



Zastosowanie olejku eterycznego z sosny do maskowania uciążliwych zapachów wydzielających się w procesie mechanicznego odwadniania komunalnych osadów ściekowych

Anna Kowalczyk, Tadeusz Piecuch, Ludmiła Andriyevska
Politechnika Koszalińska

1. Wstęp

Osady ściekowe stanowią nieodłączny element procesu oczyszczania ścieków. W zależności od zastosowanej technologii oczyszczania ścieków w schemacie technologicznym każdej oczyszczalni ścieków można wyróżnić kilka miejsc, w których powstają osady ściekowe. Są to [2]:

- osady wstępne – wydzielone w osadnikach wstępnych w wyniku mechanicznego oczyszczania ścieków,
- osady wtórne – wydzielone w osadnikach wtórnych, powstające w wyniku oddzielenia nadmiernego osadu w procesie biologicznego oczyszczania ścieków,
- osady z chemicznego strącania – powstające w wyniku chemicznego strącania zanieczyszczeń, np.: związków fosforu, wydzielanie zależne od miejsca stosowania środków chemicznych.

Ponadto można spotkać się często z określeniem osady mieszane. Są to osady powstałe w wyniku zmieszania osadów wstępnych z wtórnymi. Wymienione powyżej rodzaje osadów traktuje się jako osady surowe, które są niebezpieczne sanitarnie (zawierają organizmy chorobotwórcze, jaja pasożytów i formy przetrwalnikowe), posiadają zdolność do zagniwania oraz wysokie uwodnienie [2].

Powstające osady muszą być poddane odpowiedniej przeróbce, a następnie, z zachowaniem środków ostrożności dyktowanych wymogami środowiska, w miarę możliwości zagospodarowane czy unieszkodliwione. Do jednostkowych procesów przeróbki osadów ściekowych zalicza się: zagęszczanie, stabilizację, kondycjonowanie, odwadnianie, higienizację i suszenie [3].

Owadnianie osadów ściekowych jest ważnym elementem procesu przeróbki osadów prowadzącym do znacznego zmniejszenia objętości osadu, zmiany ich konsystencji, a tym samym stworzenia możliwości ich transportu, użytkowania, a także składowania [5].

Najbardziej efektywnym sposobem odwadniania osadów jest odwadnianie mechaniczne. W procesie tym z osadów usuwana jest woda wolna i woda kapilarna [25].

W celu zwiększenia efektywności odwadniania, osady ściekowe poddawane są procesowi przygotowania, który określa się mianem kondycjonowania. Osady można kondycjonować związkami żelaza, glinu, wapnia, choć obecnie w praktyce preferowane są głównie związki organiczne (polielektrolity). Dawki polielektrolitów wynoszą 1–4 g/kg s.m. osadu [27].

Proponuje się również alternatywne metody kondycjonowania osadów ściekowych, tj. dodatek kwasów i środków powierzchniowo czynnych, zastosowanie reakcji Fentona (pogłębionego utleniania) [15, 4], ultradźwięków [16] i ultraszybkiego zamrażania [18].

Podczas procesu mechanicznego odwadniania osadów ściekowych wydzielają się nieprzyjemne zapachy, które stanowią dużą uciążliwość zarówno dla pracowników oczyszczalni ścieków jak i osób zamieszkujących w sąsiedztwie tych obiektów. W chwili obecnej brak polskich norm i przepisów regulujących emisję nieprzyjemnych zapachów do środowiska, przyczynia się do podejmowania badań nad odorami w zespołach badawczych różnych instytucji min. w Politechnice Szczecińskiej, Politechnice Łódzkiej, Politechnice Wrocławskiej i Politechnice Koszalińskiej [1, 6, 8–13, 20–24, 26, 28–32].

Obecnie do typowych metod dezodoryzacji gazów zalicza się: sorpcję, spalanie termiczne i katalityczne, biologiczne oczyszczanie gazów oraz neutralizację zapachu, tzw. maskowanie. Wybór najskuteczniejszej metody dezodoryzacji jest trudny. Opiera się zwykle na przeglądzie piśmiennictwa dotyczącego efektywności różnych technik stosowa-

nych w zakładach o podobnym profilu. W przypadku braku takich danych odpowiednich wzorów można poszukiwać, kierując się informacjami o natężeniu emisji ($V [m^3/h]$), ogólnej zawartości zanieczyszczeń oraz – w miarę możliwości – o charakterze emitowanych gazów [11].

Ta ostanía z wyżej wymienionych metod jest przedmiotem badań Katedry Techniki Wodno-Mułowej i Utylizacji Odpadów, Politechniki Koszalińskiej, która od kilku lat prowadzi prace badawcze nad produkcją olejków eterycznych, pozyskiwanych z surowców roślinnych w procesie destylacji parą wodną, a następnie wykorzystuje wyprodukowane ekstrakty zapachowe do maskowania nieprzyjemnych zapachów wydzielających się ze ścieków w halach technologicznych zakładów przemysłowych oraz oczyszczalni ścieków. Ekstrakty zapachowe rozpylane są za pomocą zraszaczy ręcznych jak i również dozowane bezpośrednio do osadów ściekowych [1, 12–13, 20–24, 32–33]. Przedstawione w niniejszym artykule wyniki badań są ich dalszą kontynuacją.

