**INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH**

Nr 1/2005, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 147–156
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

*Katarzyna Szwedziak, Andrzej Woźniak*

# CHARAKTERYSTYKA OSADU POŚCIEKOWEGO POCHODZACEGO Z OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W STRZELACACH OPOLSKICH

**Streszczenie**

Ogólnym celem oczyszczania ścieków jest ochrona środowiska, a przede wszystkim ochrona czystości wód powierzchniowych. Procesowi oczyszczania ścieków zawsze towarzyszy powstawanie osadów ściekowych, które są definiowane jako organiczno-mineralna faza stała, wyodrębniona ze ścieków. Skład chemiczny osadów może być różny, w zależności od rodzaju oczyszczanych ścieków oraz w zależności od zastosowanych procesów przeróbki tych osadów. Osady ściekowe stanowią około 2% ogólnej objętości dopływających do oczyszczalni ścieków.

Budowa nowych oczyszczalni ścieków i intensyfikacja procesów oczyszczania powoduje wzrost ilości osadów. Koszty budowy i eksploatacji urządzeń do przeróbki osadów ściekowych oraz koszty ich magazynowania są bardzo wysokie (nawet 50% ogólnych kosztów oczyszczalni). Alternatywą dla magazynowania ogromnych ilości osadów ściekowych może okazać się ich przyrodnicze wykorzystanie, co również przyczyniłoby się do zmniejszenia kosztów ponoszonych przez oczyszczalnie ścieków. W przeszłości badania naukowców dowodziły już o przydatności osadów ściekowych w następujących dziedzinach: rekultywacja gruntów zdewastowanych, roślinne utrwalanie powierzchni gruntu, kompostowanie osadów ściekowych. Wciąż jednak dużo kontrowersji wzbudza temat rolniczego wykorzystania osadów ściekowych. Wiąże się to głównie z niskim stopniem uświadomienia w sprawie osadów ściekowych.

Wyniki badań naukowców przekonują jednak, że warto zainteresować się problemem osadów ściekowych. Osad ściekowy może okazać się cennym surowcem, a nie jak dotąd tylko problematycznym odpadem powstającym w procesie oczyszczania ścieków.

**Słowa kluczowe:** osad czynny, higienizacja, rolnicze wykorzystanie osadu, modelowanie statystyczne, log-liniowa funkcja

## WSTĘP

Osady ściekowe, w zależności od przygotowania oraz warunków lokalnych, będą nadal stanowić odpad do składowania albo produkt do wykorzystania przyrodniczego. Ze względu na swoją wartość nawozową osady pochodzące z procesu oczyszczania ścieków i stanowiące produkt uboczny, mogą być wykorzystane do nawożenia lub do rekultywacji terenów zielonych. Oczywiście, aby osad mógł być wykorzystany przyrodniczo musi być odpowiednio przygotowany w procesach pozwalających na usunięcie toksycznych związków, które mogłyby negatywnie wpłynąć na jakość uprawianych na nim roślin.

Racjonalna produkcja roślinna w rolnictwie opiera się na przestrzeganiu zasad mających na celu poprawę żyzności gleby oraz jej produkcyjności poprzez zastosowanie właściwej agrotechniki, w tym również nawożenia mineralnego i organicznego. Gleby Polski są na ogół ubogie w materię organiczną i przy uprawie na nich roślin bardziej wymagających ulegają one odpróchnicznieniu i zubożeniu w składniki pokarmowe. Najpopularniejszym nawozem organicznym stosowanym w rolnictwie jest obornik. Po roku 1990 produkcja obornika znacznie się obniżyła ze względu na ograniczenie produkcji zwierzęcej i stosowane obecnie dawki są niewystarczające do uzyskania dobrych polonów. Z tej przyczyny niezbędne jest poszukiwanie innych alternatywnych źródeł materii organicznej, możliwej do bezpiecznego stosowania, jako nawozu alternatywnego.

