

**Hanna Bauman-Kaszubska, Mikołaj Sikorski**

*Politechnika Warszawska*

**PRZESŁANKI MERYTORYCZNE I ZAKRES RAPORTU  
O ODDZIAŁYWANIU OSADÓW ŚCIEKOWYCH NA ŚRODOWISKO**

**Wstęp**

Osady ściekowe powstają w wyniku unieszkodliwiania ścieków. Według krajowego programu oczyszczania ścieków komunalnych (6) ilość oczyszczanych ścieków oraz powstających osadów ściekowych systematycznie wzrasta do około 0,5 mln t s.m. rocznie (11, 21), co łączy się z dynamiczną rozbudową i modernizacją sieci kanalizacyjnych oraz budową nowych i modernizacją istniejących oczyszczalni ścieków.

Zwiększone, w stosunku do lat ubiegłych, a obecnie obowiązujące w Unii Europejskiej i w Polsce wymagania w zakresie jakości unieszkodliwiania ścieków bytowo-gospodarczych i komunalnych (17, 20), w szczególności w zakresie usuwania zanieczyszczeń organicznych (węglu organicznego, azotu ogólnego i fosforu ogólnego), w konsekwencji powodują ciągły wzrost ilości komunalnych osadów ściekowych i konieczność ich unieszkodliwiania.

Wyłonił się więc kolejny problem związany z przeróbką, unieszkodliwianiem, a także zagospodarowaniem osadów ściekowych, w których zdeponowana jest większość zanieczyszczeń zawartych w ściekach surowych.

**Problematyka osadów ściekowych w regulacjach prawnych**

Zmiany środowiska naturalnego, spowodowane rozwojem cywilizacyjnym państw i społeczeństw, są skutkiem przystosowania i wykorzystania tego środowiska do określonych celów i potrzeb.

Według kształtujących się poglądów ingerencja ludzi w środowisko może być dokonywana jedynie według wymagań zrównoważonego rozwoju i to w odniesieniu do wszystkich elementów składowych środowiska naturalnego, a nie tylko do wybranych jego części. Wynika to jednoznacznie z doświadczeń nauki i praktyki, co m.in. znalazło swój wyraz w rezolucjach o skali globalnej, a także w regulacjach formalno-prawnych. W kraju problematykę tę podejmuje ustawa – prawo ochrony środowiska (27).

Zmiany w środowisku naturalnym spowodowane m.in. działalnością inwestycyjną są trudne do przewidzenia co do skali i zakresu. Często mają one charakter trwałe,

przejściowy lub następczy, co wynika z poszczególnych faz realizacji przedsięwzięć inwestycyjnych, poczynając od planowania i projektowania, budowy (rozbudowy), eksploatacji i rozbiórki, a także likwidacji obiektów budowlanych (30). W związku z powyższym szczególnego znaczenia nabierają oceny oddziaływania na środowisko (OOŚ) przedsięwzięć szczególnie dla niego szkodliwych oraz takich, które mogą być do nich zakwalifikowane. W praktyce krajowej OOŚ ma do spełnienia szereg zadań o charakterze opiniodawczym, pozwalającym na kształtowanie poglądów i ocen, a także ma dostarczać informacji głównie o charakterze techniczno-prawnym, ekologicznym, organizacyjnym itp. dla właściwych terenowo organów administracji państwowej. Informacje te są wykorzystywane przez wymienione organy przy podejmowaniu decyzji na etapie sprawdzania planów i programów, a także realizacji przedsięwzięć inwestycyjnych i ich eksploatacji oraz likwidacji.

OOŚ oznacza określoną urzędową procedurę formalno-prawną mającą na celu opracowanie raportu OOŚ danej inwestycji przez inwestora w formie dokumentacji techniczno-prawnej, a niekiedy orzeczenia, dokumentu itp. Spełnia też ona rolę prewencyjną i opiniodawczą. Sporządzenie raportu OOŚ wymaga gruntownego przeanalizowania szeregu aktów prawnych oraz materiałów źródłowych (dokumentacje, prace studyjno-badawcze, ekspertyzy, opinie, wywiady terenowe, analiza porównawcza obiektów o podobnej wielkości i profilu, dla których sporządzany jest raport OOŚ itp.), a także literatury fachowej. Dobór materiałów źródłowych wynika z możliwości ich pozyskania, a także z potrzeb określonego raportu i zależy od zespołu opracowującego.

Wyżej wymienione oraz ujęte w przeglądzie literatury niniejszej pracy akty prawne, rangi ustaw i aktów wykonawczych (24-27), a także analiza materiałów źródłowych i literatury stanowi podbudowę formalną i merytoryczną OOŚ.

Przy opracowywaniu raportu OOŚ szczególną rolę odgrywają regulacje zawarte w art. od 59 do 95 ustawy (33) dział V pt. „Ocena oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko oraz na obszar Natura 2000”. Art. 59 ust. 1 tej ustawy stanowi, że przeprowadzenie OOŚ wymaga realizacji planowanych przedsięwzięć, mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko bądź planowanych przedsięwzięć mogących potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko. Inwestycje zostały określone w rozporządzeniach Rady Ministrów (15, 16) w postaci wymienionej w § 2.1 listy obejmującej 43 przedsięwzięcia mogące znacząco oddziaływać oraz w § 3.1, w którym lista obejmuje 92 przedsięwzięcia mogące potencjalnie oddziaływać na środowisko. Przykładowo, do przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko zaliczono m.in. sieci wodociągowe i kanalizacyjne, a także oczyszczalnie ścieków o wielkości nie większej niż 100 tys. równoważnej liczby mieszkańców (RLM), zaś do obiektów mogących potencjalnie oddziaływać na środowisko zakwalifikowano oczyszczalnie ścieków o wielkości powyżej 400 RLM. Definicja równoważnego mieszkańca zawarta jest w art. 43, ust. 2 ustawy – prawo wodne (29), pod którą rozumie się jednostkowy ładunek BZT<sub>5</sub>, wynoszący  $60 \text{ g Mk}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ .

Według art. 61 ust. 1 ustawy (33), w powiązaniu z art. 4 ust. 1 i ust. 2 ustawy z 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (30), ocenę oddziaływania

przedsięwzięcia na środowisko przeprowadza się w ramach postępowania w sprawie wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach poprzedzających uzyskanie przez inwestora pozwolenia na budowę. Treść OOS określa art. 62 ust. 1. W ramach OOS m.in. określa się, analizuje i ocenia:

- bezpośredni i pośredni wpływ danego przedsięwzięcia na środowisko oraz zdrowie i warunki życia ludzi, na dobra materialne i zabytki, a także na wzajemne oddziaływanie między ww. elementami;
- możliwości oraz sposoby zapobiegania i zmniejszania negatywnego oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko;
- wymagany zakres monitoringu.

