narodowych i rezerwatów przyrody, na obszarach szczególnie zagrożonych powodzią czy znajdujących się w okolicy ujęć wody, na obszarach przeznaczonych dla sadownictwa (z wyjątkiem drzew owocowych) i warzywnictwa oraz łąkach i pastwiskach [18]. W aspekcie geograficznym stosowanie osadów jest ograniczone tylko w Polsce, gdzie ustawodawstwo przewiduje, że osady mogą być wykorzystywane do celów rolniczych jedynie na terenie tego województwa, w którym zostały wyprodukowane. Odnośnie do ram czasowych, nie wolno w ogóle stosować osadów w okresie wegetacji upraw (w niektórych krajach okresy dzielące momenty zastosowania osadu i rozpoczęcia uprawy

roślin są jednoznacznie określone). W Europie jedynie przepisy niemieckie i polskie zabraniają wykorzystywania osadów w leśnictwie, przy czym wydane w Niemczech rozporządzenie w sprawie osadów ściekowych również zabrania wykorzystania osadów w gospodarce leśnej i na terenach zielonych. W Danii na terenach zielonych wskazane są wyłącznie pasteryzowane osady ściekowe, a na ich stosowanie w lasach naturalnych należy uzyskiwać zezwolenia w lokalnych organach administracyjnych [5].

Osady ściekowe w Niemczech są spalane w 26 spalarniach osadów ściekowych (rys. 3) oraz współspalane w elektrowniach, cementowniach i spalarniach odpadów komunalnych. W niektórych landach w Niemczech dominuje zagospodarowanie termiczne osadów, a w innych przyrodnicze, niemniej jednak zostaje ono coraz częściej wypierane przez spalanie i współspalanie.

Wśród niemieckich elektrowni współspalających osady ściekowe są te zlokalizowane w miejscowościach [19]: Berrenrath, Boxberg, Braunsbedra, Buschhaus, Duisburg Hochfeld, Farge - Bremen, Franken II - Frauenaaurach, Heilbronn, Karlsruhe, Lünen, Lausward, Saarberg, Voerde, Walheim, Weiher, Weisweiler, Zolling.

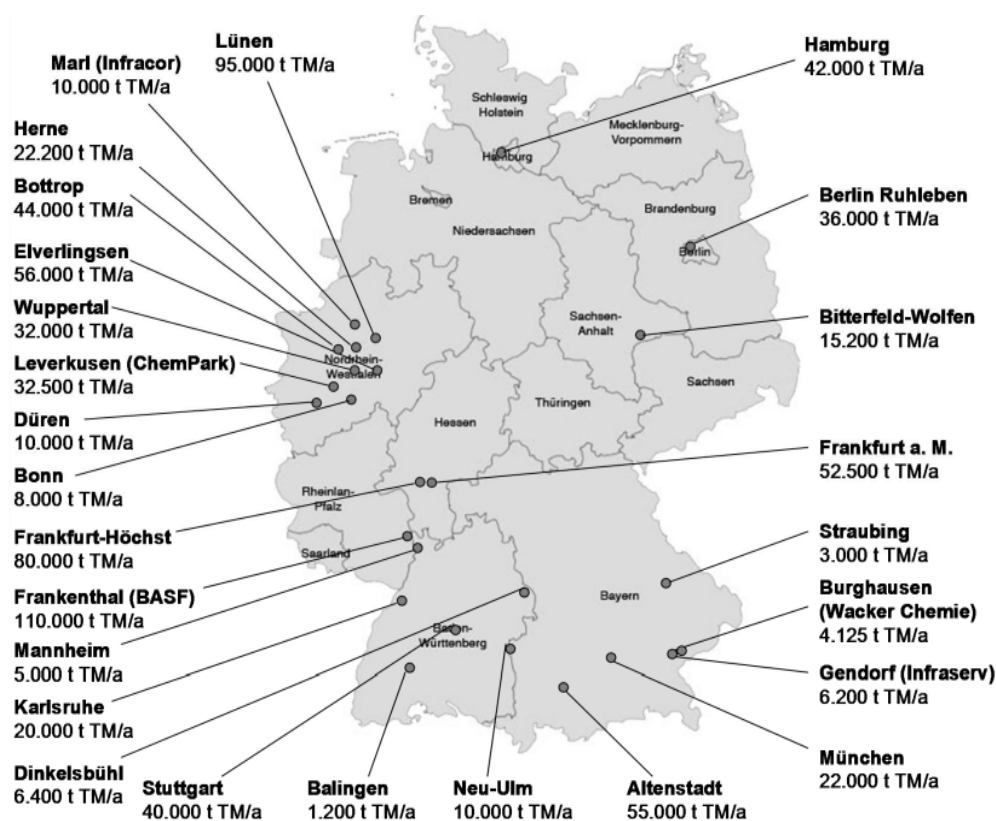
Udział masowy osadów ściekowych w spalanej mieszance paliwowej z reguły nie przekracza 10%. Dotychczasowe doświadczenia eksploatacyjno-ruchowe zebrane w tych obiektach w zakresie parametrów energetycznych i emisyjnych wykazują brak istotnych odchyłeń w funkcjonowaniu kotłów w porównaniu do ich eksploatacji z wykorzystaniem samego węgla. Odnotowano jedynie nieznaczny wzrost wskaźników emisji niektórych substancji gazowych oraz wzrost zawartości metali ciężkich w popiołach lotnych [20].