Jednym ze sposobów alternatywnego do obornika jest stosowanie różnego rodzaju substancji organicznych, takich jak: odpady roślinne, komposty lub osady ściekowe pochodzące z oczyszczalni ścieków. Wyraźny wzrost świadomości ekologicznej wśród społeczeństwa sprzyja idei stosowania alternatywnych źródeł materii organicznej poprzez przyrodnicze wykorzystanie a tym samym ograniczenie składowania odpadów na wypiskach śmieci. Tej idei mają służyć mają nowe, proekologiczne rozwiązania produkcyjne zakładające minimalizację odpadów i nowe zasady ich przetwarzania i utylizacji. Najbardziej naturalnym kierunkiem zagospodarowania już istniejących i aktualnie powstających produktów odpadowych i osadów ściekowych, zwłaszcza tych, które zawierają materię organiczną, jest przyrodnicze wykorzystanie. Przyrodnicza utylizacja osadu ściekowego może być w szerokim zakresie realizowana w rolniczej gospodarce, a także w organizacji i utrzymaniu terenów zielonych w miastach i na obiektach rekreacyjnych. [Filipek-Mazurek, Mazur 1996]

Przyrodnicze wykorzystanie nadmiernego osadu pochodzącego z procesu biologicznego oczyszczania ścieków wiąże się z odpowiednim przygotowaniem związanym z stabilizacją i higienizacją, aby osad zastosowany jako nawóz nie stanowił zagrożenia i nie był toksyczny pod względem zawartości niepożądanych składników chemicznych i skażenia bakteriologicznego.

**Gospodarka osadowa w oczyszczalni ścieków w Strzelcach Opolskich**. Osady ściekowe są produktem ubocznym procesu oczyszczania ścieków, a ich jakość i ilość zależy w głównej mierze od przyjętej i stosowanej technologii oczyszczania ścieków, sposobu i stopnia ich oczyszczania oraz stopnia rozkładu substancji organicznych w procesie tzw. stabilizacji.

Proces przeróbki osadów ściekowych w cyklu technologicznym dzieli się na:

a. obróbkę wstępną osadów,

b. obróbkę końcową osadów.

Celem przeróbki osadów jest ich unieszkodliwianie w aspekcie sanitarnym, zmniejszenie ich objętości poprzez zmniejszenie udziału wody w osadzie.

Proces unieszkodliwiania osadów jest procesem bardzo złożonym i jest realizowany jako ciąg procesów jednostkowych, w trakcie których realizuje się transfer faz osadu, czyli wzajemne przemieszczanie fazy stałej i ciekłej mające na celu ich oddzielenie, a następnie odprowadzeniu fazy ciekłej z osadu. Jeżeli w trakcie tego procesu osad zmniejsza swoją objętość, nie tracąc cieczy, nazywamy to umownie zagęszczaniem osadu, natomiast jeżeli w trakcie tego procesu osad zmniejsza swoją objętość, nie tracąc własności cieczy nazywamy to zagęszczaniem osadu, a jeżeli osad poddawany jest zewnętrznym oddziaływaniom mechanicznym, zmniejsza objętość i traci własności cieczy, uzyskując wytrzymałość postaciową, mówimy wtedy o odwodnieniu.

Do procesów jednostkowych przeróbki osadów, które pozwalają na przygotowanie osadu do przyrodniczego wykorzystania zaliczamy:

a. obróbkę wstępną:

– kondycjonowanie – ma doprowadzić do zmiany struktury osadu i stanu powierzchni zdyspergowanych cząstek fazy stałej, a w konsekwencji do zwiększenia rozmiarów cząstek i zmniejszenia sił wiążących cząstki z wodą,

– zagęszczanie osadów w sposób grawitacyjny, flotacyjny lub mechanicznie. Dobór sposobu zależy od rodzaju osadu, kondycjonowania oraz od charakteru ścieków, z których osad pochodzi,

– stabilizacja osadów za pomocą różnych metod (tlenowa, psychrofilna, termofilna, beztlenowa, beztlenowa mezofilna, dwustopniowa, tlenowa, beztlenowa). Osad ustabilizowany to taki, który nie zawiera lub zawiera minimalne ilości substancji organicznych podatnych na rozkład biologiczny, ma niską efektywność oddychania, nie jest uciążliwy zapachowo, dobrze sedymentuje, dobrze się odwadnia,

