



## **Badania efektu oczyszczania ścieków produkcyjnych zawierających kleje organiczne w procesie koagulacji z zastosowaniem koagulantów PAX XL 19F i PIX 113**

*Barbara Juraszka, Aleksandra Sumara  
Politechnika Koszalińska*

### **1. Wstęp**

Celem niniejszej pracy były badania procesu koagulacji z zastosowaniem wybranych koagulantów (PAX XL 19F and PIX 113). Badania prowadzono na ściekach produkcyjnych pochodzących z firmy Drexim Sp. z o.o. w Nowych Bielicach koło Koszalina.

W tym zakresie, praca stanowi kontynuację badań prowadzonych w Katedrze Techniki Wodno-Mułowej i Utylizacji Odpadów Politechniki Koszalińskiej nad możliwością i skutecznością zastosowania innych koagulantów do oczyszczania ścieków przemysłowych pochodzących z produkcji drzwi i okien drewnianych. Wprowadzanie ścieków do kanalizacji zbiorczej spowodował konsekwencje w postaci zniszczenia kultury bakteryjnej lokalnej oczyszczalni ścieków w Niedalinie [27÷29, 31, 32]. Pod groźbą wypowiedzenia umowy o odbiorze i utylizacji ścieków zakład produkcyjny w Nowych Bielicach podjął kroki zmierzające ku polepszeniu wartości wskaźników zanieczyszczeń ścieków do kanalizacji.

## **2. Metodyka oznaczania wskaźników zanieczyszczeń**

W części badawczej niniejszej pracy wykorzystano wyniki badań uzyskane w Laboratorium Badań Wody i Ścieków w Przedsiębiorstwie Wodociągów i Kanalizacji sp. z o.o. w Szczecinku. W badaniach zastosowano metodyki oznaczeń zwalidowane i stosowane w w/w laboratorium w bieżącej pracy analitycznej. Niepewność pomiarów podana przy opisie metod jest niepewnością rozszerzoną przy prawdopodobieństwie  $p=95\%$  i współczynnikach rozszerzenia  $k = 2$ .

### **2.1. Oznaczanie biochemicznego zapotrzebowania tlenu po n dobach (BZTn) – metoda rozcieńczania z dodatkiem allilotiomocznika**

Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu po n dobach (BZTn) oznaczono, zgodnie z polską normą PN-EN 1899-1:1998 [23]. Wstępnie przygotowane do analizy próbki rozcieńczono w różnych stosunkach wodą do rozcieńczeń według zaleceń normy PN-EN 1899-1:2002 wzbogaconą w rozpuszczony tlen i zawierającą zaszczip mikroorganizmów tlenowych z wyeliminowaniem procesu nityfikacji. Jako wody zaszczipiającej użyto odstanych ścieków oczyszczonych z oczyszczalni ścieków w Szczecinku. Zużycie tlenu po 5 dobach w temperaturze  $20^{\circ}\text{C}$  w zaszczipionej wodzie do rozcieńczeń, jako wynik ślepej próbki, nie powinno przekraczać  $1,5 \text{ mg/dm}^3\text{O}_2$ . Inkubację próbek prowadzono w temperaturze  $20^{\circ}\text{C}$  w ciągu 5 dni w cieplarni laboratoryjnej ST 4, w butelkach szklanych całkowicie wypełnionych i zamkniętych z korkiem ściętym na szlif. Oznaczenie stężenia tlenu rozpuszczonego przed i po inkubacji wykonano za pomocą tlenomierza HQ40D Hach Lange z sondą tlenową chemiluminescencyjną LDO. Wyniki powyżej  $1000 \text{ mg/dm}^3\text{O}_2$ , zgodnie z PN-EN 1899-1:1998, należy podawać z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. W niniejszej pracy, w celu podkreślenia różnic między uzyskanymi wynikami dokładność wyników ograniczono do liczb całkowitych. Niepewność metody  $\pm 14\%$

### **2.2. Oznaczanie indeksu chemicznego zapotrzebowania tlenu (Sp-CHZT). Metoda zminiaturyzowana z zastosowaniem szczelnych probówek**

Chemiczne zapotrzebowanie tlenu (ChZT) oznaczono zgodnie z polską normą PN-ISO 15705:2005 [24]. Zakres w jakim wyniki oznaczania zbliżone są do wartości teoretycznej, zależy głównie od stopnia utleniania. Na wynik badania wpływają wszystkie obecne w próbce substancje redukujące lub utleniające.

Nie wszystkie związki organiczne ulegają utlenieniu podczas działania dichromianu(VI) potasu. Cukry, związki alifatyczne z bocznymi łańcuchami i podstawione związki aromatyczne łatwo zostają utlenione całkowicie. Natomiast benzen i jego homologi, pirydyna i inne związki heterocykliczne zawierające azot, mocznik, parafiny, nafteny i pozostałe związki trudno rozpuszczalne w wodzie, praktycznie nie ulegają utlenieniu w warunkach tej metody. W celu utlenienia prostołańcuchowych związków alifatycznych, wprowadzono dodatek siarczanu(VI) srebra jako katalizatora. W tych warunkach stopień utlenienia wielu testowych substancji osiąga 95÷98%. Utlenieniu ulega także część węglowa związków azotowych.