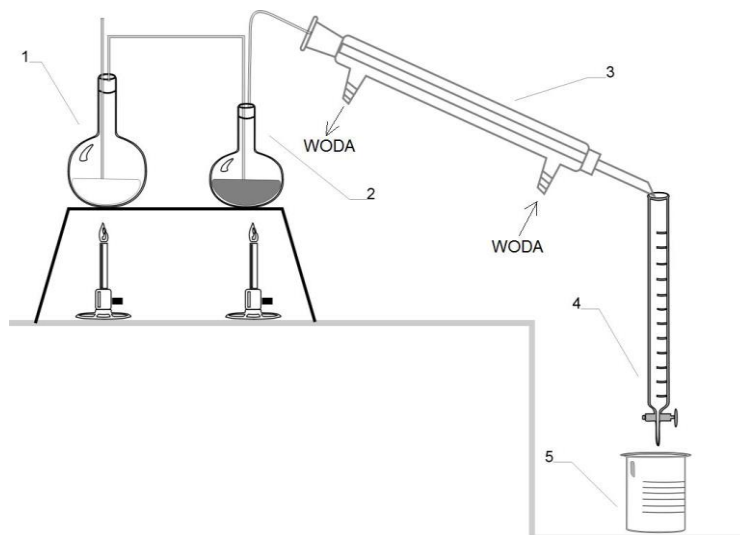
Najważniejszym celem niniejszej pracy jest przedstawienie sposobu zmniejszenia uciążliwości zapachowej oraz sprawdzenie w jakim stopniu olejek eteryczny wpływa na jakość procesu mechanicznego odwadniania osadów ściekowych dzięki zastosowaniu olejku eterycznego z sosny jako substytutu flokulantu w procesie sedymentacji odśrodkowej.

2. Metodyka badań

Badania laboratoryjne zostały podzielone na dwa etapy:

Etap I – w laboratorium wytworzono olejek eteryczny z igieł sosny w procesie destylacji parą wodną. Schemat stanowiska doświadczalnego do produkcji kondensatu zapachowego przedstawiono na rysunku 1 [1, 13, 20–24, 32].

Zasada działania tej aparatury jest następująca: kolba (1), służy do wytwarzania pary wodnej nasyconej. Następnie, przy pomocy szklanej rurki, para jest wprowadzana do naczynia nr 2 zawierającego właściwą mieszaninę destylowaną. W dalszym etapie, opary skraplają się w chłodnicy chłodzonej wodą (3), a destylat odprowadzany jest do odbieralnika (4), w którym oddzielona od olejku woda, zlewana jest do naczynia (5).



Rys. 1. Schemat stanowiska doświadczalnego do produkcji kondensatów zapachowych

Fig. 1. Diagram of experimental stand for production of aromatic condensates

Etap II – wyprodukowany w pierwszym etapie badań olejek eteryczny z sosny został wykorzystany do dalszej części badań jako środek maskujący odory wydzielające się podczas odwadniania komunalnych osadów ściekowych. Olejek dozowano do nadawy (osad komunalny wraz z flokulantem) przed procesem mechanicznego odwadniania komunalnych osadów ściekowych na laboratoryjnej wirówce sedymentacyjnej typu MPW 350. Jako nadawę do procesu mechanicznego odwadniania zastosowano rzeczywisty ustabilizowany w wyniku fermentacji metanowej osad czynny, pobrany z Oczyszczalni Ścieków Jamno, bezpośrednio z przewodu tłocznego podającego osad z WKF na wirówki dekantacyjne.

Wilgotność osadu oznaczano metodą tradycyjną – suszenia z ważeniem [7, 12–14, 17, 22].

Do badań użyto zawsze ten sam ściek zawiesinowy o następującej charakterystyce: pH=7,55, temp. 20° C, barwa: czarna, struktura osadu: jednolita, trudno opadający, zawiesinowy, zapach: gnilny, wilgotność: 97,74%, zagęszczenie: 22396,16 mg/dm³.

Parametrami stałymi procesu sedymentacji odśrodkowej były:

- parametry charakteryzujące nadawę (pH, temperatura [°C], barwa, zapach, wilgotność osadu W [%], zagęszczenie osadu β [mg/dm³]),
- czas wirowania t [min.] (przyjęto czas wirowania t=1 min.),
- liczba obrotów wirówki n [obr/min.] (przyjęto n=2400 obr/min.) [12–14, 22].

Parametrami zmiennymi niezależnymi procesu sedymentacji odśrodkowej były:

- dawka dozowanego flokulantu C [ml roztworu flokulantu/dm³ osadu],
- dawka dozowanego olejku eterycznego D [cm³/100 cm³ osadu].

