



## Zmniejszenie uciążliwości zapachowych oczyszczalni ścieków w Tychowie

*Tadeusz Piecuch, Anna Kowalczyk, Tomasz Dąbrowski,  
Janusz Dąbrowski, Ludmiła Andriyevska  
Politechnika Koszalińska*

### 1. Wstęp

Eksploatacja obiektów związanych z gospodarką ściekową wiąże się z emisją uciążliwych zapachowo odorów. Dotyczy to przede wszystkim większości oczyszczalni ścieków, punktów zlewnych ścieków dowożonych, jak i sanitarnych instalacji kanalizacyjnych [4].

Odoranty dopływają do oczyszczalni wraz ze ściekami, jak i powstają wtórnie na jej terenie podczas procesów oczyszczania ścieków i przeróbki osadów ściekowych. Badania wykazały, że emisja odorantów następuje na każdym etapie oczyszczania ścieków, tj. w miejscu dopływu ścieków do oczyszczalni, na kratkach, w przepompowniach ścieków surowych, w piaskownikach, odtłuszczaczach, osadnikach wstępnych i komorach osadu czynnego, złożach biologicznych, a także w miejscach turbulentnego przepływu ścieków i składowania biomasy. Takimi miejscami są min. składowiska skratek, piasku, tłuszczu, stacje odwadniania, suszenia i gromadzenia osadów [4].

Odory pochodzenia ściekowego zawierają liczne gazy nieorganiczne, jak: siarkowodór ( $H_2S$ ), amoniak ( $NH_3$ ), dwutlenek węgla ( $CO_2$ ), azot (N), wodór (H), tlen ( $O_2$ ) oraz opary substancji organicznych, które powstają w procesach mikrobiologicznych: aldehydy, kwasy organiczne, ketony itp. Najbardziej uciążliwym dla otoczenia odorem jest siarkowodór [4].

Nieprzyjemne zapachy stwarzają nie tylko poczucie dyskomfortu, lecz także mogą być przyczyną negatywnych objawów psychosomatycz-

nych, takich jak rozdrażnienie, bóle głowy, nudności, trudności z koncentracją, utratę łaknienia, trudności z zasypianiem i szereg innych niekorzystnych objawów [5, 17].

Brak w Polsce unormowań prawnych, dotyczących jakości powietrza oraz oddziaływania uciążliwych zapachowo substancji, przyczynia się do podejmowania badań nad odorami w zespołach badawczych różnych instytucji, min. w Politechnice Szczecińskiej, Politechnice Lubelskiej, Politechnice Łódzkiej, Politechnice Wrocławskiej, Politechnice Warszawskiej, Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie, a także Politechnice Koszalińskiej [2, 3, 6–13, 15, 16, 18, 19].

W Katedrze Techniki Wodno-Mułowej i Utylizacji Odpadów Politechniki Koszalińskiej od kilku lat prowadzone są badania nad maskowaniem nieprzyjemnych zapachów, czyli zastępowaniem zapachu niepożądanego przyjemniejszym. Jako środki maskujące wykorzystywane są naturalne olejki eteryczne, pozyskiwane ze świeżych surowców roślinnych w procesie destylacji parą wodną.

Najważniejszym celem prowadzonych badań było znalezienie optymalnych warunków prowadzenia procesu odwadniania komunalnych osadów ściekowych na wirówce dekantacyjnej ALFA LAVAL, typ ALDEC 30, zainstalowanej na terenie oczyszczalni ścieków w Tychowie, a także zmniejszenie uciążliwości pracy obsługi tej wirówki poprzez zastosowanie do procesu odwadniania olejku eterycznego z pomarańczy jako częściowego substytutu flokulantów.

## **2. Metodyka badań**

### **2.1. Odwadnianie komunalnych osadów ściekowych**

Proces odwadniania komunalnych osadów ściekowych badano na wirówce dekantacyjnej ALFA LAVAL, typ ALDEC 30 na terenie Oczyszczalni Ścieków w Tychowie.

Parametrami stałymi procesu odwadniania były:

- prędkość wirowania  $n$  [obr/min] –  $n = 2400$  obr/min,
- dawka  $C$  [ $\text{dm}^3/\text{m}^3$ ] –  $C = 76,3$   $\text{dm}^3/\text{m}^3$ .

Parametr zmienny niezależny procesu odwadniania:

- $x_1$  – udział olejku eterycznego z pomarańczy w mieszaninie z flokulantem ZETAG® 9048FS dla dawki  $C = 76,3$   $\text{dm}^3/\text{m}^3$   $U_{O/F}$  [%] – przyję-

to:  $U_{O/F1} = [0\%/100\%]$ ,  $U_{O/F2} = [25\%/75\%]$ ,  $U_{O/F3} = [50\%/50\%]$ ,  $U_{O/F4} = [75\%/25\%]$ .

Parametry zmienne zależne (wynikowe) procesu odwadniania:

- $y_1$  – zawartość wody w osadzie  $W$  [%],
- $y_2$  – zawartość suchej masy w odcieku  $\beta$  [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ],
- $y_3$  – stężenie zapachu olejku eterycznego z pomarańczy w odwirowanym osadzie  $c_{\text{od}}$  [ $\text{ou}_E/\text{m}^3$ ].

Bezpośrednio po pobraniu próbek w czasie do 1h od chwili pobrania, oznaczano parametry fizyczne osadu, tworzącego nadawę do procesu odwadniania, tj.: pH [-], temperaturę [ $^{\circ}\text{C}$ ], barwę, strukturę, zapach, zawartość wody  $W_N$  [%] i zawartość suchej masy  $\beta_N$  [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ]. Próbki były przechowywane w lodówce w temperaturze  $4^{\circ}\text{C}$ . Próbki pobrano z wylotu osadu na wirówce dekantacyjnej ALFA LAVAL, typ ALDEC 30, będącej własnością Oczyszczalni Ścieków w Tychowie.