– uzdatnianie – usuwanie z osadów zanieczyszczeń toksycznych pochodzących między innymi ze ścieków przemysłowych, np. metale ciężkie, dioksyny i furany, pestycydy i inne.

b. obróbka końcowa:

– odwadnianie

Skażenie osadów niepożądanymi mikroorganizmami chorobotwórczymi jest uzależnione od ścieków dopływających do oczyszczalni. Proces, za pomocą którego usuwane jest skażenie bakteriologiczne, to higienizacja. Do procesów higienizacji osadów ściekowych należą:

– pasteryzacja,
– wapnowanie,
– higienizacja radiacją.

Oczyszczalnia ścieków w Strzelcach Opolskich dysponuje instalacją zagęszczania i odwadniania osadu wraz z węzłem wapnowania i magazynowania osadu. Zadaniem tej instalacji jest zagęszczenie i odwodnienie osadu nadmiernego oraz jego higienizacja i magazynowanie do czasu jego ostatecznego unieszkodliwienia lub gospodarczego wykorzystania. Podstawowymi urządzeniami w zakresie realizacji procesu odwadniania osadów, oprócz pomp transportujących osad, wodę technologiczną i służących do przygotowania oraz dozowania flokulantów są: zespół wstępnego odwadniania o wydajności 80–100 $m^3$/h oraz prasa filtracyjno- taśmowa o wydajności 7–10 $m.^3$/h. Uruchamianie, zatrzymywanie oraz nastawa parametrów pracy tej części instalacji odbywa się w sposób ręczny. Odwodniony osad poddawany jest higienizacji w węźle wapniowania, w którym wapno magazynowane w zasobniku o ładowności 30 ton, dozowane jest do odwodnionego osadu w wymaganej ilości, zadawanej manualnie. Odwodniony osad z wapnem kierowany jest następnie do zadaszonego magazynu osadu o pojemności wystarczającej na ok. 1 rok eksploatacji oczyszczalni.

Oczyszczalnia ścieków dysponuje własnym laboratorium umożliwiającym prowadzenie na bieżąco badań ścieków surowych, dowożonych oraz oczyszczonych. Próby pobierane są systematycznie pobiera-

kami ręcznymi oraz przez automaty ustawione na dopływie ścieków i odpływie z oczyszczalni. Automaty te umożliwiają przeprowadzanie badań na próbkach uśrednionych (np. średniodobowych). Laboratorium dysponuje pełnym wyposażeniem do przeprowadzania wszystkich wymaganych analiz. Całość procesów przebiegających na oczyszczalni, praca lub awaria urządzeń monitorowana jest systemem czujników i przekaźników. Wszystkie sygnały przesyłane są do centralnego komputera w sterowni oczyszczalni i wizualizowane na ekranie monitora. Operator oczyszczalni może na bieżąco śledzić, bądź sterować pracą poszczególnych urządzeń, informowany jest też o powstałych awariach bądź nieprawidłowościach w pracy oczyszczalni. System pozwala na wykonywanie zestawień czasu pracy każdego z urządzeń, wykresów i zestawień mierzonych parametrów pracy oczyszczalni (np. wielkości odpływu, stężenia osadu czynnego w ściekach, czy też zawartości tlenu).

Opisana oczyszczalnia ścieków w Strzelcach Opolskich pracuje bardzo wydajnie i w efekcie końcowym, odprowadza wody pościekowe o parametrach wody I klasy czystości pod względem składu chemicznego. Woda zawiera jedynie niewielkie ilości bakterii pochodzących z osadu czynnego, albowiem oczyszczalnia nie posiada na odpływie urządzeń do dezynfekcji. Dotychczas oczyszczalnia ścieków obciążona jest zaledwie w około 50 %, tak więc istnieje podłączania kolejnych miejscowości bez groźby pogorszenia parametrów jej pracy.