Parametrami zmiennymi zależnymi tj. wynikowymi procesu sedymentacji odśrodkowej były:

- wilgotność osadu W [%],
- zagęszczenie odsącza po procesie wirowania β [mg/dm³],
- czas utrzymywania się zneutralizowanych zapachów odwirowanego osadu oraz odsącza t [min.].

Do badań zastosowano flokulant kationowy, tj. roztwór 0,48% flokulantu o nazwie handlowej ZETAG® 9048FS.

Przyjęto 4 różne dawki flokulantu:

- C₀=0 ml/dm³;
- C₁=koncentracja odpowiadająca 80% rzeczywistej dawce dozowanej na oczyszczalni ścieków, tj. w przeliczeniu 67 ml roztworu/dm³ osadu;
- C₂=koncentracja odpowiadająca 100% rzeczywistej dawce dozowanej na oczyszczalni ścieków, wynoszącej średnio 229 dm³ roztworu/2,73 m³ osadu, tj. w przeliczeniu 84 ml roztworu/dm³ osadu
- C₃=koncentracja odpowiadająca 120% rzeczywistej dawce dozowanej na oczyszczalni ścieków, tj. w przeliczeniu 101 ml roztworu/dm³ osadu.

W badaniach do neutralizacji nieprzyjemnych zapachów zastosowano olejek eteryczny z sosny, wytworzony w procesie destylacji parą wodną [1, 13, 20–24, 32].

Przyjęto 4 różne dawki olejku:

- D₁= 0 cm³ olejku/ 100 cm³ osadu;

- $D_2 = 2$ krople = $0,06 \text{ cm}^3$ olejku/ 100 cm^3 osadu;
- $D_3 = 4$ krople = $0,12 \text{ cm}^3$ olejku/ 100 cm^3 osadu;
- $D_4 = 6$ kropli = $0,18 \text{ cm}^3$ olejku/ 100 cm^3 osadu.

W celu określenia poszczególnych dawek olejku eterycznego, przeprowadzono wstępną próbę zapachową, na podstawie której metodą organoleptyczną ustalono próg wyczuwalności zapachu dozowanego olejku eterycznego do osadów ściekowych. Na podstawie badań ustalono minimalną dawkę olejku, która neutralizuje uciążliwy zapach osadów ściekowych. Zastosowanie mniejszej dawki niż przyjęta dawka D_2 , nie powoduje odczuwalnego organoleptycznie efektu maskowania uciążliwych zapachów. Zastosowanie większej dawki olejku niż przyjęta dawka D_4 , nie powoduje znacznego wydłużenia czasu utrzymywania się zneutralizowanego zapachu. Na tej podstawie przyjęto dawki jw. Czas utrzymywania się zneutralizowanego zapachu osadu i odsączu oznaczono organoleptycznie, mierząc czas utrzymywania się zapachu olejku eterycznego z sosny. Ocena organoleptyczna przeprowadzona była przez zespół składający się z czterech osób. Każda osoba posiadała kartę, na której dokonywała zapisu wyników. Pozyskane wyniki od wszystkich osób dały wypadkową, która posłużyła do określenia czasu neutralizacji odorów w odwirowanym osadzie i odsączu po procesie sedymentacji odśrodkowej [12–13, 22].

3. Opis i analiza wyników badań

Na rys. 2–5 przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych zastosowania olejku eterycznego z sosny oraz flokulantu ZETAG® 9048FS w procesie mechanicznego odwadniania komunalnych osadów ściekowych.

Na rys. 2 przedstawiono wpływ dawki olejku eterycznego na wilgotność osadu w zależności od dawki flokulantu. Na podstawie otrzymanych wyników można zauważyć, że wraz ze wzrostem dawki olejku eterycznego wilgotność osadu maleje. Zależność ta jest zachowana dla wszystkich zastosowanych stężeń dozowanego flokulantu:

- dla serii o stężeniu flokulantu C_0 (0 ml /dm^3) wilgotność osadu zmalała z wartości 94,03% (dawka olejku $0 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) do 93,87% (dawka olejku $0,18 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu),

- dla serii o stężeniu flokulantu C_1 (67 ml/dm^3) wilgotność osadu zmalała z wartości 93,89% (dawka olejku $0 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) do 93,32% (dawka olejku $0,18 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu),
- dla serii o stężeniu flokulantu C_2 (84 ml/dm^3) wilgotność osadu zmalała z wartości 93,46% (dawka olejku $0 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) do 93,01% (dawka olejku $0,18 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu),
- dla serii o stężeniu flokulantu C_3 (101 ml/dm^3) wilgotność osadu zmalała z wartości 94,00% (dawka olejku $0 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) do 93,55% (dawka olejku $0,18 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu).

Najprawdopodobniej jest to spowodowane zmianą charakteru powierzchni, albowiem olejki eteryczne podwyższają hydrofobowość osadu.