## 2.2. Charakterystyka osadu ściekowego

Do badań użyto ściek zawiesinowy o następującej charakterystyce:

- pH: 7,3,
- temperatura:  $20^{\circ}\text{C}$ ,
- barwa: czarna,
- struktura osadu: jednolita, trudno opadający, zawiesinowy,
- zapach: gnilny,
- zawartość wody  $W_N$ : 97,89%,
- zawartość suchej masy  $\beta_N$ :  $21023,60 \text{ mg}/\text{dm}^3$ .

## 2.3. Charakterystyka polimeru kationowego ZETAG® 9048FS

Proces odwadniania w przemysłowej wirówce dekantacyjnej ALFA LAVAL, typ ALDEC 30 na terenie Oczyszczalni Ścieków w Tychowie wspomagany był poprzez dawkowanie polimeru kationowego o nazwie handlowej ZETAG® 9048FS o stężeniu rzeczywistym roztworu 0,48%.

W tabeli 1 przedstawiono informacje na temat podstawowych właściwości fizycznych i chemicznych flokulanta ZETAG® 9048FS użytego do badań.

**Tabela 1.** Charakterystyka flokulanta ZETAG® 9048FS [1]**Table 1.** Characteristics of ZETAG® 9048FS flocculant [1]

Stan skupienia/forma	emulsja
Kolor	kremowy, prawie biały
Zapach	charakterystyczny dla oleju mineralnego
Wartość pH	ok. 4
Temperatura zapłonu	> 93°C
Gęstość	ok. 1,0 g/cm <sup>3</sup> (20°C)
Rozpuszczalność w wodzie	rozpuszczalny
Lepkość dynamiczna	ok. 1.500 mPa.s
Niebezpieczeństwo eksplozji	produkt nie jest wybuchowy
Mieszalność z wodą	miesza się

#### 2.4. Charakterystyka olejku eterycznego z pomarańczy

Do badań procesu mechanicznego odwadniania komunalnych osadów ściekowych w skali przemysłowej wykorzystano naturalny olejek eteryczny z pomarańczy, który zakupiono w Fabryce Substancji Zapachowych „POLLENA-AROMA” Sp. z o.o.

Informacje na temat podstawowych właściwości fizyczno-chemicznych olejku eterycznego z pomarańczy zastosowanego do badań przedstawiono w tabeli 2.

**Tabela 2.** Charakterystyka olejku eterycznego z pomarańczy [20]**Table 2.** Characteristics of orange essential oil [20]

Wygląd	Ciecz
Barwa	Żółta do czerwonożółtej
Zapach	Pomarańczowy
Gęstość $d_{20}^{20}$	0,844 g/cm <sup>3</sup>
Współczynnik załamania światła $n_D^{20}$	1,4730
Skręcalność $\alpha_D^{20}$	+ 96,4°
Liczba kwasowa	-
Liczba estrowa	-
Rozpuszczalność w etanolu	-
Zawartość związków karbonylowych	1,2%

## 2.5. Pomiar stężenia zapachowego olejku eterycznego w odwodnionym osadzie

Bezpośrednio po poborze próbki były przewożone do laboratorium, gdzie dokonywano oznaczenia stężeń zapachowych. Pomiar wykonywany był metodą olfaktometrii dynamicznej zgodnie z wytycznymi opisanymi w PN-EN 13725:2007 [14] przy użyciu czterostanowiskowego olfaktometru T08 (rysunek 1) wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem. Zespół pomiarowy składał się z operatora oraz czterech probantów, wyselekcjonowanych zgodnie z wytycznymi zawartymi w normie, przy użyciu n-butanolu jako substancji odniesienia. Zgodnie z normą badania były prowadzone w wyciszonym i odizolowanym pomieszczeniu o stabilnych warunkach temperaturowych i oświetleniowych.



**Rys. 1.** Olfaktometr T08

**Fig. 1.** Olfactometer T08

Podczas pomiaru próbka gazu z odwirowanego osadu podłączana była do olfaktometru, a zadaniem probantów było sygnalizowanie, czy wyczuwają zapach w prezentowanym strumieniu gazów. Gazy rozcieńczane były bezwonnym powietrzem w sposób dynamiczny. Początkowe rozcieńczenie zostało dobrane tak, aby nie było możliwe stwierdzenie obecności zapachu. Prezentowane rozcieńczenia były malejące. Wśród prezentowanych prób znajdowały się tzw. „ślepe próbki” lub „zerowe próby”, w których zamiast zapachu było prezentowane czyste, bezwonne powietrze. Olfaktometr był połączony z komputerem z zainstalowanym specjalnym oprogramowaniem. Jeden pomiar składał się z czterech serii pomiarowych. Zebrane w komputerze wyniki zostały obliczone jako wynik pomiaru zespołowego ( $Z_{ite,pan}$ ) – średnia geometryczna ze wszystkich pomiarów indywidualnych. Była to jednocześnie wartość stężenia odorów w danej próbce ( $c_{od}$ ) wyrażona w europejskich jednostkach zapachowych w metrze sześciennym ( $ou_E/m^3$ ) zgodnie z PN-EN 13725:2007 [14].

