



Sposób likwidacji uciążliwych zapachów powstających w procesie mechanicznego odwadniania komunalnych osadów ściekowych

*Tadeusz Piecuch, Anna Kowalczyk,
Daria Kupś, Daria Gomółka
Politechnika Koszalińska*

1. Wstęp – cel badań

Uciążliwość zapachowa staje się coraz istotniejszym problemem. Społeczności lokalne coraz częściej protestują przeciwko obiektom emitującym nieprzyjemne zapachy. Skargi ludności najczęściej dotyczą rolnictwa, przemysłu oraz gospodarki komunalnej.

Od wielu lat trwają prace nad ustaleniem norm i przepisów dotyczących odorów, które do tej pory nie zostały sfinalizowane ze względu na różnice stanowisk zakładów przemysłowych, służb kontrolnych oraz ekologów, a w tej grupie należy uwzględnić badaczy zajmujących się problematyką likwidacji nieprzyjemnych zapachów. Normy i przepisy odnośnie odorów, umożliwiłyby zarówno nakazanie ograniczenia emisji odorów jak i egzekwowania nakazów przez organy ochrony środowiska.

Obecnie typowymi metodami likwidacji odorów są [1, 12÷15]:

- sorpcja, w której najczęściej stosowanymi sorbentami są: węgiel aktywny, żele kwasu krzemowego, zeolity naturalne i syntetyczne (sita molekularne) oraz aktywny tlenek glinu,
- spalanie termiczne i katalityczne,
- biologiczne oczyszczanie gazów,
- reakcja Fentona, czyli zastosowanie układu pogłębianego utleniania $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ [2],
- neutralizacja zapachu, tzw. maskowanie.

Katedra Techniki Wodno-Mułowej i Utylizacji Odpadów Politechniki Koszalińskiej od wielu lat prowadzi prace badawcze nad produkcją olejków eterycznych pozyskiwanych z surowców roślinnych w procesie destylacji parą wodną, a następnie wykorzystuje je do maskowania nieprzyjemnych zapachów wydzielających się ze ścieków w halach technologicznych (rozpylanie wyprodukowanych ekstraktów zapachowych za pomocą zraszaczy ręcznych) [1, 12÷15, 20]. Na podstawie przeprowadzonych analiz, zaproponowano zupełnie nowe rozwiązanie, które także prowadzi do zmniejszenia uciążliwości odorów. Polega ono na tym, aby w miejsce stosowanych flokulantów do procesu mechanicznego odwadniania komunalnych osadów ściekowych i innych, zastosować jako substytut flokulantów, olejki eteryczne wyprodukowane z surowców roślinnych w procesie destylacji parą wodną; metoda ta została opatentowana [21].

Zatem, właśnie najważniejszym celem niniejszej pracy jest przedstawienie sposobu zmniejszenia uciążliwości zapachowej podczas mechanicznego odwadniania komunalnych osadów ściekowych poprzez zastosowanie olejku eterycznego, jako substytutu flokulantu w procesie sedymentacji odśrodkowej.

2. Charakterystyka olejków eterycznych i metody ich otrzymywania

Olejkami eterycznymi nazywa się ciekłe, najczęściej o dużej lepkości oraz wonne mieszaniny organicznych związków chemicznych, wydzielane z roślin lub części roślin [1, 12÷15].

W skład każdego olejku eterycznego wchodzi co najmniej kilkanaście składników – związków chemicznych, należących przeważnie do

grupy terpenów, tj. połączeń hydroaromatycznych oraz do grupy związków alifatycznych o długich łańcuchach węglowych, nazywanych również terpenami alifatycznymi. Terpeny nie odznaczają się nadzwyczajnymi cechami organoleptycznymi. Najważniejszymi i charakterystycznymi składnikami olejków eterycznych są najczęściej połączenia tlenowe: estry, alkohole alifatyczne lub terpenowe, aldehydy, ketony, tlenki i laktony [1, 4, 12÷15].

Olejki eteryczne pozyskuje się z różnych części roślin, głównie na cztery sposoby [1, 12÷13]:

- poprzez destylację z parą wodną, która jest najpopularniejszą metodą otrzymywania olejków,
- poprzez ekstrakcję rozpuszczalnikami organicznymi,
- poprzez ekstrakcję w warunkach nadkrytycznych za pomocą CO₂,
- poprzez wyłaczanie.

3. Badania własne

Badania zostały przeprowadzone 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 tłoczego podającego osad z WKF na wirówki dekantacyjne. Do maskowania odorów wykorzystano olejki eteryczne z grejpfruta oraz mięty, które zostały wyprodukowane w procesie destylacji parą wodną.

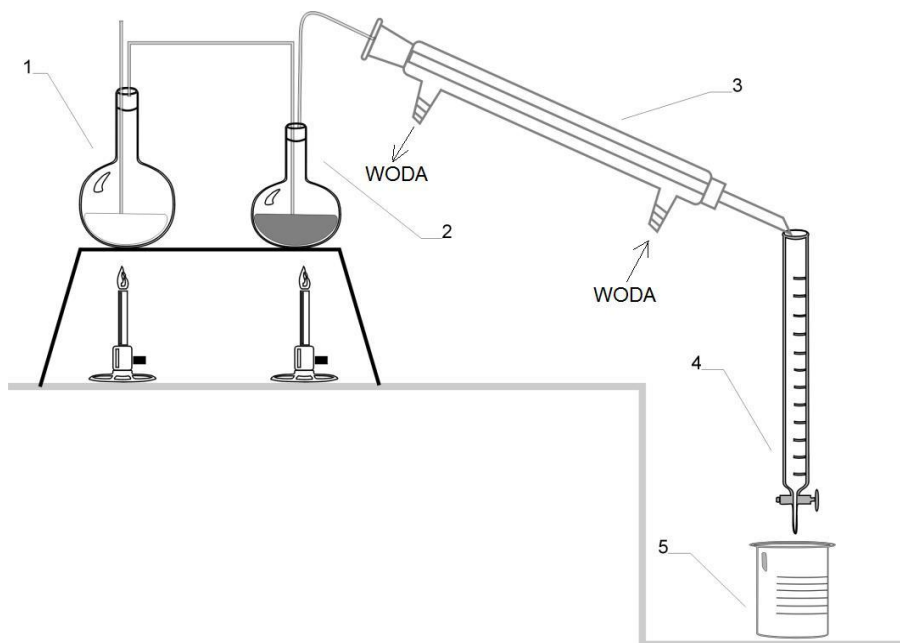
4. Metodyka badań

Badania nad zastosowaniem olejków eterycznych do maskowania odorów zostały podzielone na dwa etapy:

Etap I – w laboratorium ze skórek owocu cytrusowego, tj. grejpfruta oraz liści mięty, wytworzono olejki eteryczne w procesie destylacji parą wodną. Do produkcji olejków posłużyła aparatura przedstawiona na rysunku 1 [1, 12÷15, 20].