Wilgotność osadu zależy także od zastosowanej dawki flokulantu, który zwiększa czystość odcieku i zmniejsza uwodnienie osadu. Działanie polimeru jest wielostronne, głównie polega na: budowaniu struktury kłaczków, zwiększaniu ziaren (cząstek) osadu poprzez aglomeracje drobnych cząstek koloidalnych oraz przez wytwarzanie odporności na ścinanie i ściskanie. Należy pamiętać o doborze odpowiedniej dawki flokulantu, ponieważ zbyt duża dawka flokulantu może pogorszyć zdolność osadu do odwadniania. Najlepszy efekt odwadniania otrzymano dla dawki flokulantu C_2 (84 ml roztworu/ dm^3 osadu), odpowiadającej dawce zalecanej.

Na rys. 3 przedstawiono wpływ dawki olejku eterycznego na zagęszczenie osadźcu w zależności od dawki flokulantu. Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że wraz ze wzrostem dawki olejku eterycznego zagęszczenie osadźcu maleje. Zależność ta jest zachowana dla wszystkich zastosowanych stężeń dozowanego flokulantu:

- dla serii flokulantu C_0 (0 ml /dm^3) zagęszczenie osadźcu obniżono z wartości $3148,56 \text{ mg/dm}^3$ (dawka olejku $0 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) do $3009,09 \text{ mg/dm}^3$ (dawka olejku $0,18 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu),
- dla serii flokulantu C_1 (67 ml/dm^3) zagęszczenie osadźcu obniżono z wartości $2121,17 \text{ mg/dm}^3$ (dawka olejku $0 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) do $1943,37 \text{ mg/dm}^3$ (dawka olejku $0,18 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu),
- dla serii flokulantu C_2 (84 ml/dm^3) zagęszczenie osadźcu obniżono z wartości $1654,38 \text{ mg/dm}^3$ (dawka olejku $0 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) do $1523,57 \text{ mg/dm}^3$ (dawka olejku $0,18 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu),

- dla serii flokulantu C₃ (101 ml/dm³) zagęszczenie osądczu obniżono z wartości 1517,97 mg/dm³ (dawka olejku 0 cm³/100 cm³ osadu) do 1440,16 mg/dm³ (dawka olejku 0,18 cm³/100 cm³ osadu).

Zagęszczenie osądczu zależy także od zastosowanej dawki flokulantu. Najlepszy efekt otrzymano dla dawki flokulantu C₃ (101 ml roztworu/dm³ osadu), która odpowiada dawce 20% większej niż dawka zalecana.

Porównując wyniki badań zamieszczone na rys. 2 i 3 można stwierdzić, że zalecana dawka flokulantu, tj. dawka C₂ (84 ml roztworu/dm³ osadu) stanowi optimum procesu odwadniania osadu przyjmując jako kryterium parametr wilgotności, ponieważ przy zastosowaniu dawki C₃ (101 ml roztworu/dm³ osadu) następuje wzrost wilgotności osadu w stosunku do wszystkich zastosowanych dawek olejku eterycznego. Dla dawki olejku eterycznej D₁ wilgotności osadu wzrosła o 0,54%, dla dawki D₂ o 0,67%, dla dawki D₃ o 0,37%, a dla dawki D₄ o 0,54%.

Na rys.4 przedstawiono wpływ dawki olejku eterycznego z sosny na czas skutecznej neutralizacji nieprzyjemnych zapachów odwodnionych osadów w zależności od dawki flokulantu. Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że wraz ze wzrostem dawki olejku czas utrzymywania się zneutralizowanych zapachów rośnie. Zależność ta jest zachowana dla wszystkich zastosowanych stężeń dozowanego flokulantu:

- dla serii flokulantu C₀ (0 ml /dm³) czas skutecznej neutralizacji zapachu osadu rośnie z wartości 14 min. (dawka olejku 0,06 cm³/100 cm³ osadu) do 30 min. (dawka olejku 0,18 cm³/100 cm³ osadu),
- dla serii flokulantu C₁ (67 ml/dm³) czas skutecznej neutralizacji zapachu osadu rośnie z wartości 12 min. (dawka olejku 0,06 cm³/100 cm³ osadu) do 27 min. (dawka olejku 0,18 cm³/100 cm³ osadu),
- dla serii flokulantu C₂ (84 ml/dm³) czas skutecznej neutralizacji zapachu osadu rośnie z wartości 10 min. (dawka olejku 0,06 cm³/100 cm³ osadu) do 25 min. (dawka olejku 0,18 cm³/100 cm³ osadu),
- dla serii flokulantu C₃ (101 ml/dm³) czas skutecznej neutralizacji zapachu osadu rośnie z wartości 9 min. (dawka olejku 0,06 cm³/100 cm³ osadu) do 24 min. (dawka olejku 0,18 cm³/100 cm³ osadu).

Czas utrzymywania się zneutralizowanego zapachu zależy także od zastosowanej dawki flokulantu. Wraz ze wzrostem dawki flokulantu czas maskowania nieprzyjemnych zapachów maleje.