### 3. Opis i analiza wyników badań

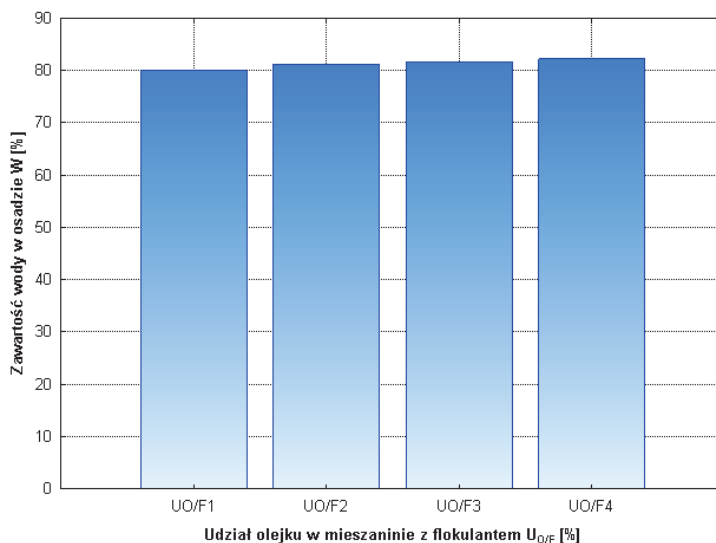
W tabeli 3 przedstawiono wyniki badań wpływu udziału olejku eterycznego z pomarańczy w mieszaninie z flokulantem ZETAG® 9048FS  $U_{O/F}$  [%] dla dawki  $C = 76,3 \text{ dm}^3/m^3$  na zawartość wody w osadzie  $W$  [%] i zawartość suchej masy w odcieku  $\beta$  [ $mg/dm^3$ ]:

- **Udział  $U_{O/F1}$**  – 0% olejku z pomarańczy ( $0 \text{ dm}^3$ ) + 100% flokulanta ZETAG® 9048FS ( $76,3 \text{ dm}^3/m^3$ ),
- **Udział  $U_{O/F2}$**  – 25% olejku z pomarańczy ( $19,1 \text{ dm}^3$ ) + 75% flokulanta ZETAG® 9048FS ( $57,2 \text{ dm}^3/m^3$ ),
- **Udział  $U_{O/F3}$**  – 50% olejku z pomarańczy ( $38,15 \text{ dm}^3$ ) + 50% flokulanta ZETAG® 9048FS ( $38,15 \text{ dm}^3/m^3$ ),
- **Udział  $U_{O/F4}$**  – 75% olejku z pomarańczy ( $57,2 \text{ dm}^3$ ) + 25% flokulanta ZETAG® 9048FS ( $19,1 \text{ dm}^3/m^3$ ).

**Tabela 3.** Wyniki badań wpływu udziału olejku eterycznego z pomarańczy w mieszaninie z flokulantem ZETAG® 9048FS  $U_{O/F}$  [%] dla dawki  $C = 76,3 \text{ dm}^3/\text{m}^3$  na zawartość wody w osadzie  $W$  [%] i zawartość suchej masy w odcieku  $\beta$  [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ]

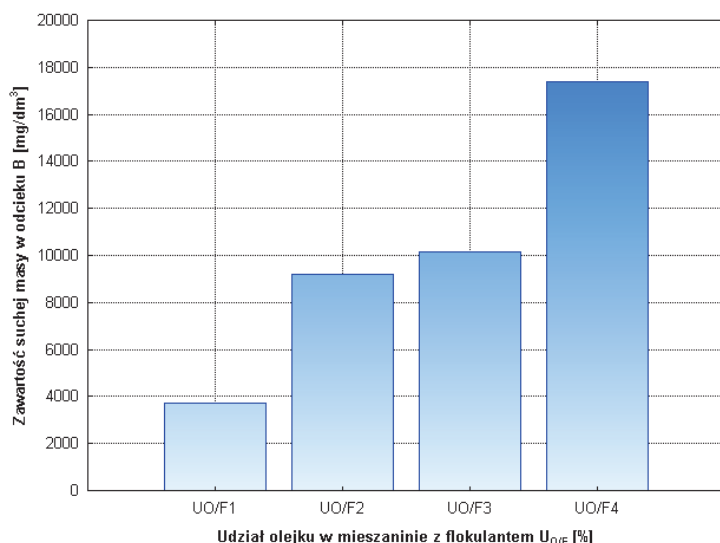
**Table 3.** Results of tests on influence of orange essential oil in mixture with ZETAG® 9048FS flocculant  $U_{O/F}$  [%] in dose  $C = 229 \text{ dm}^3/3 \text{ m}^3$  on water content in sediments  $W$  [%] and solids concentration in effluent  $\beta$  [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ]

Udział $U_{O/F}$ [%]	Zawartość wody w osadzie $W$ [%]	Zawartość suchej masy w odcieku $\beta$ [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ]
$U_{O/F1}$	80,07	3741,54
$U_{O/F2}$	81,14	9203,12
$U_{O/F3}$	81,62	10176,60
$U_{O/F4}$	82,27	17412,68



**Rys. 2.** Wpływ udziału olejku eterycznego z pomarańczy w mieszaninie z flokulantem ZETAG® 9048FS  $U_{O/F}$  [%] dla dawki  $C = 76,3 \text{ dm}^3/\text{m}^3$  na zawartość wody w osadzie  $W$  [%]

**Fig. 2.** Influence of orange essential oil in mixture with ZETAG® 9048FS flocculant  $U_{O/F}$  [%] in dose  $C = 229 \text{ dm}^3/3 \text{ m}^3$  on water content in sediments  $W$  [%]



**Rys. 3.** Wpływ udziału olejku eterycznego z pomarańczy w mieszaninie z flokulantem ZETAG® 9048FS  $U_{O/F}$  [%] dla dawki  $C = 76,3 \text{ dm}^3/\text{m}^3$  na zawartość suchej masy w odcieku  $\beta$  [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ]

**Rys. 3.** Influence of orange essential oil share in the mixture with ZETAG® 9048FS flocculant  $U_{O/F}$  [%] for dose  $C = 229 \text{ dm}^3/3 \text{ m}^3$  on solids concentration in effluent  $\beta$  [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ]

W tabelach 4 i 5 przedstawiono wyniki badań wpływu udziału olejku eterycznego z pomarańczy w mieszaninie z flokulantem ZETAG® 9048FS  $U_{O/F}$  [%] dla dawki  $C = 76,3 \text{ dm}^3/\text{m}^3$  na stężenie zapachu olejku w odwirowanym osadzie  $c_{od}$  [ $\text{ou}_E/\text{m}^3$ ].

Ogólnie stężenie nieprzyjemnego zapachu osadu ściekowego wynosi  $c_{od} = 11794 \text{ [ou}_E/\text{m}^3]$ .