W przypadku współspalania z węglem odwodnionych osadów o zawartości suchej masy ok. 25% w ilości stanowiącej 4% udziału w mieszance paliwowej w przeliczeniu na strumień energii chemicznej wprowadzanej do kotła [21] (w elektrociepłowni Heilbronn) nie stwierdzono wystąpienia negatywnych skutków środowiskowych w porównaniu do sytuacji, gdy spalany jest wyłącznie węgiel kamienny.

Do spalarni osadów ściekowych w Niemczech trafia rocznie ok. 800 Gg osadów ściekowych, z których uzyskuje się ok. 300 Gg popiołów [15]. Popiół po spalaniu osadów zagospodarowywany jest głównie do podsadzania pustek poeksploatacyjnych w kopalniach (35%), składowany (29%), wykorzystywany do budowy dróg i składowisk odpadów (25%), a także w hutach miedzi (7%). Niewielka jego część (4%) przeznaczona jest do produkcji nawozów.

Na składowiskach odpadów w Niemczech nadal jednak zgromadzone są odpady zawierające ok. 115 Gg fosforu [22], co stanowi prawie roczną wielkość zapotrzebowania nawozowej gospodarki niemieckiej na fosfor.

Monospalarnie osadów cechują się najwyższym poziomem kosztów w porównaniu z innymi metodami zagospodarowania osadów ściekowych. Jest on dwukrotnie wyższy w porównaniu z rolniczym zastosowaniem w Niemczech, a w Polsce aż 6-krotnie. Stosunkowo niskie koszty rolniczego zagospodarowania osadów ściekowych w Polsce powodują, iż z ekonomicznego punktu widzenia wprowadzenie innych rozwiązań jest nieuzasadnione.



Rys. 3. Monospalarnie osadów ściekowych w Niemczech [15]

Fig. 3. Mono-incineration plants of sewage sludge in Germany [15]

Na koszty w gospodarce osadami ściekowymi wpływa ilość osadów poddanych unieszkodliwianiu, sposób zagospodarowania oraz uwarunkowania lokalne [23]. W tabeli 2 podano szacunkowe koszty zagospodarowania w przeliczeniu na 1 Mg s.m. - założono przelicznik 1 EUR = 4 PLN.

Tabela 2. Koszty zagospodarowania 1 Mg osadów ściekowych w podziale na kierunki [23]

Table 2. Management costs for 1 Mg sewage sludge divided into specific directions [23]

Sposób zagospodarowania	Polska	Niemcy
rolnicze	300	900
składowanie	500	X
kompostowanie	600	920
współspalanie	1500	1700
monospalanie	1750	1800

2. Możliwości odzysku fosforu z popiołów osadów ściekowych

Fosfor z komunalnych osadów ściekowych odzyskuje się głównie (ale nie tylko) z popiołów po spaleniu osadów ściekowych. Mimo coraz szerszego zastosowania termicznej utylizacji osadów ściekowych, technologia odzysku fosforu z osadów ściekowych jest wciąż w fazie testowania i rozwoju, szczególnie w przypadku zastosowania popiołu do produkcji związków fosforu i nawozów. Przyczyną jest niepożądana zawartość związków nieorganicznych w popiele, które są nieprzystawalne dla roślin. Prowadzone są badania naukowe nad procesami termicznej utylizacji, aby popiół nadawał się do takiego zastosowania [24].