Zasada oznaczenia oparta jest na reakcji substancji ulegających utlenieniu z dichromianem (VI) potasu w środowisku kwasu siarkowego (VI), w obecności siarczanu (VI) srebra (II) jako katalizatora i pomiarze absorbancji pochodzącej od jonów  $\text{Cr}^{3+}$  dla stężeń powyżej  $150 \text{ mg/dm}^3$ . Metoda stosowana w pracowni oparta jest o metodę kuwetek zminiaturyzowanych (testów) firmy Hach Lange. Oznaczenia prowadzono za pomocą spektrofotometru DR 5000 Hach Lange. Mineralizację próbek przeprowadzono w termostacie HT 200 Hach Lange. Niepewność metody uwzględniająca wielokrotne rozcieńczenie próbek  $\pm 10\%$

### **2.3. Oznaczanie zawiesin. Metoda z zastosowaniem filtracji przez sączki z włókna szklanego**

Zawartość zawiesin oznaczono, zgodnie z polską normą PN-EN 872:2005 +Ap1:2007 [20], filtrując próbki przez sączki z włókna szklanego Millipore nr. kat APFCO4700. Zastosowano aparaturę do filtracji ciśnieniowej (pompka, kolba z bocznym tubusem, lejek filtracyjny z płytką spiekaną podtrzymującą sączek). Sączek suszono w temperaturze  $105\pm 20^\circ\text{C}$  w suszarce laboratoryjnej SLW 115, a masę zatrzymanej na nim pozostałości oznaczono wagowo na wadze analitycznej WAX 220 firmy Radwag. Niepewność metody  $\pm 15\%$ .

### **2.4. Oznaczanie azotu ogólnego**

Do oznaczenia zawartości azotu ogólnego w badanych próbkach zastosowano procedurę opracowaną na potrzeby laboratorium, na podstawie metody producenckiej Hach Lange LCK 338 [26]. Zasada oznaczenia oparta jest na reakcji utlenienia azotu zawartego w związkach

organicznych i nieorganicznych do azotanów, a następnie na reakcji azotanów z 2,6-dimetylofenolem w roztworze kwasu siarkowego i fosforowego w wyniku której powstaje nitrofenol. Próbki oznaczono spektrofotometrycznie przy długości fali  $\lambda=385\text{nm}$ . Oznaczenia prowadzono za pomocą spektrofotometru DR 5000 Hach Lange. Mineralizację próbek przeprowadzono w termostacie HT 200 Hach Lange. Niepewność metody uwzględniająca wielokrotne rozcieńczenie próbek  $\pm 10\%$

### **2.5. Oznaczanie fosforu ogólnego**

Do oznaczenia zawartości fosforu ogólnego w badanych próbkach zastosowano procedurę opracowaną na potrzeby laboratorium, na podstawie metody producenckiej Hach Lange LCK 350 [25]. Zasada oznaczenia oparta jest na reakcji: jonów fosforanowych w kwaśnym roztworze z jonami molibdenianowymi i antymonowymi, tworząc kompleks antymonylofosforomolibdenianowy, redukowany przez kwas askorbinyowy do błękitu fosforomolibdenowego. Oznaczenia prowadzono za pomocą spektrofotometru DR 5000 Hach Lange przy długości fali  $\lambda=850\text{nm}$ . Mineralizację próbek przeprowadzono w termostacie HT 200 Hach Lange. Niepewność metody uwzględniająca wielokrotne rozcieńczenie próbek  $\pm 10\%$

### **2.6. Oznaczanie aldehydu mrówkowego (formaldehydu)**

Do oznaczenia zawartości aldehydu mrówkowego w badanych próbkach zastosowano metodykę producenta testów kuwetowych LCK 325 – Hach Lange. Zasada oznaczenia oparta jest na reakcji formaldehydu w roztworze wodnym z jonami amonowymi i acetyloacetonem w wyniku czego powstaje tworząc kompleks o żółtym zabarwieniu. Oznaczenia prowadzono za pomocą spektrofotometru DR 5000 Hach Lange przy długości fali  $\lambda=412\text{nm}$ . Niepewność metody uwzględniająca wielokrotne rozcieńczenie próbek  $\pm 10\%$

### **2.7. Oznaczanie pH**

Do oznaczenia odczynu próbek zastosowano pomiar pH zgodnie z polską normą PN-C-04540-01:1990 [21]. Oznaczenia prowadzono za pomocą pH-metru wchodzącego w skład przyrządu CPC 551 marki Elmetron z elektrodą szklaną ERH-11. Urządzenie posiada wbudowany czujnik temperatury. Niepewność metody  $\pm 4\%$

## **2.8. Oznaczanie suchej pozostałości i zawartości wody**

Zawartość wody i suchą pozostałość oznaczono zgodnie z polską normą PN-EN 12880:2004 [22].