Z jego treści wynika, że obowiązku przeprowadzenia oceny oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko, mogącego potencjalnie znacząco na nie oddziaływać, dokonuje – w drodze postanowienia – organ właściwy do wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach, uwzględniając łącznie wszystkie okoliczności.

Uwarunkowania te przykładowo dotyczą i obejmują:

- rodzaj i wieloaspektową charakterystykę przedsięwzięcia;
- usytuowanie przedsięwzięcia, z uwzględnieniem możliwości zagrożenia środowiska, w szczególności przy istniejącym użytkowaniu terenu, zdolności samooczyszczania się środowiska i odnawiania zasobów naturalnych itp.;
- rodzaj i skalę możliwego oddziaływania rozważanego w odniesieniu do ww. uwarunkowań.

Szczegółowy zakres i treść raportu OOS zostały sformułowane w art. 66 ust. 1 omawianej ustawy (33). Raport OOS, m.in., powinien zawierać:

- opis planowanego przedsięwzięcia;
- opis elementów przyrodniczych środowiska objętego zakresem przewidywanego oddziaływania, w tym elementów środowiska objętych ochroną na podstawie ustawy o ochronie przyrody (31);
- opis przewidywanych skutków dla środowiska w przypadku niepodejmowania przedsięwzięcia;
- opis analizowanych wariantów rozwiązań inwestycji oraz ich oddziaływania na środowisko;
- uzasadnienie proponowanego przez wnioskodawcę wariantu preferowanego;
- opis metod prognozowania zastosowanych przez wnioskodawcę oraz opis przewidywanych znaczących oddziaływań planowanego przedsięwzięcia na środowisko, obejmujący bezpośrednie, pośrednie, wtórne, skumulowane, krótko-, średnio- i długoterminowe, stałe i chwilowe oddziaływania na środowisko, wynikające z istnienia przedsięwzięcia, wykorzystywania zasobów środowiska i emisji;
- opis przewidywanych działań mających na celu zapobieganie, ograniczanie lub kompensację przyrodniczą negatywnych oddziaływań na środowisko, w szczególności na obszarach Natura 2000 oraz integralność tego obszaru.

A oprócz tego szereg innych elementów oceny skutków oddziaływań na środowisko, wymagających zastosowania określonych metod i metodyk badawczych.

### Charakterystyka ilościowa i jakościowa osadów ściekowych

Realizacja procesu unieszkodliwiania ścieków bytowo-gospodarczych we wszystkich oczyszczalniach wymaga zastosowania określonych technologii przeróbki i unieszkodliwiania osadów ściekowych (1), mających spełniać wymagania jakościowe. Powszechnie zaleca się, aby wszędzie tam, gdzie istnieją ku temu warunki terenowe, określone w przepisach prawnych (13) oraz przesłanki techniczno-ekonomiczne i ekologiczne, osady te wykorzystywać w celach rolniczych bądź przyrodniczych, oczywiście po spełnieniu przez nie wymagań jakościowych (osady ustabilizowane, odkażone, przekompostowane).

W raportach OOS dotyczących budowy oczyszczalni ścieków celowe jest równoczesne uwzględnianie problematyki dotyczącej osadów ściekowych i to na etapie opracowywania technologii unieszkodliwiania ścieków. Technologie te wywierają istotny wpływ na ilość i jakość osadów ściekowych oraz w dalszej konsekwencji na ich zagospodarowanie.

Punktem wyjścia do rozważań w zakresie stosowania osadów ściekowych jest ustawa o odpadach (28), która klasyfikuje osady ściekowe jako odpady. Pod pojęciem osadów ściekowych rozumie się osady pochodzące z komór fermentacyjnych oraz innych instalacji służących do oczyszczania ścieków komunalnych, a także innych ścieków o składzie zbliżonym do składu ścieków komunalnych.

Komunalne osady ściekowe należą do grupy 19 (odpady z instalacji i urządzeń służących zagospodarowaniu odpadów z oczyszczalni ścieków oraz z uzdatniania wody pitnej i wody do celów przemysłowych), podgrupy 19 08 (odpady z oczyszczalni ścieków nieujęte w innych grupach), kod rodzajowy 19 08 05 (ustabilizowane komunalne osady ściekowe). Należy przy tym zaznaczyć, że ustabilizowane osady ściekowe, tzn. spełniające kryterium mineralizacji, zawierające nie mniej niż 50% substancji organicznej, nie są traktowane jako odpady niebezpieczne.

Prognoza ilości osadów ściekowych w Polsce na 2010 r. według oceny Instytutu Ochrony Środowiska przedstawia się następująco:

- jednostkowy wskaźnik osadów –  $0,217 \text{ kg s.m.} \cdot \text{m}^{-3}$ ;
- ilość ścieków oczyszczonych –  $2044,8 \text{ mln m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$ ;
- ilość suchej masy osadów –  $443,7 \text{ tys. t} \cdot \text{rok}^{-1}$ ;
- ilość osadów o uwodnieniu 70% –  $1479,0 \text{ tys. t} \cdot \text{rok}^{-1}$ .

Według wstępnych prognoz szacowano, że w 2010 r. ilość osadów ściekowych powstających w krajowych oczyszczalniach ścieków komunalnych wyniesie około 0,5 mln t. Okazało się jednak, że prognozy te były niezbyt ścisłe, bowiem wielkość ta została przekroczona już w 2006 roku i wyniosła 501,3 tys. t s.m. W 2008 roku wytworzono w Polsce 978,9 tys. t s.m. osadów, z tego 411,6 tys. t s.m. w oczyszczalniach przemysłowych oraz 567,3 tys. t s.m. osadów w oczyszczalniach komunalnych (11). Ilość osadów wytwarzanych w oczyszczalniach przemysłowych systematycznie maleje, na przestrzeni lat 2000–2008 odnotowano około 40% spadek ilości wytworzonych osadów. Jednak w tym samym okresie daje się zauważyć znaczący, bo wynoszący ponad 50%, wzrost ilości osadów z oczyszczalni komunalnych.