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 chłod-

nicy 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 doświadcznego do produkcji kondensatów zapachowych

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

Etap II – wyprodukowane w pierwszym etapie badań olejki eteryczne z grejpfruta oraz mięty zostały wykorzystane do dalszej części badań jako środki maskujący odory powstające podczas odwadniania komunalnych osadów ściekowych. Olejki dozowano do nadawy (osad komunalny wraz z flokulantem) przed procesem mechanicznego odwadniania komunalnych osadów ściekowych na laboratoryjnej wirówce sedymentacyjnej typu MPW 350.

Wilgotność osadu oznaczano metodą tradycyjną – suszenia z ważeniem [3, 8÷10].

Do badań użyto zawsze ten sam ściek zawiesinowy o następującej charakterystyce: pH = 7,55, temp. 20°C, barwa: czarna, struktura osadu:

jednolita, trudno opadający, zawieszinowy, zapach: gnilny, wilgotność: 98,59%, zagęszczenie: 15227,39 mg/dm³.

Parametrami stałymi procesu sedymentacji odśrodkowej były:

- parametry charakteryzujące nadawę (pH, temperatura [°C], zapach, barwa, 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) [8, 9].

Parametrami zmiennymi niezależnymi procesu sedymentacji odśrodkowej były:

- dawka dozowanego flokulantu C [kg/Mg s.m.],
- dawka dozowanego olejku eterycznego D [cm³/100 cm³ osadu],
- rodzaj użytego olejku eterycznego.

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, używany na Oczyszczalni Ścieków Jamno, tj. roztwór 0,3% flokulantu o nazwie handlowej Praestol 855 BS, produkcji Ashland Deutschland GmbH Krefeld [8, 9].

Przyjęto 4 różne dawki flokulantu:

- C₀ = 0 kg/Mg s.m.,
- C₁ = koncentracja odpowiadająca 80% dawki dozowanej na oczyszczalni ścieków, tj. 3,2 kg/Mg s.m.,
- C₂ = koncentracja odpowiadająca 100% dawki dozowanej na oczyszczalni ścieków, tj. ok. 4,0 kg/Mg s.m.,
- C₃ = koncentracja odpowiadająca 120% dawki dozowanej na oczyszczalni ścieków, tj. 4,8 kg/Mg s.m.

W badaniach do neutralizacji nieprzyjemnych zapachów zastosowano olejki eteryczne z grejpfruta oraz mięty, wytworzone w procesie destylacji parą wodną [1, 12÷15, 20].

Przyjęto 4 różne dawki olejku:

- $D_1 = 0 \text{ cm}^3$ olejku/ 100 cm^3 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 olejków eterycznych, przeprowadzono wstępną próbę zapachową, na podstawie której metodą organoleptyczną ustalono próg wyczuwalności zapachu dozowanych olejków eterycznych 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. [9].

Czas utrzymywania się zneutralizowanego zapachu osadu i odsączu oznaczono organoleptycznie, mierząc czas utrzymywania się zapachu olejków eterycznych z grejpfruta oraz mięty. 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 odsączu i osadzie po procesie wirowania.

5. Opis i analiza wyników badań

Wyniki uzyskane w trakcie prowadzenia badań laboratoryjnych zestawiono w tabeli 1÷8 oraz na rys. 2÷9.

W tabeli 1 i tabeli 3 oraz na rys. 2 i 4 przedstawiono wpływ dawki olejku eterycznego z grejpfruta oraz mięty na wilgotność osadu w zależności od dawki flokulantu. Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że wraz ze wzrostem dawki olejku eterycznego z grejpfruta oraz mięty, wilgotność osadu maleje. Zależność ta jest zachowana dla wszystkich zastosowanych stężeń dozowanego flokulantu:

- dla serii o stężeniu flokulantu C_0 (0 kg/Mg s.m.) wilgotność osadu zmalała z wartości $94,26\%$ (dawka olejku $0 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) do

- 92,80% (dawka olejku 0,18 cm³/100 cm³ osadu) przy dozowaniu olejku z grejpfruta. Natomiast w przypadku dozowania olejku z mięty wilgotność osadu zmalała z wartości 94,26% do 92,88%,
- dla serii o stężeniu flokulantu C₁ (3,2 kg/Mg s.m.) wilgotność osadu zmalała z wartości 93,32% (dawka olejku 0 cm³/100 cm³ osadu) do 92,55% (dawka olejku 0,18 cm³/100 cm³ osadu) przy dozowaniu olejku z grejpfruta. Natomiast w przypadku dozowania olejku z mięty wilgotność osadu zmalała z wartości 93,32% do 92,30%,
 - dla serii o stężeniu flokulantu C₂ (4,0 kg/Mg s.m.) wilgotność osadu zmalała z wartości 92,49% (dawka olejku 0 cm³/100 cm³ osadu) do 91,88% (dawka olejku 0,18 cm³/100 cm³ osadu) przy dozowaniu olejku z grejpfruta. Natomiast w przypadku dozowania olejku z mięty wilgotność osadu zmalała z wartości 92,49% do 91,51%,
 - dla serii o stężeniu flokulantu C₃ (4,8 kg/Mg s.m.) wilgotność osadu zmalała z wartości 93,56% (dawka olejku 0 cm³/100 cm³ osadu) do 92,10% (dawka olejku 0,18 cm³/100 cm³ osadu) przy dozowaniu olejku z grejpfruta. Natomiast w przypadku dozowania olejku z mięty wilgotność osadu zmalała z wartości 93,56% do 92,33%.

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

Wilgotność osadu zależy także od zastosowanej dawki flokulantu. Najlepszy efekt odwadniania otrzymano dla dawki flokulantu C₂ (4,0 kg/Mg s.m.), odpowiadającej dawce zalecanej, zarówno w przypadku dozowania olejku eterycznego z grejpfruta jak i mięty.