**Czynniki ograniczające przyrodnicze wykorzystanie osadów jako nawozów.** Zawartość metali ciężkich w osadach ściekowych, które mają zdolność kumulowania się w organizmach jak również w roślinach są jednym z czynników ograniczających przyrodnicze wykorzystanie osadów ściekowych. Do grupy tych metali należą: kadm, cynk, ołów i rtęć. Następnym czynnikiem ograniczającym jest skażenie chorobotwórcze bakteriami i jajami pasożytów chorobotwórczych. Odnośnie metali ciężkich określono wartości dopuszczalne stężeń w glebach, na których mają być zastosowane osady ściekowe jako nawóz (tab. 1).

Ponadto ilość metali ciężkich, które mogą być wprowadzane z osadem ściekowym w ciągu roku do gleby, średnio w okresie 10 lat przedstawia tabela 2. [Mizera 2002].

**Tabela 1.** Porównanie wartości dopuszczalnych stężeń metali ciężkich w glebie w odniesieniu do polskiego i unijnego prawa

| L.p. | Metale ciężkie | Mg/kg s.m | | | Dyrektywa 86/278/EWG |
|---|---|---|---|---|---|
| | | grunty lekkie | grunty średnie | grunty ciężkie | |
| 1 | kadm | 1 | 2 | 3 | 1-3 |
| 2 | miedź | 25 | 50 | 75 | 50-140 |
| 3 | nikiel | 20 | 35 | 50 | 30-75 |
| 4 | ołów | 40 | 60 | 80 | 50-300 |
| 5 | cynk | 80 | 120 | 180 | 150-300 |
| 6 | rtęć | 0,8 | 1,2 | 1,5 | 1-1,5 |
| 7 | chrom | 50 | 75 | 100 | – |

**Tabela 2.** Dopuszczalna zawartość metali ciężkich w osadach przeznaczonych do rolniczego i nierolniczego wykorzystania

| Metale | Sposób przyrodniczego użytkowania osadów | | |
|---|---|---|---|
| | nawożenie, użyźnianie, rekultywacja gruntów | | agrotechniczne przetwarzanie osadów na kompost, roślinne utrwalanie powierzchni gruntów |
| | rolnicze użytkowanie | nierolnicze użytkowanie | |
| | zawartość metali ciężkich [mg/kg s.m.o] | | |
| ołów | 500 | 1000 | 1500 |
| kadm | 10 | 25 | 50 |
| chrom | 500 | 1000 | 2500 |
| miedź | 800 | 1200 | 2000 |
| nikiel | 100 | 200 | 500 |
| rtęć | 5 | 10 | 25 |
| cynk | 2500 | 3500 | 5000 |

Następnym czynnikiem ograniczających stosowanie osadu ściekowego jako nawozu jest zawartość w nim substancji biologicznie szkodliwych, chorobotwórczych bakterii i wirusów oraz jaj pasożytów.

Chorobotwórcze wirusy i bakterie utrzymują w środowisku tzw. stan wirulencji czyli zjadliwości, który przebiega od kilku do kilkunastu miesięcy. Pierwotniaki i tasiemce zachowują inwazyjność około 1 roku, a jaja nicieni pasożytniczych kilka do kilkunastu lat. Nawet bardzo drastyczne zabiegi fizyczne i chemiczne skierowane przeciwko organizmom chorobotwórczym w ściekach są mało skuteczne. Najtrudniej ulegają zniszczeniu jaja nicieni pasożytniczych – glisty ludzkiej (*Asariuis lumbricoides*) i glisty psiej (*Toxocara canis*).

Na podstawie wielu badań laboratoryjnych stwierdzono, że podczas stosowania standardowych metod dezynfekcji osadów ściekowych jaja tych pasożytów ulegają destrukcji w warunkach tlenowych w temperaturze 550°C po upływie 2 godzin, a w temperaturze 450°C dopiero po 2 dniach. W warunkach beztlenowych giną w temperaturze 450°C, a w temperaturach niższych mają jedynie opóźniony rozwój zarodkowy.