**Tabela 4.** Dane do obliczania wyników pomiaru stężenia zapachowego (metoda tak/nie)  
**Table 4.** Data for calculation of result of odour concentration measurement (method yes/no)

Nr dawki	Nr próbki	Nr serii	Z <sub>tak1</sub>	Z <sub>tak2</sub>	Z <sub>tak3</sub>	Z <sub>tak4</sub>	Z <sub>ITE1</sub>	Z <sub>ITE2</sub>	Z <sub>ITE3</sub>	Z <sub>ITE4</sub>	$\bar{Z}_{ITE,pan}$	$\Delta Z_1$	$\Delta Z_2$	$\Delta Z_3$	$\Delta Z_4$
	1	1	16384	32768	32768	2048	23170	46341	46341	2896	11094	2,1	4,2	4,2	-3,8
		2	16384	16384	2048	16384	23170	23170	2896	23170		2,1	2,1	-3,8	2,1
		3	8192	8192	2048	4096	11585	11585	2896	5793		1,0	1,0	-3,8	-1,9
		4	16384	8192	4096	2048	23170	11585	5793	2896		2,1	1,0	-1,9	-3,8
U <sub>01F1</sub>	2	1	16384	16384	8192	4096	23170	23170	11585	5793	13193	1,8	1,8	-1,1	-2,3
		2	16384	8192	16384	8192	23170	11585	23170	11585		1,8	-1,1	1,8	-1,1
		3	8192	16384	16384	4096	11585	23170	23170	5793		-1,1	1,8	1,8	-2,3
		4	8192	8192	8192	4096	11585	11585	11585	5793		-1,1	-1,1	-1,1	-2,3
	3	1	4096	16384	16384	8192	5793	23170	23170	11585	11094	-1,9	2,1	2,1	1,0
		2	16384	16384	2048	4096	23170	23170	2896	5793		2,1	2,1	-3,8	-1,9
		3	8192	8192	8192	8192	11585	11585	11585	11585		1,0	1,0	1,0	1,0
		4	8192	16384	8192	2048	11585	23170	11585	2896		1,0	2,1	1,0	-3,8
	1	1	2048	4096	1024	2048	2896	5793	1448	2896	3298	-1,1	1,8	-2,3	-1,1
		2	2048	8192	512	2048	2896	11585	724	2896		-1,1	3,5	-4,6	-1,1
		3	4096	4096	1024	4096	5793	5793	1448	5793		1,8	1,8	-2,3	1,8
		4	4096	4096	1024	2048	5793	5793	1448	2896		1,8	1,8	-2,3	-1,1
U <sub>01F2</sub>	2	1	4096	8192	4096	4096	5793	11585	5793	5793	5312	1,1	2,2	1,1	1,1
		2	4096	8192	4096	4096	5793	11585	5793	5793		1,1	2,2	1,1	1,1
		3	4096	8192	1024	1024	5793	11585	1448	1448		1,1	2,2	-3,7	-3,7
		4	4096	8192	4096	1024	5793	11585	5793	1448		1,1	2,2	1,1	-3,7
	3	1	4096	4096	2048	2048	5793	5793	2896	2896	4277	1,4	1,4	-1,5	-1,5
		2	4096	4096	4096	2048	5793	5793	5793	2896		1,4	1,4	1,4	-1,5
		3	2048	8192	4096	2048	2896	11585	5793	2896		-1,5	2,7	1,4	-1,5
		4	4096	4096	1024	2048	5793	5793	1448	2896		1,4	1,4	-3,0	-1,5

**Tabela 4. cd.**  
**Table 4. cont.**

Nr dawki	Nr próbki	Nr serii	Z <sub>tak1</sub>	Z <sub>tak2</sub>	Z <sub>tak3</sub>	Z <sub>tak4</sub>	Z <sub>JTE1</sub>	Z <sub>JTE2</sub>	Z <sub>JTE3</sub>	Z <sub>JTE4</sub>	$\bar{Z}_{JTE,pan}$	$\Delta Z_1$	$\Delta Z_2$	$\Delta Z_3$	$\Delta Z_4$
	1	1	2048	4096	2048	2048	2896	5793	2896	2896	6049	-2,1	-1,0	-2,1	-2,1
		2	4096	16384	4096	2048	5793	23170	5793	2896		-1,0	3,8	-1,0	-2,1
		3	8192	16384	4096	1024	11585	23170	5793	1448		1,9	3,8	-1,0	-4,2
		4	8192	16384	4096	2048	11585	23170	5793	2896		1,9	3,8	-1,0	-2,1
U <sub>0/F3</sub>	2	1	4096	8192	1024	1024	5793	11585	1448	1448	4871	1,2	2,4	-3,4	-3,4
		2	4096	16384	2048	2048	5793	23170	2896	2896		1,2	4,8	-1,7	-1,7
		3	4096	4096	2048	2048	5793	5793	2896	2896		1,2	1,2	-1,7	-1,7
		4	2048	4096	4096	16384	2896	5793	5793	23170		-1,7	1,2	1,2	4,8
	3	1	2048	8192	2048	4096	2896	11585	2896	5793	4871	-1,7	2,4	-1,7	1,2
		2	2048	8192	2048	4096	2896	11585	2896	5793		-1,7	2,4	-1,7	1,2
		3	8192	8192	1024	4096	11585	11585	1448	5793		2,4	2,4	-3,4	1,2
		4	4096	8192	1024	8192	5793	11585	1448	11585		1,2	2,4	-3,4	2,4
	1	1	4096	8192	8192	8192	5793	11585	11585	11585	6597	-1,1	1,8	1,8	1,8
		2	2048	16384	2048	8192	2896	23170	2896	11585		-2,3	3,5	-2,3	1,8
		3	2048	8192	2048	4096	2896	11585	2896	5793		-2,3	1,8	-2,3	-1,1
		4	2048	8192	4096	4096	2896	11585	5793	5793		-2,3	1,8	-1,1	-1,1
U <sub>0/F4</sub>	2	1	1024	8192	2048	4096	1448	11585	2896	5793	5312	-3,7	2,2	-1,8	1,1
		2	4096	4096	2048	8192	5793	5793	2896	11585		1,1	1,1	-1,8	2,2
		3	2048	8192	2048	8192	2896	11585	2896	11585		-1,8	2,2	-1,8	2,2
		4	4096	16384	4096	1024	5793	23170	5793	1448		1,1	4,4	1,1	-3,7
	3	1	2048	8192	4096	2048	2896	11585	5793	2896	6889	-2,4	1,7	-1,2	-2,4
		2	4096	8192	8192	16384	5793	11585	11585	23170		-1,2	1,7	1,7	3,4
		3	2048	8192	4096	8192	2896	11585	5793	11585		-2,4	1,7	-1,2	1,7
		4	4096	8192	2048	4096	5793	11585	2896	5793		-1,2	1,7	-2,4	-1,2