W tabeli 2 i tabeli 4 oraz na rys. 3 i 5 przedstawiono wpływ dawki olejku eterycznego z grejpfruta oraz mięty na zagęszczenie osądczu w zależności od dawki flokulantu. Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że wraz ze wzrostem dawki olejku eterycznego z grejpfruta oraz mięty zagęszczenie osądczu maleje. Zależność ta jest zachowana dla wszystkich zastosowanych stężeń dozowanego flokulantu:

- dla serii o stężeniu flokulantu C₀ (0 kg/Mg s.m.) zagęszczenie osądczu obniżono z wartości 2589,71 mg/dm³ (dawka olejku 0 cm³/100 cm³ osadu) do 2121,29 mg/dm³ (dawka olejku 0,18 cm³/100 cm³ osadu) przy dozowaniu olejku z grejpfruta. Natomiast w przypadku dozowania olejku z mięty zagęszczenie osądczu zmalało z wartości 2589,71 mg/dm³ do 1980,69 mg/dm³,

- dla serii o stężeniu flokulantu C_1 (3,2 kg/Mg s.m.) zagęszczenie osącza obniżono z wartości 1991,40 mg/dm³ (dawka olejku 0 cm³/100 cm³ osadu) do 1791,40 mg/dm³ (dawka olejku 0,18 cm³/100 cm³ osadu) przy dozowaniu olejku z grejpfruta. Natomiast w przypadku dozowania olejku z mięty zagęszczenie osącza zmalało z wartości 1991,40 mg/dm³ do 1819,46 mg/dm³,
- dla serii o stężeniu flokulantu C_2 (4,0 kg/Mg s.m.) zagęszczenie osącza obniżono z wartości 1792,85 mg/dm³ (dawka olejku 0 cm³/100 cm³ osadu) do 1638,78 mg/dm³ (dawka olejku 0,18 cm³/100 cm³ osadu) przy dozowaniu olejku z grejpfruta. Natomiast w przypadku dozowania olejku z mięty zagęszczenie osącza zmalało z wartości 1792,85 mg/dm³ do 1630,24 mg/dm³,
- dla serii flokulantu C_3 (4,8 kg/Mg s.m.) zagęszczenie osącza obniżono z wartości 1633,19 mg/dm³ (dawka olejku 0 cm³/100 cm³ osadu) do 1471,29 mg/dm³ (dawka olejku 0,18 cm³/100 cm³ osadu) przy dozowaniu olejku z grejpfruta. Natomiast w przypadku dozowania olejku z mięty zagęszczenie osącza zmalało z wartości 1633,19 mg/dm³ do 1501,71 mg/dm³.

Zagęszczenie osącza zależy także od zastosowanej dawki flokulantu. Najlepszy efekt otrzymano dla dawki flokulantu C_3 (4,8 kg/Mg s.m.), która odpowiada dawce 20% większej niż dawka zalecana.

Porównując wyniki badań umieszczone w tabeli 1 i 3 oraz na rys. 2 i 4 można stwierdzić, że zalecana dawka flokulantu, tj. dawka C_2 (4,0 kg/Mg s.m.) stanowi quazi optimum procesu odwadniania osadu przyjmując jako kryterium parametr wilgotności zarówno w przypadku dozowania olejku eterycznego z grejpfruta jak i mięty.

W tabeli 5 i tabeli 7 oraz na rys. 6 i 8 przedstawiono wpływ dawki olejku eterycznego z grejpfruta oraz mięty 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 z grejpfruta oraz mięty czas utrzymywania się zneutralizowanych zapachów rośnie. Zależność ta jest zachowana dla wszystkich zastosowanych stężeń dozowanego flokulantu:

- dla serii o stężeniu flokulantu C_0 (0 kg/Mg s.m.) czas skutecznej neutralizacji zapachu osadu rośnie z wartości 8 min (dawka olejku 0,06 cm³/100 cm³ osadu) do 25 min (dawka olejku 0,18 cm³/100 cm³

- osadu) przy dozowaniu olejku z grejpfruta. Natomiast w przypadku dozowania olejku z mięty czas skutecznej neutralizacji zapachu osadu rośnie z wartości 7 min do 19 min (dawka olejku $0,18 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu),
- dla serii o stężeniu flokulantu C_1 (3,2 kg/Mg s.m.) czas skutecznej neutralizacji zapachu osadu rośnie z wartości 7 min (dawka olejku $0,06 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) do 24 min (dawka olejku $0,18 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) przy dozowaniu olejku z grejpfruta. Natomiast w przypadku dozowania olejku z mięty czas skutecznej neutralizacji zapachu osadu rośnie z wartości 6 min do 17 min,
 - dla serii o stężeniu flokulantu C_2 (4,0 kg/Mg s.m.) czas skutecznej neutralizacji zapachu osadu rośnie z wartości 5 min (dawka olejku $0,06 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) do 22 min (dawka olejku $0,18 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) przy dozowaniu olejku z grejpfruta. Natomiast w przypadku dozowania olejku z mięty czas skutecznej neutralizacji zapachu osadu rośnie z wartości 6 min do 16 min,
 - dla serii o stężeniu flokulantu C_3 (4,8 kg/Mg s.m.) czas skutecznej neutralizacji zapachu osadu rośnie z wartości 4 min (dawka olejku $0,06 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) do 21 min (dawka olejku $0,18 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) przy dozowaniu olejku z grejpfruta. Natomiast w przypadku dozowania olejku z mięty czas skutecznej neutralizacji zapachu osadu rośnie z wartości 4 min do 16 min.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że lepsze właściwości maskujące wykazał olejek eteryczny z grejpfruta, gdyż jego zapach w odwirowanym osadzie utrzymywał się dłużej w porównaniu do utrzymywania się zapachu olejku eterycznego z mięty.

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

W tabeli 6 i tabeli 8 oraz na rys. 7 i 9 przedstawiono wpływ dawki olejku eterycznego z grejpfruta oraz mięty na czas skutecznej neutralizacji nieprzyjemnych zapachów odsączu. 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 o stężeniu flokulantu C_0 (0 kg/Mg s.m.) czas skutecznej neutralizacji zapachu odsącza rośnie z wartości 13 min (dawka olejku $0,06 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) do 42 min (dawka olejku $0,18 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) przy dozowaniu olejku z grejpfruta. Natomiast w przypadku dozowania olejku z mięty czas skutecznej neutralizacji zapachu odsącza rośnie z wartości 12 min do 31 min,
- dla serii o stężeniu flokulantu C_1 (3,2 kg/Mg s.m.) czas skutecznej neutralizacji zapachu odsącza rośnie z wartości 11 min (dawka olejku $0,06 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) do 36 min (dawka olejku $0,18 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) przy dozowaniu olejku z grejpfruta. Natomiast w przypadku dozowania olejku z mięty czas skutecznej neutralizacji zapachu odsącza rośnie z wartości 9 min do 24 min,
- dla serii o stężeniu flokulantu C_2 (4,0 kg/Mg s.m.) czas skutecznej neutralizacji zapachu odsącza rośnie z wartości 10 min (dawka olejku $0,06 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) do 34 min (dawka olejku $0,18 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) przy dozowaniu olejku z grejpfruta. Natomiast w przypadku dozowania olejku z mięty czas skutecznej neutralizacji zapachu odsącza rośnie z wartości 8 min do 24 min,
- dla serii o stężeniu flokulantu C_3 (4,8 kg/Mg s.m.) czas skutecznej neutralizacji zapachu odsącza rośnie z wartości 7 min (dawka olejku $0,06 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) do 27 min (dawka olejku $0,18 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) przy dozowaniu olejku z grejpfruta. Natomiast w przypadku dozowania olejku z mięty czas skutecznej neutralizacji zapachu odsącza rośnie z wartości 5 min do 21 min.