Według krajowego programu oczyszczania ścieków komunalnych (6) prognozowana na 2015 rok ilość osadów ustabilizowanych, które powstaną w komunalnych oczyszczalniach ścieków, wyniesie około 642,4 tys. ton s.m., jak łatwo zauważyć osady ściekowe już stanowią poważny problem. Dodatkowo na uwagę zasługuje fakt, że pojawia się coraz więcej ograniczeń dotyczących stosowania osadów ze względu na ich charakterystykę jakościową.

Jakość osadów podlega zmianom w zależności od składu chemicznego i charakterystyki sanitarno-biologicznej oczyszczanych ścieków, sposobu oczyszczania, stopnia oczyszczenia ścieków itp. Osady ściekowe zawierają szereg składników, które mogą stanowić pokarm dla roślin. Są to przede wszystkim azot, fosfor i potas. Procentowa zawartość tych składników jest w każdym rodzaju osadów inna i bywa często przyrównywana do wartości nawozowej obornika. Wartość nawozową poszczególnych rodzajów osadów ściekowych podano w tabeli 1. Osad surowy zawiera najwięcej składników pokarmowych, jednak tylko część z nich jest w formie przyswajalnej dla roślin. Do rolniczego wykorzystania osady muszą być zawsze wcześniej stabilizowane w warunkach tlenowych, beztlenowych lub chemicznie.

Ilość głównych składników nawozowych w osadach stabilizowanych (przefermentowanych) z komunalnych oczyszczalni ścieków wynosi:

- azot (N) – 1,0-3,5% s.m.,
- fosfor (P) – 0,8-2,6% s.m.,
- potas (K) – 0,1-0,3% s.m.,
- substancja organiczna – 45÷65% s.m.

Konieczne jest wyeliminowanie lub zmniejszenie ładunków metali ciężkich w ściekach, a tym samym w osadach ściekowych. Należy wprowadzić przepisy uniemożliwiające odprowadzanie ścieków z podwyższoną zawartością metali ciężkich do kanalizacji miejskiej lub dążyć do wdrażania takich technologii oczyszczania ścieków, które wyeliminują większość zanieczyszczeń typu chemicznego. Obecnie zanieczyszczenia te trafiają do osadów ściekowych, pogarszając ich parametry i dyskwalifikując ich

Tabela 1

Wartości nawozowe osadów ściekowych

| Parametr   | Jednostka  | Rodzaje osadu            |                    |                      |                          |                         |                                |
|------------|------------|--------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------|
|            |            | surowy z mech. oczyszcz. | surowy biologiczny | źle przefermentowany | średnio przefermentowany | dobrze przefermentowany | bardzo dobrze przefermentowany |
| pH         | -          | 5-7                      | 6-7                | 6,5-7                | 6,8-7                    | 7,2-7,5                 | 7,4-7,8                        |
| Sucha masa | % masy     | 5-10                     | 4-8                | 4-12                 | 4-17                     | 4-12                    | 4-12                           |
| Azot og.   | % N w s.m. | 2-7                      | 1,5-5              | 1-5                  | 1-3,5                    | 0,5-3                   | 0,5-2,5                        |
| Fosfor og. | % P w s.m. | 0,4-3                    | < 1,5              | 0,3-0,8              | 0,3-0,8                  | 0,3-0,8                 | 0,3-0,8                        |
| Potas og.  | % K w s.m. | 0,1-0,7                  | 0,1-0,8            | 0,1-0,3              | 0,1-0,3                  | 0,1-0,3                 | 0,1-0,3                        |

Źródło: Bień, 2002 (1).

przydatność do przyrodniczego zagospodarowania. Szczególnie dotyczy to osadów pochodzących z oczyszczalni obsługujących duże miasta, nie spełniają one bowiem norm w zakresie rolniczego lub przyrodniczego ich wykorzystania.

### **Przygotowanie osadów ściekowych do rolniczego lub przyrodniczego wykorzystania**

Ustawa o nawozach i nawożeniu (32) zawiera m.in. szereg zasad w zakresie kwalifikacji nawozów, które odnoszą się również do osadów ściekowych i kompostów wytwarzanych na bazie osadów ściekowych, a także kompostów produkowanych np. z odpadów komunalnych. W art. 2 ust. 1 tej ustawy sprecyzowano kwalifikację formalną rodzajów nawozów, w tym m.in. grupę nawozów naturalnych, do których zaliczono obornik, gnojówkę i gnojowicę, pomiot ptasi, a także nawozy pochodzące od zwierząt gospodarskich, w rozumieniu przepisów o organizacji chowu i rozrodzie zwierząt gospodarskich oraz grupę nawozów organicznych. W myśl tej ustawy osady ściekowe, a także komposty wytworzone z osadów ściekowych należy traktować jako nawozy organiczne.

W zakresie nawożenia nawozami naturalnymi w państwach członkowskich Unii Europejskiej powszechnie stosowane są zasady dobrych praktyk rolniczych i tzw. Dyrektywy Azotanowej. Dyrektywa określa górny poziom nawożenia nawozami naturalnymi (głównie gnojowicą, gnojownicą i obornikiem) do wartości rocznej dawki tych nawozów, tj. do  $170 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Tę ilość azotu zawierają odchody zwierzęce w skali roku od przeciętnie dwóch sztuk dużych (SD), po około  $75\text{-}85 \text{ kg N} \cdot \text{SD}^{-1}$ .

Przedstawiona kwalifikacja formalno-prawna ma istotne znaczenie przy określaniu wielkości dawek tych nawozów zastosowanych w celach rolniczych i przyrodniczych. Ustawa o nawozach i nawożeniu precyzuje limitowany poziom dawek w ilości do  $170 \text{ kg}$  azotu (N) w czystym składniku na  $1 \text{ ha}$  użytków rolnych i dotyczy wyłącznie nawozów naturalnych. Ponieważ osady ściekowe zarówno po odpowiednim przygotowaniu, jak i w postaci kompostów wyprodukowanych na bazie osadów ściekowych oddziałują w środowisku rolniczym i przyrodniczym podobnie jak nawozy naturalne, np. obornik, wobec tego przy ustalaniu dawki nawozów organicznych z tych źródeł można przyjąć przez analogię poziom  $170 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Problematyka dotycząca możliwości wykorzystania komunalnych osadów ściekowych została podana w rozporządzeniu Ministra Środowiska (13). Rozporządzenie w § 1 określa warunki, jakie muszą być spełnione przy wykorzystywaniu komunalnych osadów ściekowych, wielkość dawek osadów ściekowych, które można stosować na gruntach, a także zakres, częstotliwość i metody referencyjne badań tych osadów oraz gruntów, na których osady mają być stosowane. Problematykę wykorzystania osadów ściekowych w celach rolniczych i przyrodniczych rozwinięto w innych opracowaniach (21, 22).