Organiczne źródła fosforu są często materiałami ciężkimi o znacznych objętościach, np. obornik czy osad ściekowy, które trudno jest transportować na duże odległości. Zasoby te można jednak lepiej rozprowadzać na szczeblu regionalnym, a dostępność materiału poprawić zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym [25].

Jak ważna dla gospodarki krajowej jest tematyka pozyskiwania fosforu z alternatywnych źródeł, potwierdza fakt, iż zarówno Unia Europejska, jak i państwa polskie oraz niemieckie przeznaczyły środki na finansowanie projektów naukowych dotyczących odzysku fosforu. Przykładem takich projektów mogą być niemieckie projekty: SUSAN [26] (Sustainable and Safe Re-use of Municipal Sewage Sludge for Nutrient Recovery), PASCH [27] (Recovery of plant nutrients, especially phosphorus from ash of sewage sludge), ProPhos [27] (Phosphorus recovery from wastewater, sewage sludge and sewage sludge ashes) czy projekt finansowany przez Ministerstwo Środowiska dotyczący odzysku azotu i fosforu z osadów ściekowych z jednoczesną produkcją biogazu (Kombinationsverfahren zur Rückgewinnung von Phosphor und Stickstoff bei gleichzeitiger Energieoptimierung der Kläranlage [28], wartość 2 mln EUR) oraz polski ECOPHOS (Proekologiczna technologia utylizacji spopielonych osadów ściekowych jako źródło nawozów rolniczych i materiałów budowlanych).

3. Projekty badawcze w Polsce i Niemczech dotyczące odzysku fosforu z osadów ściekowych

W ramach projektu SUSAN [26] badano sprawność usuwania metali ciężkich z popiołów po spaleniu osadów ściekowych i przekształcenie fosforu w formę dostępną dla roślin. Projekt ten realizowany był przy współpracy Federalnego Niemieckiego Instytutu Badań i Testów Materiałowych (BAM), spalarni osadów ściekowych (SNB N.V. Slibverwerking Noord-Brabant), Instytutu Żywienia Roślin i Gleboznawstwa (FAL-PB), firmy ASHDEC Umwelt AG, zajmującej się cieplno-chemicznym przetwarzaniem popiołów, firmy Kemira GrowHow, produkującej nawozy dla rolnictwa, oraz Politechniki Wiedeńskiej. W wyniku przeprowadzonych badań wykazano, że spopielone osady ściekowe (ok. 20% P_2O_5) nadają się do produkcji nawozów fosforowych. Metale ciężkie w procesie termochemicznego oczyszczania mogą być skutecznie usuwane w temperaturze 1000°C, a biodostęp-

ność fosforu na tym etapie znacznie wzrasta. Stwierdzono, że działanie nawozów na bazie popiołu jest porównywalne do ich tradycyjnych odpowiedników.

Projekt badawczo-rozwojowy PASCH [27] realizowany był w latach 2006-2009 w ramach współpracy 10 instytucji, głównie placówek badawczych. Dotyczył badań nad odzyskiem substancji odżywczych dla roślin (głównie fosforu) ze spopielenych osadów ściekowych. Podczas termicznego przetwarzania osadów ściekowych usuwana była część metali ciężkich oraz odzyskiwany fosfor (ługowanie HCl).

Projekt ProPhos [27] realizowany był w latach 2006-2010 pod przewodnictwem Uniwersytetu w Darmstadt. Badania podzielone były na dwa etapy - drugi dotyczył badań nad odzyskiem fosforu z osadów ściekowych i popiołów po ich spalaniu. Badane były zależności pomiędzy ilością i jakością odzyskanego fosforu a użytą metodą ekstrakcji, wpływem zastosowanych odczynników czy składu chemicznego (w tym zawartości metali ciężkich). Badany był również odzysk fosforu podczas strącania, filtracji membranowej i wymiany jonowej.