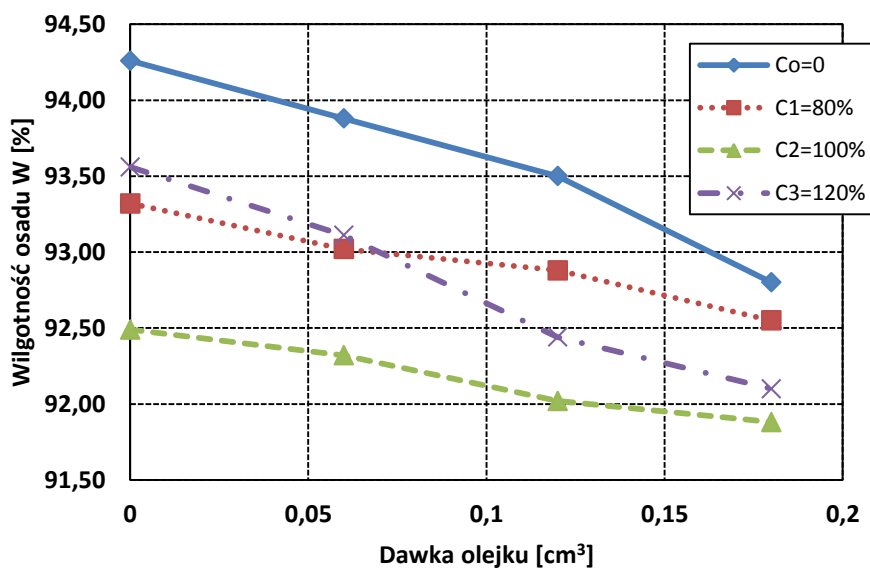
W tym przypadku również można stwierdzić, że lepsze właściwości maskujące wykazał olejek eteryczny z grejpfruta, gdyż jego zapach w odwirowanym odsączu utrzymywał się znacznie dłużej w porównaniu do utrzymywania się zapachu olejku eterycznego z mięty.

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

Tabela 1. Wpływ dawki olejku eterycznego z grejpfruta na wilgotność osadu w zależności od dawki flokulantu Praestol 855 BS

Table 1. Effect of dose of aromatic extract from grapefruit on water content in sludge depending on dose of Praestol 855 BS flocculant

Dawka flokulantu [kg/Mg s.m.]	Wilgotność osadu W [%]				
	Nadawa	Dawka olejku [cm ³ /100 cm ³ osadu]			
		0	0,06	0,12	0,18
$C_0 = 0$	98,59	94,26	93,88	93,50	92,80
$C_1 = 80\% \cdot C_2$ 3,2 kg/Mg s.m.	98,59	93,32	93,02	92,88	92,55
$C_2 = 100\%$ 4,0 kg/Mg s.m.	98,59	92,49	92,32	92,02	91,88
$C_3 = 120\% \cdot C_2$ 4,8 kg/Mg s.m.	98,59	93,56	93,11	92,44	92,10



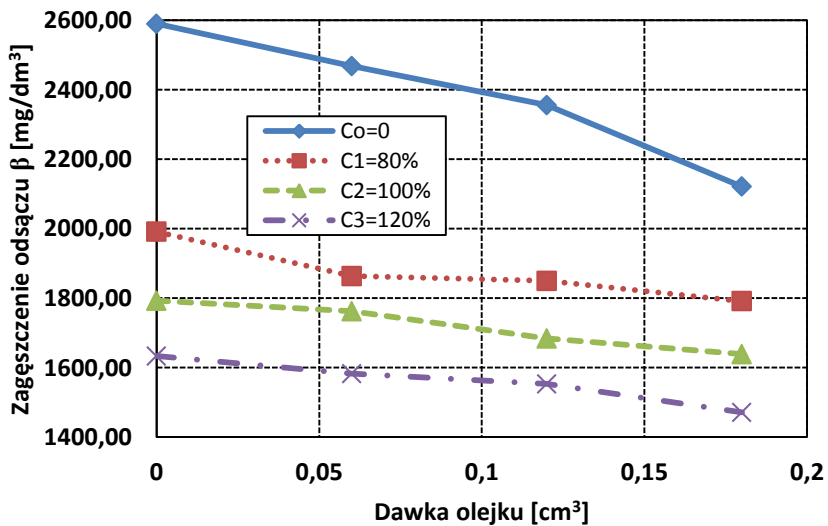
Rys. 2. Wpływ dawki olejku eterycznego z grejpfruta na wilgotność osadu w zależności od dawki flokulantu Praestol 855 BS

Fig. 2. Effect of dose of aromatic extract from grapefruit on water content in sludge depending on dose of Praestol 855 BS flocculant

Tabela 2. Wpływ dawki olejku eterycznego z grejpfruta na zagęszczenie osadzu w zależności od dawki flokulantu Praestol 855 BS

Table 2. Effect of dose of aromatic extract from grapefruit on solids concentration in eluate depending on dose of Praestol 855 BS flocculant

Dawka flokulantu [kg/Mg s.m.]	Zagęszczenie osadzu β [mg/dm ³]				
	Nadawa	Dawka olejku [cm ³ /100 cm ³ osadu]			
		0	0,06	0,12	0,18
$C_0 = 0$	15227,39	2589,71	2468,21	2355,50	2121,29
$C_1 = 80\% \cdot C_2$ 3,2 kg/Mg s.m.	15227,39	1991,40	1863,86	1849,60	1791,40
$C_2 = 100\%$ 4,0 kg/Mg s.m.	15227,39	1792,85	1762,39	1683,86	1638,78
$C_3 = 120\% \cdot C_2$ 4,8 kg/Mg s.m.	15227,39	1633,19	1582,52	1553,19	1471,29