Na rys. 5 przedstawiono wpływ dawki olejku eterycznego na czas skutecznej neutralizacji nieprzyjemnych zapachów osądczu. Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że wraz ze wzrostem dawki olejku czas utrzymywania się zneutralizowanych zapachów rośnie. Zależność ta jest zachowana dla wszystkich zastosowanych stężeń dozowanego flokulantu:

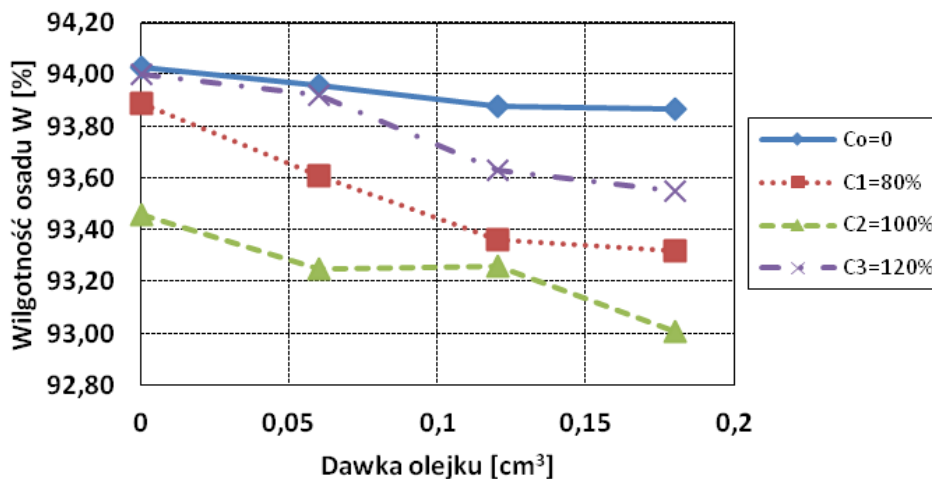
- dla serii flokulantu C_0 (0 ml /dm^3) czas skutecznej neutralizacji zapachu osądczu rośnie z wartości 25 min. (dawka olejku $0,06 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) do 62 min. (dawka olejku $0,18 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu),
- dla serii flokulantu C_1 (67 ml /dm^3) czas skutecznej neutralizacji zapachu osądczu rośnie z wartości 22 min. (dawka olejku $0,06 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) do 51 min. (dawka olejku $0,18 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu),
- dla serii flokulantu C_2 (84 ml /dm^3) czas skutecznej neutralizacji zapachu osądczu rośnie z wartości 20 min. (dawka olejku $0,06 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) do 47 min. (dawka olejku $0,18 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu),
- dla serii flokulantu C_3 (101 ml /dm^3) czas skutecznej neutralizacji zapachu osądczu rośnie z wartości 17 min. (dawka olejku $0,06 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) do 45 min. (dawka olejku $0,18 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu).

Czas utrzymywania się zneutralizowanego zapachu osądczu zależy także od zastosowanej dawki flokulantu. Wraz ze wzrostem dawki flokulantu czas maskowania nieprzyjemnych zapachów maleje.

Na tym etapie badań autorzy pracy nie ryzykują na razie podjęcia próby przyczynowo – skutkowego wyjaśnienia mechanizmu stwierdzonych zależności i zdają sobie sprawę, że jest to pewna luka tej publikacji. Zwraca się jednak uwagę na fakt, że skład chemiczny flokulantów, w tym także zastosowanego w tej pracy flokulantu ZETAG® 9048FS jest objęty tajemnicą producenta i trudno bez znajomości szczegółów wiązań chemicznych tworzących taki flokulant dokonać analizy porównawczej wobec stosowanego olejku jako substytutu, którego z resztą skład chemiczny jest także wysoce skomplikowany.

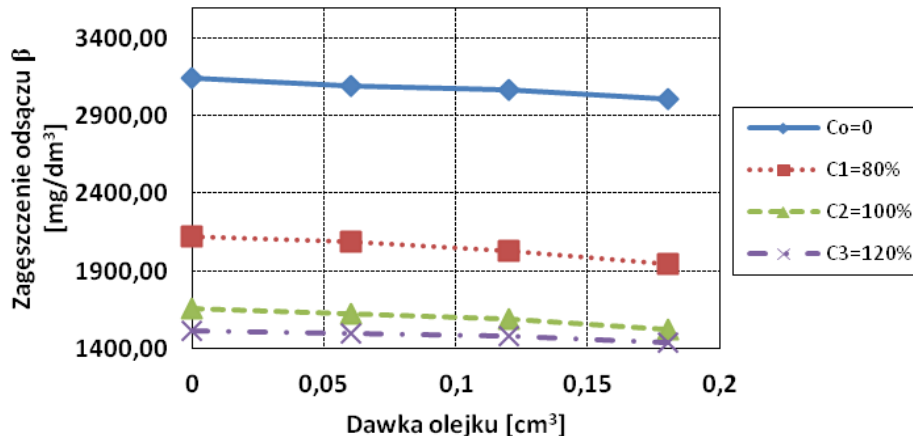
Przedstawione powyżej badania będą oczywiście kontynuowane i po przeniesieniu tych badań ze skali laboratoryjnej na skalę przemysłową, zostanie przeprowadzona także analiza technologiczno-ekonomiczna tego przedsięwzięcia.