Projekt ECOPHOS realizowany jest w latach 2012-2015 przez Katedrę Technologii Nieorganicznej i Biotechnologii Środowiska Politechniki Krakowskiej i Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi oraz Energią PAN w Krakowie. Celem projektu ECOPHOS jest przeprowadzenie zadań badawczych i opracowywanie innowacyjnej technologii do bezodpadowej utylizacji (unieszkodliwienia i zagospodarowania) osadów ściekowych, pozwalającej na całkowitą likwidację szkodliwych dla środowiska skutków działalności komunalnej gospodarki ściekami, a ponadto umożliwiającej (dzięki odzyskowi fosforu) otrzymanie produktów, które znajdują zastosowanie w rolnictwie (jako składniki wydajnych i ekologicznych nawozów sztucznych) oraz budownictwie (jako potencjalnie cenne i tanie składniki materiałów budowlanych). Obecnie prowadzone są badania w kierunku wytwarzania produktów komercyjnych w postaci nawozów NP i NPK, pochodzących ze źródeł odnawialnych. Przeprowadzenie badań w skali wielkolaboratoryjnej i mikrotechnicznej na popiołach przemysłowych powstających w pracujących spalarniach osadów ściekowych pozwoli na opracowanie pełnego studium wykonalności oraz przydatności otrzymanego produktu nawozowego, jak również ocenę możliwości zastosowania uzyskanego odpadu jako składnika materiałów budowlanych. Realizacja projektu ECOPHOS przyczyni się do uzyskania sprawdzonego rozwiązania technologicznego całkowitego zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych i zastosowania popiołów po ich termicznym przetworzeniu jako alternatywnych źródeł surowców fosforowych. Rozwiązanie to może być zastosowane w przemyśle chemicznym do produkcji nawozów fosforowych, w przemyśle budowlanym, jak również w gospodarce komunalnej jako technologia minimalizacji odpadów z jednoczesnym racjonalnym recyklingiem związków fosforu [29].

Podsumowanie

W Niemczech zakaz składowania osadów ściekowych został wprowadzony w 2005 roku. W Polsce dopiero będzie obowiązywać od 2016 r. Przekłada się to na

zaawansowanie zarówno sposobu zagospodarowania osadów ściekowych zgodnie z wymogami ochrony środowiska, jak i zaawansowanie technologiczne oraz ilość instalacji do przekształcania osadów ściekowych. Krótką charakterystykę gospodarki osadami ściekowymi w Polsce i w Niemczech przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Podsumowanie stanu gospodarki osadami ściekowymi w Polsce i w Niemczech

Table 3. Summary of sewage sludge management state in Poland and Germany

Wyszczególnienie		Polska	Niemcy
Roczna ilość wytwarzanych osadów ściekowych, Mg s.m.		~535 000	~2 000 000
Sposób zagospodarowania osadów ściekowych	termiczna utylizacja	10,6%	54,6%
	rolnicze wykorzystanie	27,8%	29,5%
	kształtowanie krajobrazu	9,4%	12,8%
	składowanie	18,7%	X
	inne	33,5%	3%
Ilość kompostowni (skala techniczna)		~30	~1000
Ilość monospalarni		12	26
Roczna ilość spalonych osadów ściekowych Mg		~57 000	~800 000
Kierunki zagospodarowania popiołów		składowanie, odzysk	posadzanie pustek poeksploatacyjnych w kopalniach, składowanie, do budowy dróg i składowisk odpadów
Koszty zagospodarowania osadów PLN/Mg	rolnicze	300	900
	składowanie	500	X
	kompostowanie	600	920
	współspalanie	1500	1700
	monospalanie	1750	1800