Na podkreślenie zasługuje fakt, że osady ściekowe muszą być poddane procesowi higienizacji, ponieważ powinny odpowiadać wymaganiom jakościowym z punktu wi-

dzenia koncentracji metali ciężkich, a także zanieczyszczeń w postaci zarazków chorobotwórczych.

### **Ramowe zasady określania dawek osadów ściekowych dla celów rolniczych bądź przyrodniczych**

Analiza regulacji prawnych wskazuje, że w odniesieniu do kształtowania dawek osadów ściekowych i kompostów na cele rolnicze bądź przyrodnicze zaleca się ustalenie dawek, wychodząc z zapotrzebowania roślin na azot i fosfor z uwzględnieniem rodzaju gruntów (gleby lekkie, średnie, ciężkie) i ich użytkowania, a także charakterystyki jakościowej osadów ściekowych (koncentracja związków biogennych – azot, fosfor, potas, koncentracja metali ciężkich, dopuszczalne maksymalne zanieczyszczenia chorobotwórcze). Szczegółowe informacje w tym zakresie podano w rozporządzeniu (13). Warto przy tym zauważyć, że prawodawca nie sformułował podstaw metodycznych do określenia tych dawek. Dla potrzeb szacunkowych można by przez analogię przyjąć ustalenia metodyczne dotyczące rocznych dawek nawozów naturalnych podanych w literaturze (4, 8, 9). Według doświadczeń nauki i techniki prezentowanych w tych publikacjach wynika, że:

- przefermentowany osad ze ścieków miejskich może zastąpić nawożenie obornikiem pod rośliny wymagające takiego nawożenia;
- przy intensywnym użytkowaniu gleb lekkich coroczne nawożenie osadem (najlepiej w jesieni) jest możliwe (ma to szczególne znaczenie, gdy celem głównym jest ostateczne unieszkodliwianie osadów);
- rośliny wymagające nawożenia organicznego na glebach piaskowych można nawozić osadem w ilości  $60 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Na tle wyżej przedstawionych informacji dotyczących zasad kształtowania rocznych dawek osadów ściekowych należy również uwzględnić ustalenia zawarte w załączniku 4 rozporządzenia (13), w którym sformułowano dawki komunalnych osadów ściekowych dla zróżnicowanych celów, a w tym m.in.: rolnictwa, rekultywacji gruntów na cele rolne i nierolne, uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu, a także roślin nieprzeznaczonych do spożycia i produkcji pasz. Zaproponowane w tym rozporządzeniu dawki osadów ściekowych są bardzo zróżnicowane i wynoszą przykładowo dla rolnictwa  $10 \text{ t s.m.} \cdot \text{ha}^{-1}$ , traktowane jako dawka w ciągu 5 lat, przy zabiegu jednokrotnym lub dwukrotnym.

Propozycje wyżej omawianego rozporządzenia, zmierzające do ustalenia dawki osadów według zapotrzebowania roślin na fosfor lub azot, są nieprecyzyjne z dwóch powodów. Po pierwsze nie określa się poziomu nawożenia tymi składnikami według kryterium nawożenia:

- maksymalnego (ok. 75-100% pokrycia potrzeb roślin);
- optymalnego (ok. 50-60% pokrycia potrzeb roślin z powyższych źródeł, reszta z nawożenia mineralnego);
- ekstensywnego (ok. 30% pokrycia potrzeb roślin z osadów ściekowych, reszta z nawożenia mineralnego).

Drugim zaś czynnikiem, wydaje się, że bardziej uzasadnionym pod względem ekologicznym, jest przyjęcie jako podstawy nawożenia bilansu fosforu, a nie azotu, przy którym dawki osadów ściekowych są mniejsze niż w przypadku kryterium zapotrzebowania na azot. Ponadto równoważnik nawozowy dla fosforu według doświadczeń nauki i praktyki (9) wynosi 1, zaś w przypadku azotu od 0,3 do 0,7 i jest zależny od rodzaju gleby, pory roku, uprawy itp. Oznacza to, że bardziej precyzyjnie można dostosować dawkę osadu ściekowego według zawartości fosforu, traktując osady ściekowe jako nawozy organiczne (32) średnio zasobne w ten pierwiastek i bez obawy, że zostaną w tym przypadku przekroczone jego depozyty w glebie.

Krajowe regulacje dotyczące wykorzystania osadów ściekowych precyzują również dopuszczalny poziom metali ciężkich w glebach przewidzianych do rolniczego lub przyrodniczego wykorzystania. Dopuszczalna koncentracja metali ciężkich w wierzchniej warstwie gleby (0-25 cm) wyrażona w mg s.m. gruntu jest zróżnicowana w zależności od rodzaju metali ciężkich, rodzaju gleb, a także wykorzystania osadów na różne cele.

W ocenie oddziaływania osadów ściekowych na środowisko należy wziąć pod uwagę zawartość metali ciężkich w glebie (na podstawie badań laboratoryjnych w próbkach pobranych z głębokości 0-25 cm) oraz uwzględnić ładunek metali ciężkich wprowadzanych do gleby z zastosowanymi osadami ściekowymi. Wymogiem podstawowym w tym zakresie jest, aby łączna suma metali ciężkich zawartych zarówno w glebie, jak i dostarczona z osadem ściekowym nie spowodowała przekroczenia dopuszczalnego kryterium zanieczyszczenia gleb w długim okresie czasu (przyjmuje się okres 100 lat).

Zgodnie ze wskazaniami IUNG na glebach wykazujących naturalną i podwyższoną zawartość metali ciężkich można uprawiać wszystkie rośliny, na glebach słabo i średnio zanieczyszczonych nie należy uprawiać warzyw, a na glebach silnie zanieczyszczonych dopuszczalna jest jedynie uprawa roślin przeznaczonych na surowce dla przemysłu niespożywczego. Warto zwrócić uwagę, że graniczne zawartości metali ciężkich są tym wyższe, im większa jest zawartość w glebie części spławianych i próchnicy oraz im wyższe jest pH gleby (4).

Stosując osady ściekowe w celach rolniczych lub przyrodniczych, należy również uwzględnić naturalne koncentracje pierwiastków śladowych, ze względu na ssaki, rośliny, wody i gleby. W przypadku gleb koncentracje te są znacząco wyższe od koncentracji dla pozostałych elementów środowiska (8).