Przedstawiona w niniejszej publikacji technologia została zgłoszona do opatentowania – nr P 390476, pt. „Sposób neutralizacji odorów powstających podczas odwadniania komunalnych osadów ściekowych”.



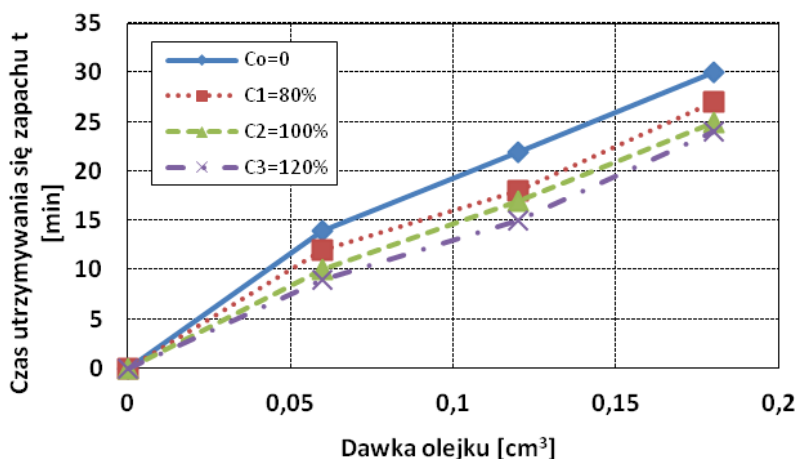
Rys. 2. Wpływ dawki olejku eterycznego z sosny na wilgotność osadu w zależności od dawki flokulantu ZETAG® 9048FS

Fig. 2. Influence of pine essential oil dose on water content in sediment depending on flocculant ZETAG® 9048FS dose



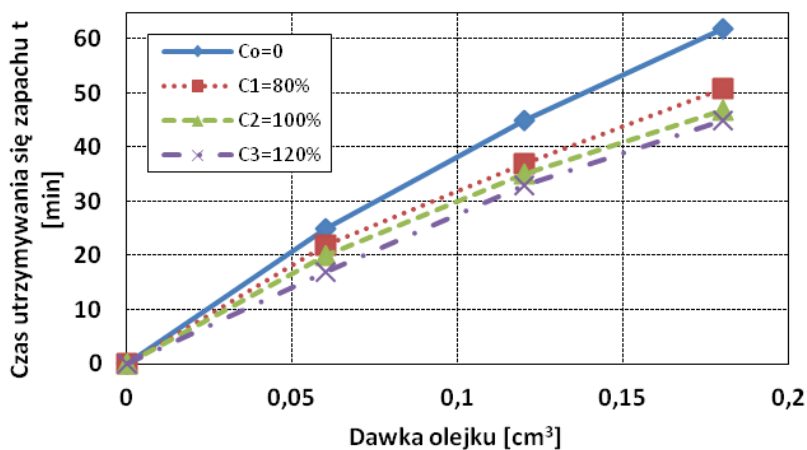
Rys. 3. Wpływ dawki olejku eterycznego z sosny na zagęszczenie odsączu w zależności od dawki flokulantu ZETAG® 9048FS

Fig. 3. Influence of essential oil of pine dose on solids concentration of effluent depending on flocculant ZETAG® 9048FS dose



Rys. 4. Wpływ dawki olejku eterycznego z sosny na czas skutecznej neutralizacji nieprzyjemnych zapachów odwodnionych osadów w zależności od dawki flokulantu ZETAG® 9048FS

Fig. 4. Influence of pine essential oil dose on duration of effective neutralization of unpleasant odours from dewatered sediments in dependence on flocculant ZETAG® 9048FS dose



Rys. 5. Wpływ dawki olejku eterycznego z sosny na czas skutecznej neutralizacji nieprzyjemnych zapachów odsączu po procesie odwadniania w zależności od dawki flokulantu ZETAG® 9048FS

Fig. 5. Influence of pine essential oil dose on duration of effective neutralization of unpleasant odours from effluents in dependence on flocculant ZETAG® 9048FS dose

4. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono:

- olejek eteryczny z sosny skutecznie neutralizuje nieprzyjemne zapachy wydzielające się w procesie mechanicznego odwadniania komunalnych osadów ściekowych na laboratoryjnej wirówce sedymentacyjnej,
- wraz ze wzrostem dawki olejku eterycznego z sosny czas skutecznej neutralizacji nieprzyjemnych zapachów rośnie, zarówno dla odwodnionego osadu jak i odsącza,
- dawka dozowanego flokulantu wpływa na czas skutecznej neutralizacji nieprzyjemnych zapachów olejkiem eterycznym z sosny; wraz ze wzrostem dawki dozowanego flokulantu czas utrzymywania się zneutralizowanego zapachu osadu i odsącza maleje,
- wraz ze wzrostem dawki olejku eterycznego wilgotność osadu maleje, zależność ta jest zachowana dla wszystkich zastosowanych stężeń dozowanego flokulantu,
- wraz ze wzrostem dawki olejku eterycznego zagęszczenie odsącza maleje, zależność ta jest zachowana dla wszystkich zastosowanych stężeń dozowanego flokulantu,
- aplikacja wyników, przedstawionych badań wymaga przeprowadzenia analizy techniczno-ekonomicznej i określenia kryterium realności zastosowania proponowanej metody: będzie to przedmiotem oddzielnej publikacji.