W tabeli 3 przedstawiono dopuszczalną zawartość zanieczyszczeń sanitarnych w osadach wykorzystywanych przyrodniczo [Stańczyk-Mazanek, Bień 2001].

**Tabela 3.** Dopuszczalna zawartość zanieczyszczeń sanitarnych w osadach wykorzystywanych rolniczo [szt/kg s.m]

| Wskaźnik | Sposób przyrodniczego wykorzystania osadów ściekowych | |
|---|---|---|
| | użyźnianie i nawożenie | rekultywacja |
| bakterie rodzaju *Salmonella* | niewykrywalne | niewykrywalne |
| jaja pasożytów przewodu pokarmowego | Do 10 | Do 300 |

Z tego powodu osady przewidziane do przyrodniczego wykorzystania muszą być wcześniej odpowiednio przygotowane. Osady ściekowe muszą spełniać szereg wymogów co do formy ich stosowania jak i do jakości. osady powstające w oczyszczalni ścieków muszą być przetworzone na nieszkodliwe i bakteriologicznie czyste.

Osady ze ścieków komunalnych mogą być użytkowane przyrodniczo „bezpośrednio" po ich dalszym przetworzeniu w części osadowej oczyszczalni lub „pośrednio" po ich dalszym przetworzeniu na uszlachetnione produkty nawozowe [Kabata-Pendias 1987].

Jeśli osady mają być użytkowane bezpośrednio, to procesy przerobu w oczyszczalni ścieków muszą zapewniać skuteczną higienizację, uwodnienie na poziomie zgodnym z założonym systemem rozprowadzania (na grunt lub do gruntu) oraz właściwą jakość pod względem wartości składników niepożądanych. Do użytkowania bezpośredniego nadają się zarówno osady płynne, jak i stałe (maziste i ziemiste).

Osady płynne – zagęszczone na wirówkach, pasteryzowane i stabilizowane, zawierają od 5 do 7% suchej masy i mogą być rozprowadzane do gruntu lub na powierzchnię gruntu. Po rozprowadzeniu na powierzchnię z reguły wykonuje się mieszanie gruntu z osadem.

Osady stałe – zagęszczane metodami mechanicznymi, higienizowane termicznie, najczęściej stabilizowane fermentacją metanową i odwadniane mechanicznie zawierają od 15 do 34% suchej masy rozprowadza się na grunt i miesza się z gruntem. Najlepiej rozprowadzają się osady o zawartości suchej masy powyżej 25%.

Osady stałe – przygotowywane jak wyżej ale higienizowane wapnem poodwodnieniu zawierają od 30 do 55% s.m. lub odwadniane metodami naturalnymi zawierające do 60% s.m. z reguły rozprowadzane są na grunt i mieszane.

**Charakterystyka osadu ściekowego pochodzącego z oczyszczalni w strzelcach Opolskich.** Osad ściekowy został pobrany z oczyszczalni ścieków w Strzelcach Opolskich. Oczyszczalnia ścieków oczyszcza ścieki bytowo – gospodarcze. Osad został wcześniej przygotowany do rolniczego wykorzystania oraz zhigienizowany poprzez wapnowanie.

Tabela 4 przedstawia charakterystykę osadu po zastosowaniu stabilizacji i higienizacji.

**Tabela 4.** Charakterystyka osadu czynnego z oczyszczalni ścieków w Strzelcach Opolskich

| Oznaczenie | Jednostka | Wynik |
|---|---|---|
| wilgotność | % | 24,4 |
| sucha masa | % | 25,6 |
| substancje organiczne | % s·m | 36,8 |
| substancje mineralne | % s·m | 61,2 |
| odczyn | pH | 12,5 |
| azot ogólny | % s·m | 4,1 |
| azot amonowy | % s·m | 2,1 |
| fosfor ogólny | % s·m | 1,03 |
| wapń | % s·m | 8,50 |
| magnez | % s·m | 3,7 |
| cynk | mg/kg s·m | 754 |
| nikiel | mg/kg s·m | 45 |
| chrom | mg/kg s·m | 12,7 |
| ołów | mg/kg s·m | 6,8 |
| kadm | mg/kg s·m | nie wykryto |
| miedź | mg/kg s·m | 47 |
| rtęć | mg/kg s·m | nie wykryto |
| potas | % s·m | 0,68 |