$Z_{tak1}, Z_{tak2}, Z_{tak3}, Z_{tak4}$  – stopień rozcieńczenia na progu wyczuwalności 50% [-];  
 $Z_{ITE1}, Z_{ITE2}, Z_{ITE3}, Z_{ITE4}$  – ocena progu indywidualnego, wyrażona jako stopień rozcieńczenia [-];  $\bar{Z}_{ITE,pan}$  – średnia geometryczna ocen progu indywidualnego  $Z_{ITE}$  dla wszystkich uprawnionych członków zespołu po powtórnej weryfikacji [-];  
 $\Delta Z_1, \Delta Z_2, \Delta Z_3, \Delta Z_4$  – parametr weryfikacji zespołu [-]

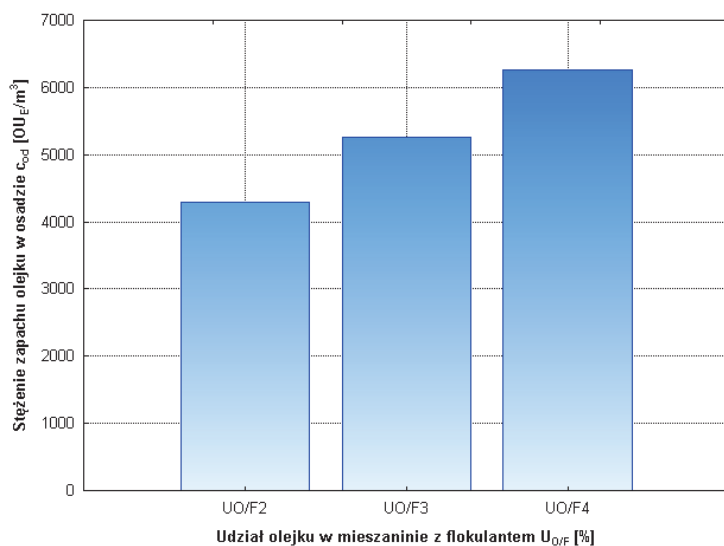
Na podstawie wartości stopnia rozcieńczenia do progu zespołowego  $\bar{Z}_{ITE,pan}$  wyznaczono stężenia zapachowe w badanych próbkach:

- Udział  $U_{O/F1}$ , próbka nr 1:  $\bar{Z}_{ITE,pan} = 11094$ ,  
 stąd  $c_{od} = 11094 \cdot 1 \text{ ou}_E/\text{m}^3 = 11094 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ ,
- Udział  $U_{O/F1}$ , próbka nr 2:  $\bar{Z}_{ITE,pan} = 13193$ ,  
 stąd  $c_{od} = 13193 \cdot 1 \text{ ou}_E/\text{m}^3 = 13193 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ ,
- Udział  $U_{O/F1}$ , próbka nr 3:  $\bar{Z}_{ITE,pan} = 11094$ ,  
 stąd  $c_{od} = 11094 \cdot 1 \text{ ou}_E/\text{m}^3 = 11094 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ ,
- Udział  $U_{O/F2}$ , próbka nr 1:  $\bar{Z}_{ITE,pan} = 3298$ ,  
 stąd  $c_{od} = 3298 \cdot 1 \text{ ou}_E/\text{m}^3 = 3298 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ ,
- Udział  $U_{O/F2}$ , próbka nr 2:  $\bar{Z}_{ITE,pan} = 5312$ ,  
 stąd  $c_{od} = 5312 \cdot 1 \text{ ou}_E/\text{m}^3 = 5312 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ ,
- Udział  $U_{O/F2}$ , próbka nr 3:  $\bar{Z}_{ITE,pan} = 4277$ ,  
 stąd  $c_{od} = 4277 \cdot 1 \text{ ou}_E/\text{m}^3 = 4277 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ ,
- Udział  $U_{O/F3}$ , próbka nr 1:  $\bar{Z}_{ITE,pan} = 6049$ ,  
 stąd  $c_{od} = 6049 \cdot 1 \text{ ou}_E/\text{m}^3 = 6049 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ ,
- Udział  $U_{O/F3}$ , próbka nr 2:  $\bar{Z}_{ITE,pan} = 4871$ ,  
 stąd  $c_{od} = 4871 \cdot 1 \text{ ou}_E/\text{m}^3 = 4871 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ ,
- Udział  $U_{O/F3}$ , próbka nr 3:  $\bar{Z}_{ITE,pan} = 4871$ ,  
 stąd  $c_{od} = 4871 \cdot 1 \text{ ou}_E/\text{m}^3 = 4871 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ ,
- Udział  $U_{O/F4}$ , próbka nr 1:  $\bar{Z}_{ITE,pan} = 6597$ ,  
 stąd  $c_{od} = 6597 \cdot 1 \text{ ou}_E/\text{m}^3 = 6597 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ ,
- Udział  $U_{O/F4}$ , próbka nr 2:  $\bar{Z}_{ITE,pan} = 5312$ ,  
 stąd  $c_{od} = 5312 \cdot 1 \text{ ou}_E/\text{m}^3 = 5312 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ ,
- Udział  $U_{O/F4}$ , próbka nr 3:  $\bar{Z}_{ITE,pan} = 6889$ ,  
 stąd  $c_{od} = 6889 \cdot 1 \text{ ou}_E/\text{m}^3 = 6889 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ .

**Tabela 5.** Wyniki badań wpływu udziału olejku eterycznego z pomarańczy w mieszaninie z flokulantem ZETAG® 9048FS  $U_{O/F}$  [%] dla dawki  $C = 76,3 \text{ dm}^3/\text{m}^3$  na stężenie zapachu olejku w osadzie  $c_{od}$  [ $\text{ou}_E/\text{m}^3$ ]

**Table 5.** Results of tests on influence of orange essential oil in mixture with ZETAG® 9048FS flocculant  $U_{O/F}$  [%] in dose  $C = 229 \text{ dm}^3/3 \text{ m}^3$  on odour concentration in sediments  $c_{od}$  [ $\text{ou}_E/\text{m}^3$ ]

Udział $U_{O/F}$ [%]	Wartość średnia stężenia zapachu olejku w osadzie $c_{od}$ [ $\text{ou}_E/\text{m}^3$ ]
$U_{O/F2}$	4296
$U_{O/F3}$	5264
$U_{O/F4}$	6266



**Rys. 4.** Wpływ udziału olejku eterycznego z pomarańczy w mieszaninie z flokulantem ZETAG® 9048FS  $U_{O/F}$  [%] dla dawki  $C = 76,3 \text{ dm}^3/\text{m}^3$  na stężenie zapachu olejku w osadzie  $c_{od}$  [ $\text{ou}_E/\text{m}^3$ ]

**Fig. 4.** Influence of orange essential oil share in mixture with ZETAG® 9048FS flocculant  $U_{O/F}$  [%] in dose  $C = 229 \text{ dm}^3/3 \text{ m}^3$  on odour concentration in sediments  $c_{od}$  [ $\text{ou}_E/\text{m}^3$ ]

W oczyszczalni ścieków w Tychowie badano zawartość wody w osadzie po procesie wirowania w zależności od udziału olejku eterycznego z pomarańczy w mieszaninie z flokulantem ZETAG® 9048FS dla

dawki  $C = 76,3 \text{ dm}^3/\text{m}^3$ , przy stałej prędkości wirowania 2400 obr/min. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 3 i na rysunku 2. Analiza wyników badań pozwala stwierdzić, że zwiększanie udziału olejku eterycznego z pomarańczy w mieszaninie z flokulantem ZETAG® 9048FS dla dawki  $C = 76,3 \text{ dm}^3/\text{m}^3$  powoduje wzrost zawartości wody w osadzie o 2,2%. Najniższą zawartość wody w osadzie uzyskano przy udziale  $U_{O/F1}$  (0% olejku z pomarańczy ( $0 \text{ dm}^3$ ) + 100% flokulanta ZETAG® 9048FS ( $76,3 \text{ dm}^3$ )), tj. 80,07%. Natomiast najwyższą zawartość wody w osadzie odnotowano przy udziale  $U_{O/F4}$  (75% olejku z pomarańczy ( $57,2 \text{ dm}^3$ ) + 25% flokulanta ZETAG® 9048FS ( $19,1 \text{ dm}^3$ )), tj. 82,27%. 25 % udział olejku eterycznego z pomarańczy w mieszaninie z flokulantem ZETAG® 9048FS dla dawki  $C = 76,3 \text{ dm}^3/\text{m}^3$  spowodował wzrost zawartości wody w osadzie o 1,07%. Wzrost zawartości wody można tłumaczyć tym, że olejek z pomarańczy ma gorsze właściwości flokulujące w porównaniu do flokulanta ZETAG® 9048FS, czyli nie łączy tak dobrze wszystkich drobnych cząstek koloidalnych zawiesiny w większe aglomeraty, które znacznie lepiej podlegają oddziaływaniu siły odśrodkowej, przyspieszając w ten sposób sedymentację.

Kolejnym parametrem wynikowym jaki badano po procesie odwadniania w zależności od udziału olejku eterycznego z pomarańczy w mieszaninie z flokulantem ZETAG® 9048FS dla dawki  $C = 76,3 \text{ dm}^3/\text{m}^3$ , przy stałej prędkości wirowania 2400 obr/min była zawartość suchej masy w odcieku. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 3 i na rysunku 3. Obserwacja wyników badań pozwala stwierdzić, że zwiększanie udziału olejku eterycznego z pomarańczy w mieszaninie z flokulantem ZETAG® 9048FS dla dawki  $C = 76,3 \text{ dm}^3/\text{m}^3$  powoduje również wzrost zawartości suchej masy w odcieku o  $13671,14 \text{ mg}/\text{dm}^3$ . Najniższą wartość zawartości suchej masy w odcieku uzyskano przy udziale  $U_{O/F1}$  (0% olejku z pomarańczy ( $0 \text{ dm}^3$ ) + 100% flokulanta ZETAG® 9048FS ( $76,3 \text{ dm}^3$ )), tj.  $3741,54 \text{ mg}/\text{dm}^3$ . Natomiast najwyższą wartość zawartości suchej masy w odcieku odnotowano przy udziale  $U_{O/F4}$  (75% olejku z pomarańczy ( $57,2 \text{ dm}^3$ ) + 25% flokulanta ZETAG® 9048FS ( $19,1 \text{ dm}^3$ )), tj.  $17412,68 \text{ mg}/\text{dm}^3$ . 25 % udział olejku eterycznego z pomarańczy w mieszaninie z flokulantem ZETAG® 9048FS dla dawki  $C = 76,3 \text{ dm}^3/\text{m}^3$  spowodował wzrost zawartości suchej masy w odcieku o  $5461,58 \text{ mg}/\text{dm}^3$ . Wzrost zawartości suchej masy w odcieku można tłumaczyć tym, że olejek w porównaniu do flokulanta nie łączy tak dobrze wszystkich drobnych cząstek koloidalnych zawiesiny w więk-

sze aglomeraty, które w ten sposób szybciej ulegają procesowi sedymentacji. Część drobnych cząstek osadu przenika do odcieku wraz z olejkami, ponieważ gęstość olejku jest mniejsza od gęstości wody i wypływa on na powierzchnię odcieku.