### **Zakres raportu OOŚ ze szczególnym uwzględnieniem oddziaływania osadów ściekowych na środowisko**

Wychodząc z ustaleń rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (13), określających w § 2 warunki ich stosowania na gruntach, przyjmuje się za podstawę spełnienie łącznie warunków dotyczących:



- dopuszczalnych zawartości metali ciężkich, określonych w załączniku nr 1 do rozporządzenia;
- braku bakterii z rodzaju *Salmonella*;
- łącznej liczby żywych jaj pasożytów jelitowych *Ascaris* sp., *Trichuris* sp., *Toxocara* sp. (w 1 kg suchej masy stosowanych w rolnictwie) wynoszącej 0 oraz dla innych celów, w tym rekultywacji terenów, upraw roślin do produkcji kompostu i nieprzeznaczonych do spożycia oraz produkcji pasz, nie większej niż 300.

Kolejnym etapem postępowania jest określenie rocznej dawki osadów ściekowych. Dawkę tę do celów rolniczych, zgodnie z zaleceniami § 3.1. (13), ustala się dla każdej partii osadu osobno, wychodząc z założenia ust. 2, w którym zaleca się określenie tej dawki w zależności od rodzaju gruntu, sposobu jego użytkowania, jakości komunalnego osadu ściekowego oraz zapotrzebowania roślin na fosfor i azot.

Zalecenia te są dość ogólnikowe i nie precyzują podstaw merytorycznych określania odpowiednich dawek. W związku z powyższym proponuje się określenie tych dawek analogicznie, jak w przypadku rolniczego wykorzystania ścieków i gnojowicy (8, 9, 10). Dawki nawozowe osadów ściekowych oraz kompostów wytworzonych z osadów ściekowych proponuje się wyznaczać ze wzoru:

$$D = \frac{Z_N \cdot \alpha_N}{S_{uN} \cdot R_{uN} \cdot 100} \quad (\text{t s.m.} \cdot \text{ha}^{-1}) \quad [1]$$

gdzie:

$D$  – dawka osadu lub kompostu ( $\text{t s.m.} \cdot \text{ha}^{-1}$ ),

$Z_N$  – zapotrzebowanie upraw rolniczych na azot ( $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ),

$\alpha_N$  – stopień pokrycia zapotrzebowania na azot (%),

$S_{uN}$  – zawartość azotu (w czystym składniku azotu – N)  $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m. osadu,

$R_{uN}$  – równoważnik nawozowy azotu w osadach ściekowych lub w kompostach, który zależy od rodzaju gleby, terminu nawożenia, zmieniający się w granicach 0,25-0,50, przeciętnie 0,3-0,4; na tę wartość  $R_{uN}$  wskazują ostatnie wyniki badań IMUZ (2). W przypadku gnojowicy  $R_{uN}$  – zawiera się w przedziale 0,25-0,60, a ścieków 0,55-0,85.

Zapotrzebowanie upraw rolniczych na azot zaleca się przyjmować w przedziale wartości  $70\text{-}240 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ , na który to poziom nawożenia organicznego wskazują kształtujące się ostatnio tendencje, według zaleceń agrotechnicznych. Stopień pokrycia potrzeb roślin na azot, a także na fosfor zaleca się przyjmować na poziomie 10-30% (2, 8, 9).

Krajowe doświadczenia w zakresie rolniczego wykorzystania osadów ściekowych wskazują, że rośliny wymagające nawożenia organicznego na glebach piaszczystych można nawozić osadem ściekowym w ilości do  $60 \text{ t s.m.} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Suchą masę osadu w osadach wilgotnych (w %) określa się z zależności:

$$S.m._{os.} = M_{os.wilg.} \cdot s.m._{os.} \cdot 0,01 \text{ (kg s.m._{os.})} \quad [2]$$

gdzie:

$M_{os.wilg.}$  – masa osadu ściekowego (kg) o danej wilgotności (%),

$s.m._{os.}$  – zawartość suchej masy osadu (kg s.m.) w osadzie ściekowym o danej wilgotności.

Obliczone według powyższych wskazówek dawki osadów ściekowych lub kompostów wytworzonych z osadów ściekowych należy porównać z wielkościami dawek określonych w załączniku nr 4 rozporządzenia Ministra Środowiska z 2002 r. (13). Dawki tych osadów nie powinny m.in. przekraczać:

- w celach rolniczych do 10 t s.m. · ha<sup>-1</sup> traktowanych jako zabieg jednokrotny lub dwukrotny w ciągu 5 lat,
- w celach rekultywacyjnych na cele rolne i nierolne do 200 t s.m. · ha<sup>-1</sup>, jako zabieg jednokrotny lub wielokrotny.

Według § 3. ust. 3 obliczone dawki metali ciężkich zawartych w osadach ściekowych lub kompostach wytworzonych z osadów ściekowych wprowadzanych w ciągu roku do gleby (średnio w ciągu 10 lat) nie mogą przekraczać:

- ołowiu – 1000 g Pb · ha<sup>-1</sup> · rok<sup>-1</sup>,
- kadmu – 20 g Cd · ha<sup>-1</sup> · rok<sup>-1</sup>,
- rtęci – 10 g Hg · ha<sup>-1</sup> · rok<sup>-1</sup>,
- niklu – 200 g Ni · ha<sup>-1</sup> · rok<sup>-1</sup>,
- cynku – 5000 g Zn · ha<sup>-1</sup> · rok<sup>-1</sup>,
- miedzi – 1600 g Cu · ha<sup>-1</sup> · rok<sup>-1</sup>,
- chromu – 1000 g Cr · ha<sup>-1</sup> · rok<sup>-1</sup>.

Należy przy tym zwrócić uwagę, że decyzja o zastosowaniu osadów organicznych w celach rolniczych lub przyrodniczych wymaga również określenia zawartości metali ciężkich w 25 cm warstwie gleby. Wartości maksymalnej zawartości metali ciężkich w glebach (gruntach), w zależności od rodzaju gleby (lekka, średnia i ciężka), przedstawiono w załączniku nr 2 rozporządzenia (cele rolne i rekultywacyjne dla celów rolnych) oraz w załączniku nr 3 (rekultywacja terenów na cele nierolne); (13).