W badaniach prowadzonych w ostatnich latach poszukuje się nowych sposobów pozyskiwania fosforu. Takim alternatywnym źródłem mogą być osady ściekowe bądź popioły po ich spalaniu. Inicjatywy, które są ukierunkowane bezpośrednio na wydajność wykorzystania fosforu i jego odzyskiwanie, pozostają rozproszone i rzadko są uwzględniane przy tworzeniu strategii politycznych. Wyjątkiem jest Szwecja, gdzie ustanowiono następujący krajowy cel pośredni: do 2015 r. co najmniej 60% związków fosforu obecnych w ściekach ma podlegać odzyskowi w celu wykorzystania na gruntach użytkowych. Co najmniej połowa tej

ilości powinna wracać na grunty orne. Holandia zainicjowała porozumienie w sprawie fosforanowego łańcucha wartości, w którym różne zainteresowane strony zobowiązały się dążyć do realizacji celów, takich jak wykorzystywanie w procesach produkcyjnych ustalonego odsetka fosforu pochodzącego z recyklingu [30]. Niemcy pracują nad przepisami, które mają doprowadzić do ograniczenia marnotrawstwa fosforu. Po pierwszej europejskiej konferencji w sprawie zrównoważonego stosowania fosforu zainteresowane strony ustanowiły Europejską Platformę Fosforową w celu stworzenia europejskiego rynku fosforu pochodzącego z recyklingu i osiągnięcia bardziej zrównoważonego stosowania fosforu [31]. W Polsce prace są zaawansowane i jest szansa, iż będą komercyjnie wdrożone, zwłaszcza że w nowej perspektywie finansowej 2014-2020 przewiduje się środki pomocowe na innowacyjne i proekologiczne inwestycje w przemyśle.

Podziękowania

Praca naukowa finansowana ze środków NCBiR w ramach Programu Badań Stosowanych, umowa PBS1/A1/3/2012.

Literatura

- [1] Smakowski T., Ney R., Galos K. (red.), Bilans gospodarki surowcami mineralnymi Polski i świata 2009, IGSMiE PAN, Kraków 2011.
- [2] COM (2014) 297 final.
- [3] U.S. Geological Survey, http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate_rock/
- [4] Gazda M., Rak A., Sudak M., Badania kofementacji osadów ściekowych z tłuszczami odpadowymi w oczyszczalni ścieków w Brzegu, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, Nr 3/III/2012, 49-90.
- [5] Projekt PURE (Project on Urban Reduction of Eutrophication - Projekt redukcji eutrofizacji z obszarów zurbanizowanych), Dobre praktyki związane z gospodarką osadami ściekowymi, październik 2012, <http://www.purebalticsea.eu/download.php///dms/pure/PURE-Gospodarka%20osadami%20ściekowymi.pdf>
- [6] Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2014.
- [7] Jakuta D., Osady ściekowe - gorący problem, Wodociągi - Kanalizacja 2013, 11(117), <http://www.e-czytelnia.abrys.pl>
- [8] Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych z dnia 13 lipca 2010 r., DzU 2010, Nr 137, poz. 813.
- [9] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu, DzU 2013, poz. 38.
- [10] Cichocka R., Walka z czasem czy z osadem?, ILF Consulting Engineers Polska, <http://e-czytelnia.abrys.pl/index.php?mod=tekst&id=16829>
- [11] Rocznik Ochrona Środowiska, GUS, Warszawa 2013.
- [12] Rocznik Ochrona Środowiska, GUS, Warszawa 2011.
- [13] Bień J.D., Zagospodarowanie komunalnych osadów ściekowych metodami termicznymi, Inżynieria i Ochrona Środowiska 2012, 15, 4, 439-449.
- [14] Bąbelewski P., Współspalanie paliw alternatywnych w cementowniach CEMEX Polska, scc.com.pl/konferencje/prezentacje/IPAL_14-06-2012/CEMEX.pdf