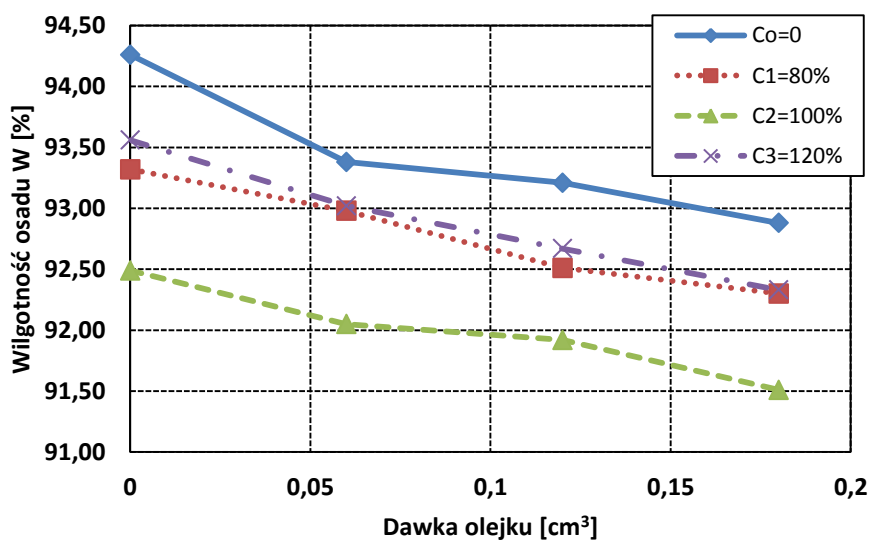
Rys. 3. Wpływ dawki olejku eterycznego z grejpfruta na zagęszczenie osadzu w zależności od dawki flokulantu Praestol 855 BS

Fig. 3. Effect of dose of aromatic extract from grapefruit on solids concentration in eluate depending on dose of Praestol 855 BS flocculant

Tabela 3. Wpływ dawki olejku eterycznego z mięty na wilgotność osadu w zależności od dawki flokulantu Praestol 855 BS

Table 3. Effect of dose of aromatic extract from mint on water content in sludge depending on dose of Praestol 855 BS flocculant

Dawka flokulantu [kg/Mg s.m.]	Wilgotność osadu W [%]				
	Nadawa	Dawka olejku [cm ³ /100 cm ³ osadu]			
		0	0,06	0,12	0,18
$C_0 = 0$	98,59	94,26	93,38	93,21	92,88
$C_1 = 80\% \cdot C_2$ 3,2 kg/Mg s.m.	98,59	93,32	92,98	92,51	92,30
$C_2 = 100\%$ 4,0 kg/Mg s.m.	98,59	92,49	92,05	91,92	91,51
$C_3 = 120\% \cdot C_2$ 4,8 kg/Mg s.m.	98,59	93,56	93,02	92,67	92,33



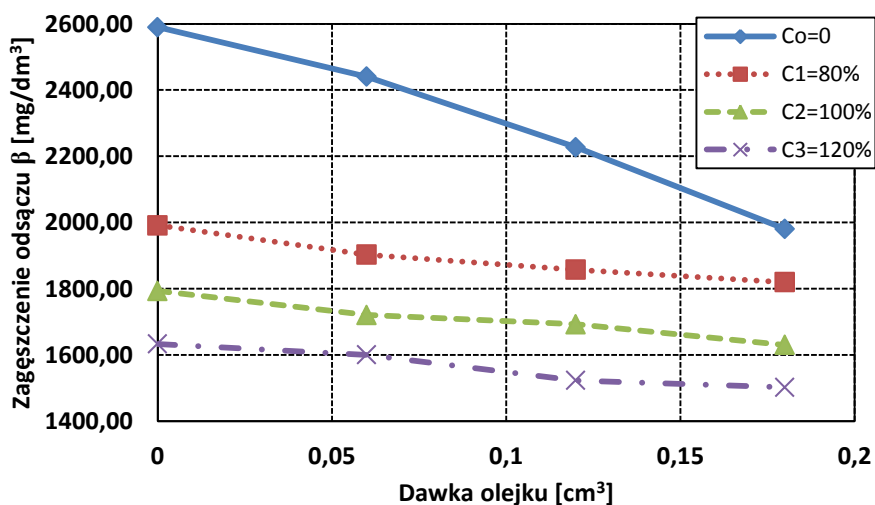
Rys. 4. Wpływ dawki olejku eterycznego z mięty na wilgotność osadu w zależności od dawki flokulantu Praestol 855 BS

Fig. 4. Effect of dose of aromatic extract from mint on water content in sludge depending on dose of Praestol 855 BS flocculant

Tabela 4. Wpływ dawki olejku eterycznego z mięty na zagęszczenie osadzu w zależności od dawki flokulantu Praestol 855 BS

Table 4. Effect of dose of aromatic extract from mint on solids concentration in eluate depending on dose of Praestol 855 BS flocculant

Dawka flokulantu [kg/Mg s.m.]	Zagęszczenie osadzu β [mg/dm ³]				
	Nadawa	Dawka olejku [cm ³ /100 cm ³ osadu]			
		0	0,06	0,12	0,18
$C_0 = 0$	15227,39	2589,71	2440,40	2226,95	1980,69
$C_1 = 80\% \cdot C_2$ 3,2 kg/Mg s.m.	15227,39	1991,40	1902,78	1857,48	1819,46
$C_2 = 100\%$ 4,0 kg/Mg s.m.	15227,39	1792,85	1720,64	1692,35	1630,24
$C_3 = 120\% \cdot C_2$ 4,8 kg/Mg s.m.	15227,39	1633,19	1600,01	1522,94	1501,71



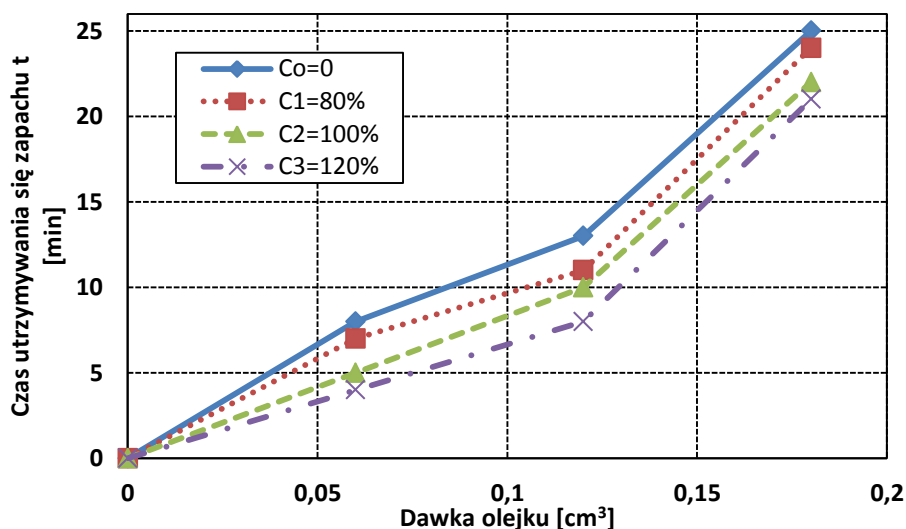
Rys. 5. Wpływ dawki olejku eterycznego z mięty na zagęszczenie osadzu w zależności od dawki flokulantu Praestol 855 BS