Ostatnim parametrem wynikowym jaki badano po procesie odwadniania w zależności od udziału olejku eterycznego z pomarańczy w mieszaninie z flokulantem ZETAG® 9048FS dla dawki  $C = 76,3 \text{ dm}^3/\text{m}^3$ , przy stałej prędkości wirowania 2400 obr/min było stężenie zapachu olejku eterycznego z pomarańczy w osadzie. Wyniki badań przedstawiono w tabelach 4, 5 i na rysunku 4. Analiza wyników badań pozwala stwierdzić, że zwiększanie udziału olejku eterycznego z pomarańczy w mieszaninie z flokulantem ZETAG® 9048FS dla dawki  $C = 76,3 \text{ dm}^3/\text{m}^3$  powoduje wzrost stężenia zapachu olejku w osadzie o  $1970 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ . Najniższą wartość stężenia zapachu olejku w osadzie uzyskano przy udziale  $U_{O/F2}$  (25% olejku z pomarańczy ( $19,1 \text{ dm}^3$ ) + 75% flokulanta ZETAG® 9048FS ( $57,2 \text{ dm}^3$ )), tj.  $4296 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ . Natomiast najwyższą wartość stężenia zapachu olejku w osadzie odnotowano przy udziale  $U_{O/F4}$  (75% olejku z pomarańczy ( $57,2 \text{ dm}^3$ ) + 25% flokulanta ZETAG® 9048FS ( $19,1 \text{ dm}^3$ )), tj.  $6266 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ . 25 % wzrost udziału olejku eterycznego z pomarańczy w mieszaninie z flokulantem ZETAG® 9048FS dla dawki  $C = 76,3 \text{ dm}^3/\text{m}^3$  spowodował wzrost stężenia zapachu olejku w osadzie o  $968 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ . Największy wzrost stężenia zapachu olejku w osadzie odnotowano przy udziale  $U_{O/F4}$  (75% olejku z pomarańczy ( $57,2 \text{ dm}^3$ ) + 25% flokulanta ZETAG® 9048FS ( $19,1 \text{ dm}^3$ )). Wzrost stężenia zapachu olejku w osadzie można tłumaczyć tym, że wraz ze zwiększaniem udziału olejku eterycznego z pomarańczy w mieszaninie z flokulantem ZETAG® 9048FS dla dawki  $C = 76,3 \text{ dm}^3/\text{m}^3$  zwiększa się jego objętość w odwodnionym osadzie, a tym samym wzrasta czas skutecznej neutralizacji nieprzyjemnych zapachów w odwirowanym osadzie.

### 3. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań i ich analizy można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Olejek eteryczny z pomarańczy stanowi skuteczny, dobry flokulant, który można stosować jako wspomaganie w procesie sedymentacji odśrodkowej.

2. Działanie olejku eterycznego z pomarańczy jest niewiele mniej skuteczne, a więc nieco gorsze dla jakości odwadniania osadów w wirówce dekantacyjnej niż flokulanta ZETAG® 9048FS.
3. Nieco gorsza jakość odwadniania osadu (nieco wyższa zawartość wody w osadzie) oraz wyższa zawartość suchej masy w odcieku, jak to stwierdzono w wyniku badań – jest od strony technologicznej do przyjęcia; osad utrzymuje nadal konsystencję transportabilną, a odciek jest zwracany do obiegu oczyszczalni.
4. W rezultacie przeprowadzonych badań mając na uwadze zarówno dobre jakościowo odwadnianie osadów z równoczesnym, częściowym, ale wyraźnym i odczuwalnym obniżeniem uciążliwości odorów wydzielających się z osadów, przyjmuje się i zaleca do aplikacji dawkowanie równoczesne obydwu odczynników, tj. flokulanta ZETAG® 9048FS 50% oraz olejku eterycznego z pomarańczy także 50% udziału objętościowego.
5. Dozowanie olejku eterycznego z pomarańczy ma tę ważną zaletę, że zmniejsza w pewnym stopniu ogromną uciążliwość zapachową odwodnionych osadów.
6. Oczywiście ewentualne zastosowanie olejku eterycznego zwiększy koszt zastosowania łącznie obydwu flokulantów, ale musimy się liczyć z tym, że ochrona środowiska, tu powietrza, po prostu kosztuje.
7. Celowe jest prowadzenie dalszych badań nad zastosowaniem olejków z innych roślin jako flokulantów w szeroko rozumianych procesach techniki wodno-mułowej, a także prowadzenia prac nad ekonomiczną produkcją olejków z odpadów z uwzględnieniem logistyki ich wydzielania na etapie selekcji odpadów, bądź też ich pozyskiwania z zakładów przetwórstwa owocowego.

## Literatura

1. **BASF** Karta charakterystyki flokulanta ZETAG® 9048FS (ID nr 304-80318/SDS\_GEN\_PL/PL).
2. **Brudniak A., Dębowski M., Zieliński M.:** *Określenie zapachowego oddziaływania wybranej oczyszczalni ścieków na tereny objęte opracowaniem planu zagospodarowania przestrzennego*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection). 15, 1759–1771 (2013).
3. **Czerwiński J., Ozonek J.:** *Elimination of odorous in off-gases from food production by means of ozone*. Chemical Engineering Transactions. 15, 177–182 (2008).