- [15] Adam C., Kruger O., Complete survey of German sewage sludge ashes - phosphorous and technology metal recovery potential, Second Symposium on Urban Mining, 19-21.05.2014, Bergamo.
- [16] <http://www.bmub.bund.de>
- [17] <http://www.endswasteandbioenergy.com/article/1296533/%E2%82%AC2m-funding-sewer-sludge-biogas-plant>
- [18] Grzyś E., Zasady stosowania komunalnych osadów ściekowych, http://www.dodr.pl/III/4/1/3/7/zasady_stosowania_komunalnych_osadow_sciekowych.pdf
- [19] <http://www.ieabcc.nl/database/cofiring.php>
- [20] Stelmach S., Wasilewski R., Zuwała J., Sobolewski A., Komunalne osady ściekowe jako paliwo odnawialne – droga do współspalania w energetyce zawodowej, *Czysta Energia* 2006, 11, <http://e-czytelnia.abrys.pl/?mod=tekst&id=6745>
- [21] Werle S., Doświadczenia i potencjał termicznego zagospodarowania osadów ściekowych, *Energetyka Ciepła i Zawodowa* 2010, 9, <http://www.kierunekenergetyka.pl/artukul,3029,doswiadczenia-i-potencjal-termicznego-zagospodarowania-osadow-sciekowych.html>
- [22] Harborth P., Heussner C., Münnich K., Fricke K., P recovery from old landfills: a comparison of municipal solid waste, sewage sludge and sewage sludge ash landfills, Second Symposium on Urban Mining, 19-21.05.2014, Bergamo.
- [23] Wójtowicz A., Kierunki zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych w świetle zmian prawa. Nowy system gospodarowania odpadami komunalnymi w województwie pomorskim, Konferencja - Urząd Marszałkowski Województwa Pomorskiego, 11 maja 2012, http://urząd.pomorskie.eu/res/umwp/dokumenty/pos_pgo/prezentacja_a.w_jtowicz_wodoci_gi_s_upsk.pptx
- [24] Hudziak G., Gorazda K., Wzorek Z., Główne kierunki w zastosowaniu popiołów po termicznej obróbce osadów ściekowych, *Chemia. Czasopismo Techniczne*, 1-Ch/2012, 16.
- [25] Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Komunikat konsultacyjny w sprawie zrównoważonego stosowania fosforu, COM (2013) 517 final.
- [26] <http://www.susan.bam.de/>
- [27] <http://www.phosphorrecycling.de>
- [28] http://www.umweltinnovationsprogramm.de/sites/default/files/benutzer/36/dokumente/2014-02-18_internetbeitrag_abwasserverband_braunschweig_final.pdf
- [29] Gorazda K., Kowalski Z., Nowak A.K., Wzorek Z., Krupa K., Kulczycka J., Henclik A., Odpady. Alternatywa surowcowa dla przemysłu fosforowego, *Przemysł Chemiczny* 2013, 92, 5, 761-766.
- [30] <http://www.nutrientplatform.org/?p=306>
- [31] <http://www.phosphorusplatform.org/>

Conditions of Sewage Sludge Management in Poland and Germany

In Poland, annually there is produced about 535 000 Mg of dry matter of municipal sewage sludge, and according to forecasts, this amount in 2022 can reach 746 000 Mg of dry matter. In Germany, for several years the annual amount of the sludge produced is at a level about 2 000 000 Mg of dry matter. The produced sludge should be disposed in an environmentally safe manner. In the case of sewage sludge disposal mainly three basic methods are used: agricultural and biological utilization, landfilling and combustion. In Poland, the dominant methods of sewage sludge management is landfilling and agro-biological utilization. According to the current law, this method of management must be changed, because from 2016 the landfilling of sewage sludge will be restricted. In Germany, in the 80s of the 20th century, about 50% of sewage sludge was landfilled, but after the ban for landfilling of unprocessed sewage sludge since 2005, this number dropped significantly. Currently over 50%

of sewage sludge is incinerated, about 30% is dried and used in agriculture or for forming land areas, and the rest is composted and used for different purposes in the economy. The article compares methods of sewage sludge management in Poland and Germany, taking into account the conditions of technological, legal and economic issues. Particular attention was paid to the possibility of using processed sewage sludge, including the acquisition of valuable raw materials such as phosphorus from the ash formed after thermal treatment of these sludge. Deadline for introduction in Poland and Germany restriction for landfilling of unprocessed sewage sludge results in the advancement of both the sludge management method in accordance with the requirements of environmental protection and technological advancement and amount of installations for treatment. In an ongoing study in recent years, new methods of obtaining phosphorus are analysed. Such an alternative source can be sewage sludge or ash after its combustion. Initiatives that are aimed directly at the efficient use of phosphorus and its recovery remain scattered and are rarely taken into account in creating policies. Available form of financing research programs are funded by the national resources of individual countries or EU funds.

Keywords: sewage sludge, sewage sludge ashes, phosphorous, recovery