Fig. 5. Effect of dose of aromatic extract from mint on solids concentration in eluate depending on dose of Praestol 855 BS flocculant

Tabela 5. Wpływ dawki olejku eterycznego z grejpfruta na czas skutecznej neutralizacji nieprzyjemnych zapachów odwodnionych osadów w zależności od dawki flokulantu Praestol 855 BS

Table 5. Effect of dose of aromatic extract from grapefruit on time of efficient neutralisation of dewatered sludge odour depending on dose of Praestol 855 BS flocculant

Dawka flokulantu [kg/Mg s.m.]	Czas utrzymywania się zapachu [min] – osad			
	Dawka olejku [cm ³ /100 cm ³ osadu]			
	0	0,06	0,12	0,18
$C_0 = 0$	0	8	13	25
$C_1 = 80\% \cdot C_2$ 3,2 kg/Mg s.m.	0	7	11	24
$C_2 = 100\%$ 4,0 kg/Mg s.m.	0	5	10	22
$C_3 = 120\% \cdot C_2$ 4,8 kg/Mg s.m.	0	4	8	21



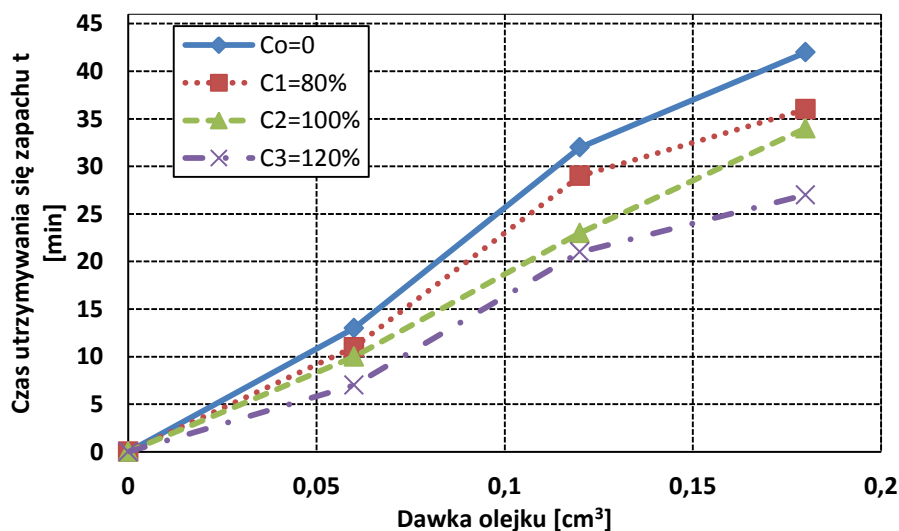
Rys. 6. Wpływ dawki olejku eterycznego z grejpfruta na czas skutecznej neutralizacji nieprzyjemnych zapachów odwodnionych osadów w zależności od dawki flokulantu Praestol 855 BS

Fig. 6. Effect of dose of aromatic extract from grapefruit on time of efficient neutralisation of dewatered sludge odour depending on dose of Praestol 855 BS flocculant

Tabela 6. Wpływ dawki olejku eterycznego z grejpfruta na czas skutecznej neutralizacji nieprzyjemnych zapachów odsączu po procesie odwadniania w zależności od dawki flokulantu Praestol 855 BS

Table 6. Effect of dose of aromatic extract from grapefruit on time of efficient neutralisation of eluate odour depending on dose of Praestol 855 BS flocculant

Dawka flokulantu [kg/Mg s.m.]	Czas utrzymywania się zapachu [min] – odsącz			
	Dawka olejku [$\text{cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu]			
	0	0,06	0,12	0,18
$C_0 = 0$	0	13	32	42
$C_1 = 80\% \cdot C_2$ 3,2 kg/Mg s.m.	0	11	29	36
$C_2 = 100\%$ 4,0 kg/Mg s.m.	0	10	23	34
$C_3 = 120\% \cdot C_2$ 4,8 kg/Mg s.m.	0	7	21	27



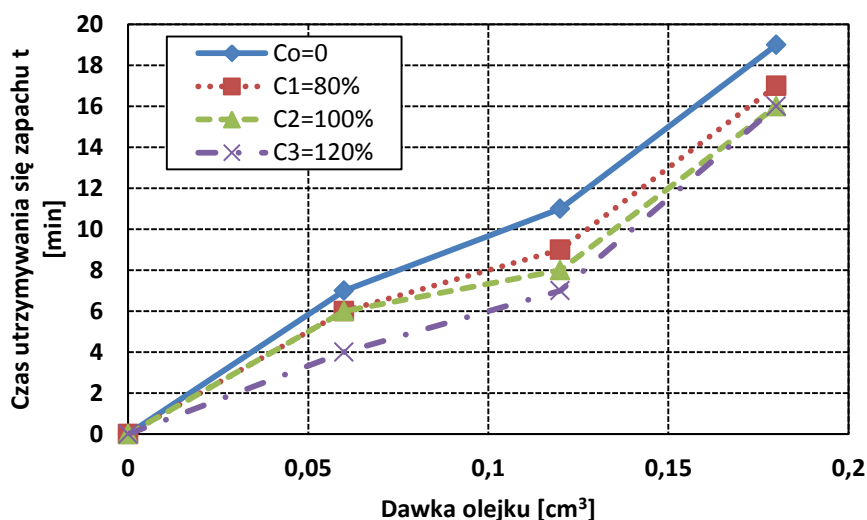
Rys. 7. Wpływ dawki olejku eterycznego z grejpfruta na czas skutecznej neutralizacji nieprzyjemnych zapachów odsączu po procesie odwadniania w zależności od dawki flokulantu Praestol 855 BS

Fig. 7. Effect of dose of aromatic extract from grapefruit on time of efficient neutralisation of eluate odour depending on dose of Praestol 855 BS flocculant

Tabela 7. Wpływ dawki olejku eterycznego z mięty na czas skutecznej neutralizacji nieprzyjemnych zapachów odwodnionych osadów w zależności od dawki flokulantu Praestol 855 BS