## WNIOSKI

1. Osady ze ścieków komunalnych, z oczyszczalni wiejskich, ze ścieków przemysłu rolno-spożywczego obfitują w bogate źródła składników pokarmowych dla roślin oraz wykazują bardzo skuteczne oddziaływanie glebotwórcze, a wprowadzone do wierzchnich warstw gruntu nadają tej warstwie biologiczną aktywność, właściwą dla gleb urodzajnych.

2. Osady pochodzące z biologicznego etapu oczyszczania ścieków po uprzednim przygotowaniu ich poprzez stabilizację i higienizację można przyrodniczo wykorzystać.

3. W procesie higienizacji i stabilizacji osad pościelowy pochodzący z oczyszczalni ścieków w Strzelcach Opolskich nie przekracza wartości dopuszczalnych toksycznych składników.

## BIBLIOGRAFIA


Filipek-Mazur B., Mazur K. *Perspektywy i warunki rolniczej utylizacji osadów organicznych z biologicznej oczyszczalni ścieków Krakowskich Zakładów Garbarskich*. Mat. III Konf. Nauk.–Techn. "Zagospodarowanie odpadów z rejonu Krakowa", Osieczany, 16–17.06.1996, s. 157–162.

Kabata-Pendias A. i in. *Rolnicza przydatność odpadów przemysłowych i komunalnych*. IUNG, Puławy 1987.

Mizera A. *Osady ściekowe odpadem (nie)bezpiecznym*. Green-World 2002.

Stańczyk-Mazanek E., Bień J.B. *Sanitarne właściwości gleb nawożonych osadami ściekowymi* [w:] *Osady ściekowe problem aktualny* pod red. J.B. Bienia, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa-Ustroń 2001, s. 325–329.

Stańczyk-Mazanek E., Kacprzak M.: *Analiza mykologiczna osadów ściekowych z wybranych oczyszczalni ścieków. Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych. Ochrona i rekultywacja gruntów*. PTIE, Bydgoszcz 4–6 czerwca 2001.



dr inż. Katarzyna Szwedziak
Zakład Techniki Rolniczej i Leśnej
Politechnika Opolska
dr hab. inż. Andrzej Woźniak
Katedra Technicznej Infrastruktury Wsi
Akademia Rolnicza w Krakowie



Recenzent: *prof. dr hab. Krzysztof Wierzbicki*

*Katarzyna Szwedziak, Andrzej Woźniak*

# CHARACTERISTICS OF SEWAGE SLUDGE FORM SEWAGE SLUDGE TREATMENT PLANT AT STRZELCE OPOLSKIE

**SUMMARY**

Sewage treatment aims mainly at protection of the natural environment and primarily protection of surface water purity. Sewage treatment process is always accompanied by sewage sludge, which is defined an organo-mineral solid phase of sewage. Chemical composition of the sludge my be different depending on the kind of treated sewage and applied processing technologies. Sewage sludge constitutes about 2% of the total volume inflowing to sewage treatment plants.

Construction of new sewage treatment plants and intensification of treatment process cause an increase in the amount of produced sewage sludge and raises its storage costs, which may be very high, reaching even 50% of total costs generated by a sewage treatment plant. An alternative for storing large amounts of sewage sludge may prove its natural utilization, which would also contribute to reduce costs born by sewage treatment plants. Some previous research has already demonstrated sewage sludge usability for the following purposes: reclamation of devastated lands, plant consolidation of ground surface or composting sewage sludge. However, agricultural utilization of sewage sludge still raises numerous controversies. It is due mainly to insufficient information about sewage sludge.

However, research results convince that the problem of sewage sludge is worth interest. Sewage sludge may prove a valuable raw material and not a troublesome waste material formed in the process of sludge treatment which it has been so far.

**Key words:** active sludge, hygienization, agricultural utilization of sludge, statistical modeling, log-linear function