Przy analizowaniu wpływu osadów ściekowych lub kompostów wytworzonych z osadów na glebę należy uwzględnić również rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz jakości ziemi (14). Istotne ustalenia w tym zakresie określa § 1. p. 1., uznając glebę lub ziemię za zanieczyszczoną, gdy stężenie co najmniej jednej substancji przekracza wartość dopuszczalną. W § 2 określono odnośne standardy, w tym w części dotyczącej rolnictwa (użytków rolnych), gleb zaliczonych do grupy B. W poszczególnych grupach kwalifikacyjnych gleb lub ziemi, w tym w grupie B, dla poszczególnych głębokości (np. 0,0-0,3; 0,3-15,0 m itp.) określono dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń w mg na 1 kg s.m. gleby lub ziemi: metali ciężkich, zanieczyszczeń nieorganicznych, zanieczyszczeń węglowodorowych, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, węglowodorów chlorowanych, środków ochrony roślin (wg podstawowych ich podgrup) oraz pozostałych zanieczyszczeń.

Warto przy tym zauważyć, że kwalifikacje stopnia czystości bądź zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi według innych kryteriów niż w ww. rozporządzeniu zawarte są również w literaturze (5, 7, 8, 9, 23).

Zawartości większe od naturalnych świadczą o zanieczyszczeniu gleb metalami pochodzącymi z przemysłu lub samego rolnictwa (4). Graniczne zawartości metali ciężkich w glebach podano w tabeli 2.

Tabela 2

Graniczne zawartości metali ciężkich w  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  gleby

| Metal | Zawartość w glebie |                  | Stopień zanieczyszczenia gleby |                |             |                   |
|-------|--------------------|------------------|--------------------------------|----------------|-------------|-------------------|
|       | naturalna<br>0     | podwyższona<br>I | słabe<br>II                    | średnie<br>III | silne<br>IV | bardzo silne<br>V |
| Pb    | 30-70*             | 70-200           | 100-500                        | 500-2000       | 2500-7000   | 2500-7000         |
| Zn    | 50-70              | 100-300          | 300-1000                       | 700-3000       | 3000-8000   | 3000-8000         |
| Cu    | 15-40              | 30-70            | 50-100                         | 80-150         | 300-750     | 300-750           |
| Ni    | 10-50              | 30-75            | 50-100                         | 100-300        | 400-1000    | 400-1000          |
| Cd    | 0,3-0,5            | 1,0-3,0          | 2,0-5,0                        | 3,0-10         | 5,0-20      | 5,0-20            |

\* zawartości mniejsze dla gleb lekkich i kwaśnych, zawartości większe dla gleb ciężkich o obojętnym odczynie i gleb organicznych  
Źródło: Pendias, 1999 (5).

Określanie wpływu zawartości metali ciężkich w  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m. gleby (ziemi) proponuje się przeprowadzać według poniższego algorytmu:

- określenie (wg § 5.1. rozporządzenia Ministra Środowiska z 2002 r.); (13) charakterystyki jakościowej osadów ściekowych i kompostów pod kątem m.in. zawartości makroskładników – azotu i fosforu, a także wapnia i magnezu (w % s.m.) oraz metali ciężkich: ołowiu, kadmu, rtęci, niklu, cynku, miedzi i chromu (w  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.), a także obecności bakterii chorobotwórczych z rodzaju *Salmonella* i liczby żywych jaj pasożytów jelitowych *Ascaris* sp., *Trichuris* sp., *Toxocara* sp. (w szt.  $\cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.);
- określenie potrzeb nawozowych roślin (w  $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ) oraz dawek osadów ściekowych lub kompostów (w  $\text{t s.m.} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ );
- określenie ładunku metali ciężkich zawartych w rocznej dawce osadów ściekowych lub w kompostach wytworzonych z osadów ściekowych według wzoru:

$$L_{r.m.c.} = D_{os.śc.} \cdot S_{m.c.} \quad (\text{g} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}, \text{mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}) \quad [3]$$

gdzie:

$L_{r.m.c.}$  – ładunek roczny metali ciężkich ( $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  lub  $\text{mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ),  
 $D_{os.śc.}$  – dawka osadów ściekowych ( $\text{t s.m.} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  lub  $10^3 \text{ kg s.m.} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ),  
 $S_{m.c.}$  – stężenie (koncentracja) metali ciężkich ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m. osadu);

- określenie suchej masy gleby nawożonej osadami ściekowymi lub kompostami w celach rolniczych lub przyrodniczych, przy założeniu miąższości 0,25 m (przyjętej w § 6 ust. 4 rozporządzenia Ministra Środowiska z 2002 r.); (13), według wzoru:

$$S.m._{gleb} = V \cdot C_{wt} \cdot 10^{-3} \quad (\text{kg s.m.} \cdot \text{ha}^{-1}) \quad [4]$$

gdzie:

$S.m._{gleb}$  – sucha masa gleby z powierzchni 1 ha, tj. 10000 m<sup>2</sup> o miąższości 0,25 m,

$V$  – objętość gleby z powierzchni 1 ha o miąższości 0,25 m (cm<sup>3</sup>),

$C_{wt}$  – ciężar właściwy gleby wyrażony w g s.m. · cm<sup>-3</sup>; średnio dla gleb lekkich przyjmuje się 1,8-2,3, średnich 2,4-2,6 i ciężkich 2,7-2,8 g s.m. · cm<sup>-3</sup>.

Tabela 3

Sucha masa gleby o różnych ciężarach właściwych

| Rodzaj gleby | Ciężar właściwy badanej gleby<br>(g s.m. cm <sup>-3</sup> ) | Sucha masa gleby z powierzchni 1 ha<br>(kg s.m. ha <sup>-1</sup> ) |
|--------------|---|--|
| Lekka        | 1,8   | 4,5 · 10 <sup>6</sup>  |
|              | 1,9   | 4,75 · 10 <sup>6</sup>   |
|              | 2,0   | 5,0 · 10 <sup>6</sup>  |
|              | 2,1   | 5,25 · 10 <sup>6</sup>   |
|              | 2,2   | 5,5 · 10 <sup>6</sup>  |
|              | 2,3   | 5,75 · 10 <sup>6</sup>   |
| Średnia      | 2,4   | 6,0 · 10 <sup>6</sup>  |
|              | 2,5   | 6,25 · 10 <sup>6</sup>   |
|              | 2,6   | 6,5 · 10 <sup>6</sup>  |
| Ciężka       | 2,7   | 6,75 · 10 <sup>6</sup>   |
|              | 2,8   | 7,0 · 10 <sup>6</sup>  |

Źródło: opracowanie własne.