Literatura

1. **Andriyevska L., Juraszka B., Kowalczyk A., Piecuch T., Pol K., Zimoch A.:** *Neutralizacja przykrych zapachów poprzez rozpylanie roztworów powstałych na bazie ekstraktów z owoców cytrusowych, imbiru oraz goździków.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 10, 707–723 (2008).
2. **Bień J., Bień J., Matysiak B.:** *Gospodarka odpadami w oczyszczalniach ścieków.* Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej. Częstochowa, 1999.
3. **Bień J., Bień J., Wystalska K.:** *Problemy gospodarki osadowej w ochronie środowiska.* Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej. Częstochowa, 1998.
4. **Chang G.R., Liu J.C., Lee D.J.:** *Co-conditioning and dewatering of chemical sludge and waste activated sludge.* Water Res., 35, 786–794 (2001).

5. **Ciborowski M.:** *Możliwości zastosowania koagulantów nieorganicznych do kondycjonowania osadów ściekowych przed zagęszczaniem lub odwadnianiem.* KEMIPOL Materiały do seminarium naukowo-techniczne. Szczecin-Berlin, 2006.
6. **Dębowski M., Zieliński M., Krzemieniewski M., Białowiec A.:** *Wykorzystanie reakcji Fentona do ograniczenia procesu zagniwania i powstawania siarkowodoru w ściekach komunalnych.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 10, 289–300 (2008).
7. **Hermanowicz W., Dożańska W., Sikorowska C., Kelus J.:** *Fizyczno-chemiczne badania ścieków miejskich i osadów ściekowych.* Wydanie I Warszawa, Arkady, 1967.
8. **Klimek R.:** *Olejni eteryczne.* Wydawnictwo Przemysłu Lekkiego i Spożywczego. Warszawa, 1957.
9. **Kośmider J.:** *Sensoryczne metody oceny zapachowej jakości powietrza i skuteczności dezodoryzacji.* Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej. Nr 422. Szczecin, 1991.
10. **Kośmider J., Krajewska B.:** *Normalizacja olfaktometrii dynamicznej. Podstawowe pojęcia i jednostki miar.* Normalizacja 1/2005.
11. **Kośmider J., Mazur-Chrzanowska B., Wszyński B.:** *Odory.* Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa, 2002.
12. **Kowalczyk A., Kutryn J., Piecuch T.:** *Neutralizacja nieprzyjemnych zapachów powstających podczas odwadniania komunalnych osadów ściekowych w procesie sedymentacji odśrodkowej.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 12, 365–380 (2010).
13. **Kowalczyk A., Piecuch T.:** *Zastosowanie oleju eterycznego z pomarańczy do maskowania nieprzyjemnych zapachów powstających podczas odwadniania komunalnych osadów ściekowych.* Inżynieria Ekologiczna. Nr 25, 124–134 (2011).
14. **Kutryn J., Piecuch T.:** *Odwadnianie komunalnych osadów ściekowych na laboratoryjnej wirówce sedymentacyjnej typu MPW-350 oraz na przemysłowej wirówce typu Noxon DC20 – problem przeniesienia skali.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 11, 517–542 (2009).
15. **Lu M.C., Lin C.J., Liao C.H., Huang R.Y., Ting W.P.:** *Dewatering of activated sludge by Fenton's reagent.* Adv. Environ. Res., 7, 667–670 (2003).
16. **Na S., Kim Y-U., Khim J.:** *Physiochemical properties of digested sludge with ultrasonic treatment.* Ultrasonic Sonochemistry, 14, 281–285 (2007).
17. **Palica M., Dolina A., Gierczycki A., Kolorz S.:** *Wpływ dodatku flokulantu Magnafloc 919 na przebieg filtracji wirowej podekantacyjnej zawiesiny odpadowej.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 11, 1063–1075 (2009).