Table 7. Effect of dose of aromatic extract from mint on time of efficient neutralisation of dewatered sludge odour depending on dose of Praestol 855 BS flocculant

Dawka flokulantu [kg/Mg s.m.]	Czas utrzymywania się zapachu [min] – osad			
	Dawka olejku [$\text{cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu]			
	0	0,06	0,12	0,18
$C_0 = 0$	0	7	11	19
$C_1 = 80\% \cdot C_2$ 3,2 kg/Mg s.m.	0	6	9	17
$C_2 = 100\%$ 4,0 kg/Mg s.m.	0	6	8	16
$C_3 = 120\% \cdot C_2$ 4,8 kg/Mg s.m.	0	4	7	16



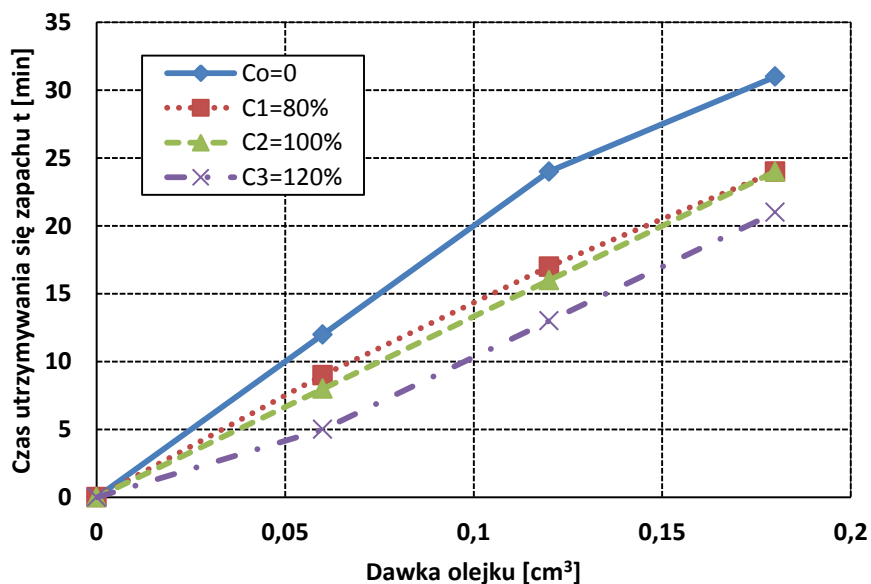
Rys. 8. Wpływ dawki olejku eterycznego z mięty na czas skutecznej neutralizacji nieprzyjemnych zapachów odwodnionych osadów w zależności od dawki flokulantu Praestol 855 BS

Fig. 8. Effect of dose of aromatic extract from mint on time of efficient neutralisation of dewatered sludge odour depending on dose of Praestol 855 BS flocculant

Tabela 8. Wpływ dawki olejku eterycznego z mięty na czas skutecznej neutralizacji nieprzyjemnych zapachów odsącza po procesie odwadniania w zależności od dawki flokulantu Praestol 855 BS

Table 8. Effect of dose of aromatic extract from mint on time of efficient neutralisation of eluate odour depending on dose of Praestol 855 BS flocculant

Dawka flokulantu [kg/Mg s.m.]	Czas utrzymywania się zapachu [min] – odsącz			
	Dawka olejku [$\text{cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu]			
	0	0,06	0,12	0,18
$C_0 = 0$	0	12	24	31
$C_1 = 80\% \cdot C_2$ 3,2 kg/Mg s.m.	0	9	17	24
$C_2 = 100\%$ 4,0 kg/Mg s.m.	0	8	16	24
$C_3 = 120\% \cdot C_2$ 4,8 kg/Mg s.m.	0	5	13	21



Rys. 9. Wpływ dawki olejku eterycznego z miętą na czas skutecznej neutralizacji nieprzyjemnych zapachów odsącza po procesie odwadniania w zależności od dawki flokulantu Praestol 855 BS

Fig. 9. Effect of dose of aromatic extract from grapefruit on time of efficient neutralisation of eluate odour depending on dose of Praestol 855 BS flocculant

Dla przykładu wydajność godzinowa wirówki dekantacyjnej przemysłowej Noxon stosowanej na Oczyszczalni Ścieków Jamno wynosi średnio $Q = 16 \div 17 \text{ m}^3/\text{h}$ w zależności od parametrów osadu [8]. Zatem godzinowa dawka olejku, wyznaczona na podstawie przeprowadzonych badań laboratoryjnych, zapewniająca skuteczną, tzn. długotrwałą neutralizację nieprzyjemnego zapachu (dawka olejku $D_3 = 0,18 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ osadu) może wynosić dla stosowanej na obiekcie dawki flokulantu C_2 (4,0 kg/Mg s.m.) odpowiednio $30,6 \text{ dm}^3$ olejku/h.

6. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono:

- wyprodukowane w procesie destylacji parą wodną, olejki eteryczne z grejpfruta oraz mięty, skutecznie neutralizują nieprzyjemne zapachy osadów i odsączu, powstałe podczas odwadniania komunalnych osadów ściekowych na laboratoryjnej wirówce sedymentacyjnej,
- wraz ze wzrostem dawki olejku eterycznego z grejpfruta jak i mięty czas skutecznej neutralizacji nieprzyjemnych zapachów rośnie, zarówno dla odwirowanego osadu jak i odsączu,
- lepsze właściwości maskujące wykazał olejek eteryczny ze skórek owocu cytrusowego, tj. grejpfruta, ponieważ jego zapach w odwirowanym osadzie i odsączu utrzymywał się znacznie dłużej niż w przypadku olejku eterycznego z mięty,
- dawka dozowanego flokulantu wpływa na czas skutecznej neutralizacji nieprzyjemnych zapachów olejkiem eterycznym,
- wraz ze wzrostem dawki dozowanego flokulantu czas skutecznej neutralizacji odorów maleje, zarówno w odwirowanym osadzie jak i odsączu, jednocześnie dla zastosowanego olejku eterycznych z grejpfruta jak i mięty.

Literatura

1. **Andriyevska L., Juraszka B., Kowalczyk A., Piecuch T., Pol K., Zimoch A.:** *Neutralizacja przykrych zapachów poprzez rozpylanie roztworów powstających na bazie ekstraktów z owoców cytrusowych, imbiru oraz goździków.* Rocznik Ochrona Środowiska Tom 10. str. 707÷723. Koszalin 2008.
2. **Dębowski M., Zieliński M., Krzemieniewski M., Białowiec A.:** *Wykorzystanie reakcji Fentona do ograniczenia procesu zagniwania i powstawania siarkowodoru w ściekach komunalnych.* Rocznik Ochrona Środowiska Tom 10. str. 289÷300. Koszalin 2008.