Objętość gleb przykładowo można wyznaczyć:

$$V = 10^4 \cdot 0,25 \cdot 10^6 = 2,5 \cdot 10^9 \text{ cm}^3 \quad [5]$$

$$S.m._{gl.sr.} = V \cdot 2,6 \cdot 10^{-3} = 2,5 \cdot 10^9 \cdot 2,6 \cdot 10^{-3} = 6,5 \cdot 10^6 \text{ kg s.m.} \cdot \text{ha}^{-1} \quad [6]$$

Suchą masę gleby skorygowaną o ciężar właściwy innym niż  $C_{wt} = 2,6 \text{ g s.m.} \cdot \text{cm}^{-3}$  można określić z zastosowaniem przelicznika  $k$  według zależności:

$$S.m._{gl.skor.} = k \cdot 6,5 \cdot 10^6 \text{ (kg s.m.} \cdot \text{ha}^{-1}) \quad [7]$$

gdzie:

$k$  – współczynnik korygujący określany według zależności:

$$k = \frac{C_{wł.bad.gl.}}{C_{wł.gl.śr.}} \quad [8]$$

gdzie:

$C_{wł.bad.gl.}$  – ciężar właściwy badanej gleby ( $\text{g s.m.} \cdot \text{cm}^3$ ),

$C_{wł.gl.śr.}$  – ciężar właściwy gleby średniej ( $2,6 \text{ g s.m.} \cdot \text{cm}^3$ ).

Suchą masę gleby określa się według zależności:

$$S.m._{obl.gleb} = k \cdot s.m._{gleb} \quad (\text{kg s.m.} \cdot \text{ha}^{-1}) \quad [9]$$

gdzie:

$S.m._{obl.gleb}$  – sucha masa danego rodzaju gleby ( $\text{kg s.m.} \cdot \text{ha}^{-1}$ ),

$s.m._{gleb}$  – sucha masa określona według zależności [6].

Suchą masę gleby o różnych ciężarach właściwych przedstawiono w tabeli 3.

Przy innej miąższości gleby niż 0,25 m należy odpowiednio skorygować objętość gleby określoną według zależności [5], stosując przeliczniki wynikające z parametru warstwy gleby:

$$a = \frac{h_1}{h} \quad [10]$$

gdzie:

$h_1$  – dana miąższość gleby (m),

$h$  – miąższość gleby zalecana w rozporządzeniu Ministra Środowiska (13) – wynosząca 0,25 m.

Obciążenie gleby metalami ciężkimi zawartymi w osadach ściekowych lub kompostach wytworzonych z osadów ściekowych można określić według zależności:

$$S_{j.m.c.} = \frac{L_{r.m.c.}}{s.m._{gleb}} \quad (\text{mg m.c.} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m. gleby}) \quad [11]$$

gdzie:

$S_{j.m.c.}$  – jednostkowe obciążenie gleby metalami ciężkimi zawartymi w osadach lub w kompostach,

$L_{r.m.c.}$  – ładunek roczny metali ciężkich zawartych w rocznej dawce osadów ściekowych bądź w kompostach wytworzonych z osadów ściekowych, określony według zależności [3].

Łączna koncentracja metali ciężkich w glebie lub ziemi ( $I_{og.m.c.}$ ) nawożonej osadami ściekowymi lub kompostami wytworzonymi z osadów ściekowych jest sumą wartości poszczególnych rodzajów metali ciężkich zawartych w glebie przed rozpoczęciem nawożenia ( $s_{j.m.c.gl.}$ ) oraz jednostkowego obciążenia gleby lub ziemi odnośnymi metalami ciężkimi ( $s_{j.m.c.os.}$ ) wynikającymi z nawożenia osadami ściekowymi lub kompostami:

$$I_{og.m.c.} = S_{j.m.c.gl.} + S_{j.m.c.os.} \text{ (mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m. gleby)} \quad [12]$$

gdzie:

$I_{og.m.c.}$  – łączny jednostkowy ładunek metali ciężkich w glebie ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m. gleby),

$S_{j.m.c.gl.}$  – zawartość metali ciężkich w glebie przed nawożeniem ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m. gleby),

$S_{j.m.c.os.}$  – jednostkowe obciążenie gleby metalami ciężkimi pochodzącymi z osadów lub kompostów ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m. gleby).

Obliczeniową wartość  $I_{og.m.c.}$  porównuje się ze standardami jakości gleby i ziemi, przeprowadzając analizę uzyskanych obliczeń i konfrontując je z danymi obligatoryjnymi zawartymi w regulacjach prawnych bądź zalecanymi w literaturze fachowej z zakresu oceny zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi (1, 4).

Przy określaniu zawartości metali ciężkich w glebie zaleca się wykorzystywać wyniki map chemiczno-rolniczych oraz uwzględniać depozyty poszczególnych metali pochodzących z depozycji suchej i mokrej. Przykładowo emisja metali ciężkich do powietrza w 2008 r. kształtowała się na poziomie przedstawionym w tabeli 4.

Tabela 4

Wielkość emisji metali ciężkich w Polsce (2008 r.)

| Metal               | Pb     | Cd    | Hg    | As    | Cr    | Cu     | Ni     | Zn       |
|---------------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|----------|
| Wielkość emisji (t) | 550,66 | 41,77 | 15,69 | 44,18 | 49,18 | 348,56 | 173,75 | 1 444,42 |

Źródło: Dębski i in., 2010 (3).

Podejmując decyzję o rolniczym wykorzystaniu osadów ściekowych lub kompostów produkowanych na bazie osadów ściekowych należy także uzyskać certyfikat Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi o zakwalifikowaniu ich jako nawozów naturalnych, w rozumieniu ustawy o nawozach i nawożeniu (32) oraz wskazówek kwalifikacyjnych zawartych w aktach wykonawczych (19). Dotyczą one zawartości suchej masy nie mniej niż:

- azotu całkowitego ( $N_{całk.}$ ) – 0,3%,
- fosforu w przeliczeniu na  $P_2O_5$  – 0,2%,
- potasu w przeliczeniu na  $K_2O$  – 0,2%,
- substancji organicznej – 30%.

Należy również dokonać oceny jakości wyprodukowanego kompostu i porównać z kryteriami oraz normami jakościowymi według rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie odzysku R10 (18).

## Podsumowanie

Dokonana analiza zarówno przepisów formalno-prawnych, jak i podstaw metodycznych wskazuje na wiele braków i rozbieżności w przepisach oraz na możliwość niejednoznacznej ich interpretacji przez zainteresowane instytucje. Generalnie stwierdza się brak jednomyślności w zakresie stosowania osadów ściekowych w celach rolniczych lub przyrodniczych przez resorty rolnictwa i ochrony środowiska. Dostrzeżę się bardzo duże rozproszenie przepisów, a nawet brak dokładnych wytycznych, które w konsekwencji utrudniają lub też zniechęcają do rolniczego lub przyrodniczego wykorzystywania osadów ściekowych.