18. **Parker P.J., Collins A.G.:** *Ultra-rapid freezing of water treatment residuals.* Water Res., 33, 2239–2246 (1999).
19. **Piecuch T.:** *Analiza Studialna Procesu Rozdziału w Wirówce Sedymentacyjnej.* Monografia Nr 39. Koszalin, 1992.
20. **Piecuch T.:** *Technika wodno-mułowa – urządzenia i procesy.* Państwowe Wydawnictwo Naukowo-Techniczne WNT. Warszawa, 2010.
21. **Piecuch T., Andriyevski B., Andriyevska L., Juraszka B., Kowalczyk A.:** *Produkcja i rozpylanie roztworów neutralizujących przykre zapachy powstałych na podstawie ekstraktów z geranium, kminku zwyczajnego, anyżu, jałowca pospolitego oraz czarnuszki.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 11, 607–629 (2009).
22. **Piecuch T., Kowalczyk A., Kupś D., Gomółka D.:** *Sposób likwidacji uciążliwych zapachów powstających w procesie mechanicznego odwadniania komunalnych osadów ściekowych.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 13, 747–768 (2011).
23. **Piecuch T., Sasinowski M., Nowak A., Dąbrowski J., Kościerzyńska-Siekan G.:** *Produkcja i rozpylanie roztworów neutralizujących przykre zapachy w hali technologicznej Przedsiębiorstwa SUPERFISH budowanych na bazie ekstraktów z igliwia tui i sosny pospolitej.* Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska. Nr 22, 187–208 (2005).
24. **Piecuch T., Sasinowski M., Nowak A., Dąbrowski J., Kościerzyńska-Siekan G., Dworaczyk J., Zaremba W.:** *Produkcja i rozpylanie roztworów neutralizujących przykre zapachy w hali technologicznej Przedsiębiorstwa SUPERFISH.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 8, 239–261 (2006).
25. *Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków.* Poznań, 1997.
26. **Szynkowska M. I., Zwoździak J.:** *Współczesna problematyka odorów.* Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa, 2010.
27. **Tchobanoglous G., Burton F.L., Stensel H.D.:** *Wastewater Engineering. Treatment and Reuse.* Mc Graw Hill. New York, 2003.
28. **Wyszyński B., Yamanaka T., Nakamoto T.:** *Recording and reproducing citrus flavors using odor recorder.* Sensors and Actuators B, vol. 106, 388–393 (2005).
29. **Wyszyński B., Yamanaka T., Nakamoto T.:** *Study of reproducing citrus flavors using odor recorder.* Technical Digest of Sensor Symp., IEEJ, Po-3, 2003.
30. **Yamanaka T., Wyszyński B., Nakamoto T.:** *Study of odor recorder for recording recipe of orange flavor.* Digest of Technical papers, Transducers 03, 1140 (2003).

31. **Yuji K. Takahashi, Shin Nagayama, and Kensaku Mori:** *Detection and Masking of Spoiled Food Smells by Odor Maps in the Olfactory Bulb.* The Journal of Neuroscience, 24(40) (2004).
32. **Zaremba W., Piecuch T.:** *Zastosowanie środków maskujących odory, powstałych na bazie olejków eterycznych owoców cytrusowych.* Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska. Nr 23, 195–207 (2007).
33. *Zgłoszenie Patentowe – Sposób neutralizacji odorów powstających podczas odwadniania komunalnych osadów ściekowych.* Piecuch T., Kowalczyk A., Kozak M., Juraszka B., Piekarski J., Dąbrowski J., Andriyevska L., Nr P 390476.

The Use of Pine Essential Oil for Masking the Odors Emitted in the Process of Mechanical Dewatering of Municipal Sewage Sludge

Abstract

The main objective of this study was to provide a method for reducing odor nuisance and checking to what extent the essential oil affects the quality of the mechanical dewatering of municipal sewage sludge. Pine essential oil was used as a substitute of the flocculant in the process of centrifugal sedimentation of sewage sludge.

The study was divided into two stages. In the first stage of the research was essential oil from pine needles was produced in the process of steam distillation. In the second part of the research process of mechanical dewatering of municipal sewage sludge on a laboratory sedimentation centrifuge MPW-350 was carried out with the use for this process pine essential oil (produced in the first stage of the study) and flocculant ZETAG® 9048FS. Constant parameters of centrifugal sedimentation were: centrifugation time was t [min.] (assumed centrifugation time $t = 1$ min.) and centrifuge speed n [1/min.] (assumed $n = 2400$ 1/min.). Independent variable parameters were: dose of flocculant C [ml of flocculant solution /dm³ of sludge] and the dose of essential oil D [cm³/100 cm³ of sludge].

Based on extensive investigations carried out, it was found that the pine essential oil effectively neutralizes unpleasant odors emitted in the process of mechanical dewatering of municipal sewage sludge during laboratory centrifuge sedimentation. With increasing doses of the pine essential oil time of effective neutralization of unpleasant odors increases, both in the dewatered sludge and effluent. Dose of added flocculant affects the time of effective neutralization of odors by pine essential oil. Together with an increase of flocculant dose, dura-

tion of odor neutralization in sludge and effluent decreases. With the increase in the dose of essential oil water content in the sludge decreases. This relationship is maintained for all used concentrations of flocculant dose. With the increase in the dose of essential oil solids concentration in effluent decreases. This relationship is maintained for all used concentrations of flocculant dose. Application of the results of this study requires a technical and economic analysis and determination of the feasibility of the proposed method. This will be the subject of a separate publication.