3. **Hermanowicz W., Dożańska W., Sikorowska C., Kelus J.:** *Fizyczno-chemiczne badania ścieków miejskich i osadów ściekowych*. Wydanie I Warszawa, Arkady 1967.
4. **Klimek R.:** *Olejki eteryczne*. Wydawnictwo Przemysłu Lekkiego i Spożywczego. Warszawa 1957.
5. **Kośmider J.:** *Sensoryczne metody oceny zapachowej jakości powietrza i skuteczności dezodoryzacji*. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej, nr 422. Szczecin 1991.
6. **Kośmider J., Krajewska B.:** *Normalizacja olfaktometrii dynamicznej. Podstawowe pojęcia i jednostki miar*. Normalizacja 1/2005.
7. **Kośmider J., Mazur-Chrzanowska B., Wyszynski B.:** *Odory*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.
8. **Kutryn J., Piecuch T.:** *Odwadnianie komunalnych osadów ściekowych na laboratoryjnej wirówce sedymentacyjnej typu MPW-350 oraz na przemysłowej wirówce typu Noxon DC20 – problem przeniesienia skałi*. Rocznik Ochrona Środowiska Tom 11. Rok 2009. str. 517÷542. Koszalin 2009.
9. **Kowalczyk A., Kutryn J., Piecuch T.:** *Neutralizacja nieprzyjemnych zapachów powstających podczas odwadniania komunalnych osadów ściekowych w procesie sedymentacji odśrodkowej*. Rocznik Ochrona Środowiska Tom 12. Rok 2010. str. 365÷380. Koszalin 2010.
10. **Palica M., Dolina A., Gierczycki A., Kolorz S.:** *Wpływ dodatku flokulantu Magnafloc 919 na przebieg filtracji wirowej podekantacyjnej zawiesiny odpadowej*. Rocznik Ochrona Środowiska Tom 11. str. 1063÷1075. Koszalin 2009.
11. **Piecuch T.:** *Analiza studialna procesu rozdziału w wirówce sedymentacyjnej*. Monografia Nr 39. Politechnika Koszalińska 1992.
12. **Piecuch T.:** *Technika wodno-mulowa – urządzenia i procesy*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe – Techniczne WNT, Warszawa 2010.
13. **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 Tom 11. Rok 2009. str. 607÷629. Koszalin 2009.
14. **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, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki, str. 187÷208. Koszalin 2005.

15. **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 Tom 8. str. 239÷261. Koszalin 2006.
16. **Wyszyński B., Yamanaka T., Nakamoto T.:** *Recording and reproducing citrus flavors using odor recorder.* Sensors and Actuators B, vol. 106, pp. 388÷393, 2005.
17. **Wyszyński B., Yamanaka T., Nakamoto T.:** *Study of reproducing citrus flavors using odor recorder.* Technical Digest of Sensor Symp., IEEJ, Po-3, 2003.
18. **Yamanaka T., Wyszyński B., Nakamoto T.:** *Study of odor recorder for recording recipe of orange flavor.* Digest of Technical papers, Transducers 03, 1140, 2003.
19. **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, October 6, 2004, 24(40).
20. **Zaremba W., Piecuch T.:** *Zastosowanie środków maskujących odory, powstałych na bazie olejków eterycznych owoców cytrusowych.* Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa I Inżynierii Środowiska Nr 23, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej. str. 195÷207. Koszalin 2007.
21. Patent: „Sposób neutralizacji odorów powstających podczas odwadniania komunalnych osadów ściekowych”. T. Piecuch, A. Kowalczyk, M. Kozak, B. Juraszka, J. Piekarski, J. Dąbrowski, L. Andriyevska.

Method of Neutralization of Odours Arising During Mechanical Dewatering of Municipal Sewage Sludge

Abstract

Emission of unpleasant odours is noxious for both plant workers and residents of surrounding areas, where odours are emitted. In the case of low emissions, the concentration of odour substances are low, and despite of the low odour detection thresholds, they cause significant noxiousness, it is possible to use masking agents. This issue is within range of interest of Division of Water-Sludge Technology and Waste Utilisation of Koszalin University of Technology, where for a few years works are conducted on production of an effective and inexpensive agent for decreasing nuisance of odours. Natural essential oils extracted from fresh plant materials in the process of steam distillation are used as masking agents.

The aim of this study was to present a method of reduction of odour nuisance during dewatering of municipal sewage sludge by dosage of the essential oils from grapefruit and mint as a substitute of flocculant in the process of mechanical dewatering.

Research on the use of essential oils for masking of odours were divided into two stages. In the first stage of the research essential oils of grapefruit and mint in the process of steam distillation were produced. Then, produced oil was used in the second stage of research as an agent for masking odour during municipal sewage sludge dewatering. Oils were dosed into sewage sludge before dewatering together with flocculant.

Sludge dewatering process was carried out on a laboratory centrifuge MPW 350. As a input to dewatering process a real stabilized in the process of methane fermentation sludge was used, taken from the Wastewater Treatment Plant Jamno, directly from the pump pipe connecting fermentation tanks with centrifuges. Constant parameters of centrifugal sedimentation were: rotation time t [min] (assumed centrifugation time $t = 1$ min) and rotation speed n [rpm] (assumed $n = 2400$ rpm). Independent variable process parameters were: dose of flocculant C [kg/Mg of dry mass] and dose of essential oil D [$\text{cm}^3/100 \text{ cm}^3$ of sludge] kind of oil used.

Essential oils, which were produced from grapefruit and mint were dosed to the feed (sewage sludge with flocculant) before dewatering process in four doses: $D1 = 0 \text{ cm}^3$ of oil/ 100 cm^3 of sludge, $D2 = 2$ drops of oil = $0.06 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ of sludge, $D3 = 4$ drops of essential oil = $0.12 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ of sludge and $D4 = 6$ drops of essential oil = $0.18 \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$ of sludge and then period of time of essential oil smell lasts in eluate and sludge after centrifugation process was examined.

The study showed that the essential oils from grapefruit and mint effectively neutralize odours of sludge and eluate, produced during dewatering of municipal sewage sludge on the laboratory sedimentation centrifuge. With an increasing dose of essential oil of lemon, time of neutralisation of odours after dewatering is increasing, both for the dewatered sludge and eluate. It was also found that essential oils as hydrophobic substances have additional function of coagulants or flocculants, and improve the quality of the mechanical dewatering.