Istotnym zagadaniem wymagającym uregulowania jest wielkość dawek osadów ściekowych. Podstawą ich określania jest bilans potrzeb nawozowych roślin względem azotu, przy spełnieniu kryteriów jakościowych nawozów organicznych, a także zawartości metali ciężkich w glebie lub ziemi przewidywanej do nawożenia tymi osadami.

Obecnie o przydatności osadów ściekowych do wykorzystania rolniczego bądź przyrodniczego decyduje głównie zawartość metali ciężkich oraz charakterystyka bakteriologiczna. Dokonując oceny oddziaływania metali ciężkich wprowadzanych do gleby wraz z osadami ściekowymi, wysoce zasadne jest uwzględnianie wpływu tychże zanieczyszczeń z innych źródeł, np. z powietrza.

Wymagania stawiane osadom można rozbudować o aspekty innych zanieczyszczeń. Celowe jest kontynuowanie badań dotyczących wpływu osadów ściekowych na środowisko glebowe, poszerzając zakres wskaźników jakościowych osadów ściekowych również o zanieczyszczenia i substancje toksyczne dla roślin, wód i gleb. Należy jednak podkreślić, że osady z małych obiektów mają realną szansę na przyrodnicze zagospodarowanie.

Dawki osadów muszą być poddane weryfikacji w ujęciu masowym, z uwzględnieniem ich maksymalnych wielkości, tzw. wielkości obligatoryjnych, prawnie dopuszczonych do stosowania w kraju. Zasadne jest również uwzględnienie problematyki dotyczącej wykorzystywania osadów ściekowych w celach rolniczych bądź przyrodniczych w planach przestrzennego zagospodarowania gmin lub na etapie opracowywania studiów uwarunkowań z pogłębioną analizą ocen oddziaływania tych osadów na środowisko.

## Literatura

1. Bi e ń J. B.: Osady ściekowe – teoria i praktyka. Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2002.
2. C z y ż y k F.: Wstępne wyniki badań kompostowania płynnych osadów ściekowych ze słomą. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2001, **475**: 263-269.
3. D ę b s k i B., O l e n d r z y ń s k i K., C i e ś l i ń s k a J., K a r g u l e w i c z I., S k o ś k i e w i c z J., O l e c k a A., K a n i a K.: Inwentaryzacja emisji do powietrza SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, NH<sub>3</sub>, pyłów, metali ciężkich. NMLZO i TZO w Polsce za rok 2008. 2010.  
[http://www.kashue.pl/materialy/Inwentaryzacje\\_krajowe/Raport\\_LRTAP\\_2008.pdf](http://www.kashue.pl/materialy/Inwentaryzacje_krajowe/Raport_LRTAP_2008.pdf), 30.05.2010

4. Fotyma M., Mercik S.: Chemia rolna. PWN Warszawa, 1995.
5. Kabata-Pendias A., Pendias H.: Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN Warszawa, 1999.
6. Krajowy program oczyszczania ścieków komunalnych. Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2003.
7. Kuczewski K., Łomotowski J., Murzyński J.: Zawartość metali ciężkich w kompostach otrzymanyh z pomiotu kurzego, słomy, fosfogipsów oraz popiołów lotnych. Chem. Inż. Ekol., 2003, **10(2)**: 273-278.
8. Kuter J.: Wykorzystanie ścieków w rolnictwie. Wyd. II. PWRiL Warszawa, 1988.
9. Kuter J.: Rolnicze wykorzystanie gnojowicy. Mat. Instr. 76, IMUZ Falenty, 1990.
10. Kuter J., Hus S.: Rolnicze oczyszczanie i wykorzystanie ścieków i gnojowicy. AR Wrocław, 1998.
11. Ochrona środowiska. GUS Warszawa, 2009.
12. Paluch J., Paruch A., Pulikowski K.: Przyrodnicze wykorzystanie ścieków i osadów. AR Wrocław, 2006.
13. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych. Dz. U. z 2002 r., nr 134, poz. 1140.
14. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. Dz. U. z 2002 r., nr 165, poz. 1359.
15. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzenia raportu o oddziaływaniu na środowisko. Dz. U. z 2004 r., nr 257, poz. 2573.
16. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 maja 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzenia raportu o oddziaływaniu na środowisko. Dz. U. z 2005 r., nr 92, poz. 769.
17. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. 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. z 2006 r., nr 147, poz. 984.
18. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 listopada 2007 r. w sprawie odzysku R10. Dz. U. z 2007 r., nr 228, poz. 1685.
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 28 stycznia 2009 r. zmieniające rozporządzenie 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. z 2009 r., nr 27, poz. 169.
21. Sikorski M., Bauman-Kaszubska H.: Wybrane problemy gospodarki osadami ściekowymi na terenach wiejskich. Inż. Ochr. Środ., 2008, **11(3)**: 343-353.
22. Sikorski M., Bauman-Kaszubska H.: Gospodarka osadami ściekowymi w świetle krajowych i zagranicznych regulacji prawnych. Wiad. Melior. Łąk., 2006, **4**: 180-184.
23. Sprawozdanie z działalności IMUZ w 2007 r. Problem 9. Sanitacja wsi. Koordynator F. Czyżyk. Dolnośląski Instytut Badawczy IMUZ we Wrocławiu, IMUZ, Falenty, maszynopis.
24. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane. Dz. U. z 1994 r., nr 89, poz. 414 z późn. zm.
25. Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych. Dz. U. z 1995 r. nr 16, poz. 78 z późn. zm.
26. Ustawa z dnia 7 marca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków. Dz. U. z 2001 r., nr 72, poz. 747 z późn. zm.
27. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska. Dz. U. z 2001 r. nr 62, poz. 627 z późn. zm.



28. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach. Dz. U. z 2001 r. nr 62, poz. 628 z późn. zm.
29. Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne. Dz. U. z 2001 r. nr 115, poz. 1229 z późn. zm.
30. Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym. Dz. U. z 2003 r., nr 80, poz. 717 z późn. zm.
31. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody. Dz. U. z 2004 r. nr 92, poz. 880 z późn. zm.
32. Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu. Dz. U. z 2007 r., nr 147, poz. 1033.
33. Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko. Dz. U. z 2008 r. nr 199, poz. 1227 z późn. zm.

Adres do korespondencji:

*dr inż. Hanna Bauman-Kaszubska  
Politechnika Warszawska  
Instytut Budownictwa  
ul.Łukasiewicza 17  
09-400 Płock  
tel.: (24) 367-21-38  
e-mail: bauman@pw.plock.pl*