4. **Dymaczewski Z.:** *Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków*. Praca zbiorowa, Wydanie III. Wydawca Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Poznań 2011.
5. **Kośmider J., Krajewska B.:** *Determining Temporary Odour Concentration under Field Conditions – Comparison of Methods*. Polish Journal of Environmental Studies. 16(2), 215–225 (2007).
6. **Kośmider J., Mazur-Chrzanowska B., Wyszyński B.:** *Odory*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012.
7. **Kośmider J.:** *Uciążliwość zapachowa. Klasyfikacja terenów i źródeł emisji zanieczyszczeń powietrza*. Archiwum Ochrony Środowiska. 1–2, 31–41 (1994).
8. **Kowalczyk A., Piecuch T., Andriyevska L.:** *Zastosowanie olejku eterycznego z sosny do maskowania uciążliwych zapachów wydzielających się w procesie mechanicznego odwadniania komunalnych osadów ściekowych*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection). 15, 807–822 (2013).
9. **Kowalczyk A., Piecuch T.:** *Zastosowanie olejku eterycznego z pomarańczy do maskowania nieprzyjemnych zapachów powstających podczas odwadniania komunalnych osadów ściekowych*. Inżynieria Ekologiczna. 25, 124–134 (2011).
10. **Kulig A., Lelicińska-Serafin K., Podedworna J., Sinicyn G., Heidrich Z., Czyżkowski B.:** *Identyfikacja, inwentaryzacja i charakterystyka źródeł odorantów w gospodarce komunalnej w Polsce* [w:] **Szynkowska M., Zwoździak J.:** *Współczesna problematyka odorów*, 14–53. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2010.
11. **Kulig A.:** *Źródła i oddziaływanie odorantów emitowanych z obiektów gospodarki ściekowej*. Przegląd Komunalny. 11, Zeszyty Komunalne, 99–103 (2005).
12. **Ozonek J., Jahółkowski, Czerwiński J.:** *Ograniczenie uciążliwości zapachowej w zakładach utylizacji odpadów zwierzęcych*. Przemysł Chemiczny. 88(5), 544–547 (2009).
13. **Ozonek J., Szulżyk-Cieplak J., Czerwiński J.:** *Ograniczenie emisji odorów z wód popłucznych przemysłu cukrowniczego z wykorzystaniem zjawiska kawitacji hydrodynamicznej*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection). 11, 1054–1062 (2009).
14. PN-EN 13725:2007 „*Jakość powietrza. Oznaczanie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej*”.
15. **Sówka I.:** *Metody identyfikacji odorotwórczych gazów emitowanych z obiektów przemysłowych*. Monografie Nr 55. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2011.



16. Szklarczyk M., Zwoździak J., Sówka I.: *Przemysłowe źródła emisji zapachów* [w:] Szynkowska M., Zwoździak J.: *Współczesna problematyka odorów*. 54–85. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2010.
17. Szklarczyk M.: *Odory w oczyszczalniach ścieków*. *Wodociągi-Kanalizacja*. 10, 30–33 (2007).
18. Szynkowska M., Wojciechowska E., Węglińska A., Paryjczak T.: *Katalizatory stosowane w reakcji utleniania związków złownonych*. *Przemysł Chemiczny*. 87(8), 834–843 (2008).
19. Szynkowska M., Wojciechowska E., Węglińska A., Paryjczak T.: *Odory. Aktualny problem w ochronie środowiska*. *Przemysł Chemiczny*. 88(6), 712–720 (2009).
20. Świadcstwo badania olejku eterycznego z pomarańczy Nr 81/12.

## **Reduction of Odorous Noxiousness of Sewage Treatment Plant in Tychowo**

### **Abstract**

The most important aim of the study was to find the optimum conditions of the process of dewatering of sewage sludge using decanter centrifuge, and also reduce noxiousness of the centrifuge service, by applying orange essential oil as a partial substitute of flocculants.

The tests were performed at sewage treatment plant in Tychowo where dewatering process of sewage sludge is carried using decanter centrifuge ALFA LAVAL, type ALDEC with application of different proportions of orange essential oil mixed with ZETAG® 9048FS flocculant for dose  $C = 76.3 \text{ dm}^3/\text{m}^3$ . Water content in the sediment, dry matter content in effluent and concentration of orange essential oil odour in dewatered sediments were assessed.

Conducted tests proved that orange essentials oil is a efficient, good flocculant, which may be used as an addition do centrifugal sedimentation process. Addition of orange essential oil has a substantial advantage: it causes the decrease of odorous noxiousness of dewatered sediments.

The experiments were conducted on-site in the sewage treatment plant in the centrifuge station. Analysis of odorous noxiousness was conducted in the laboratory using samples collected on-site. Odorous noxiousness was assessed by determination of oudour concentration. Measurements were made using method of dynamic olfactometry according to standard PN-EN 13725:2007 [14] on four station olfactometer T08 (figure 1) equipped with all necessary apparatus. One measurement consisted of four series. Computer software colleted all the measurements results and calculated result of the measurement team ( $Z_{\text{ite, pan}}$ ) –geometric mean of all individual measurements. This value is at the

same time the concentration of odour in the sample ( $c_{od}$ ), expressed in european odorous units per cubic meter ( $ou_{IE}/m^3$ ) in accordance with PN-EN 13725:2007 [14].

As a result of conducted tests, taking into account good quality of dewatering of sludge with simultaneous, partial, but clear and noticeable reduction of noxious odours emitted from the sediments, both reagents are recommended for dosage that is ZETAG® 9048FS flocculant and orange essential oil, both 50% of the dose volume.

It is advisable to conduct further research on the use of essential oils from other plants as flocculants in the broadly defined processes of water and sludge technology, as well as conducting works on the economic production of essential oils from waste materials, also including the logistics of their separation at the selection of waste stage, or their acquisition from fruit processing plants.

**Słowa kluczowe:**

odory, zapach, olejki eteryczne, flokulant, osady ściekowe, odwadnianie

**Keywords:**

odours, scent, essential oils, flocculant, sewage sludge, dewatering