## **2.9. Charakterystyka ścieków surowych użytych do badań**

Do badań własnych posłużyły ścieki produkcyjne zawierające kleje organiczne [30, 34] z zakładu Drewexim sp. z o.o. w Koszalinie. Ścieki do badań pobierane były ze zbiornika uśredniającego ścieki produkcyjne. Próby pobierano dwukrotnie, w odstępach jednego miesiąca, do dwóch pojemników 20 litrowych. Charakterystykę ścieków surowych przedstawiono w tabeli 1. Wyniki przedstawione w tabeli oceniono wg kryterium błędów grubych z zastosowaniem statystycznego testu Dixona.

Analiza wyników zawartych w tabeli 1 wskazuje, że ścieki posiadają typową charakterystykę dla tej branży [3÷5, 15, 16, 19, 33, 35]. Ścieki są mało podatne na oczyszczanie biologiczne, o czym świadczy wysoka wartość stosunku ChZT/BZT<sub>5</sub>, mętne, białe, mają zdolność do tworzenia piany i osadów [7÷11] (fot. 1).



**Fot. 1.** Ścieki surowe użyte do badań  
**Phot. 1.** Wastewater used in research

**Tabela 1.** Charakterystyka poprodukcyjnych ścieków surowych użytych do badań własnych  
**Table 1.** Characteristics of post-production raw wastewater used for research

Lp.	Parametr	Jednostka	Stężenie zanieczyszczeń w ściekach surowych użytych do procesu koagulacji									
			Data pobrania, numer pojemnika i numer kolejny próbki:									
			11-12-2009		15-01-2010		15-01-2010		15-01-2010			
			Pojemnik 1			Pojemnik 2				Pojemnik 2 i 3		
			I	II	III	IV	V	VI	VII			
1	Odczyn pH	pH	7,00	7,00	7,00	6,80	6,78	7,20	7,20			
2	ChZT <sub>c</sub>	mg/dm <sup>3</sup>	41200	39900	37900	39300	39200	23200	23000			
3	BZT <sub>s</sub>	mg/dm <sup>3</sup>	2400	2500	2300	2400	2300	3940	4050			
-	ChZT/BZT <sub>s</sub>	-	17,17	16,0	16,5	16,4	17,0	5,9	5,7			
4	Fosfor ogólny	mg/dm <sup>3</sup>	27,1	33,7	26,0	20,9	20,8	22,7	21,5			
5	Azot ogólny	mg/dm <sup>3</sup>	85,5	88,9	87,4	312	312	111	137			
6	Zawiesina ogólna	mg/dm <sup>3</sup>	19000	19680	19640	23600	22370	11475	11200			
7	Sucha pozostałość	mg/dm <sup>3</sup>	21050	24190	20960	21840	21850	12330	12400			
8	Formaldehyd	mg/dm <sup>3</sup>	61,4	58,6	56,3	64,3	64,1	34,0	33,0			

## 2.10 Dobór koagulanta

W pierwszym etapie badań własnych, w celu wybrania odpowiedniego koagulanta przeprowadzono próby z różnymi preparatami chemicznymi dostępnymi w handlu udostępnionymi przez firmę Kemipol sp. z o.o. Ścieki, po dodaniu wybranego preparatu poddawano intensywnemu mieszaniu przez 10 sekund a następnie łagodnemu mieszaniu przez 10 min stosując mieszadło łopatkowe. Po 1 godzinie sedymentacji grawitacyjnej, dokonano wizualnej oceny porównawczej próbek. Wyniki obrazuje tabela 2.

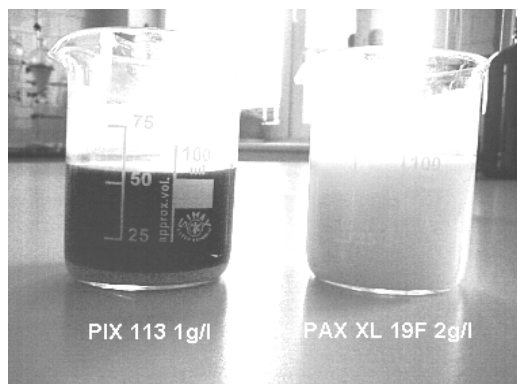
**Tabela 2.** Skuteczność koagulacji ścieków poprodukcyjnych po zastosowaniu różnych koagulantów firmy Kemipol sp. z o.o.

**Table 2.** Effectiveness of coagulation treatment of post-production wastewater after application of different coagulants by Kemipol Ltd.

Koagulant	Nazwa chemiczna	Dawka [g/dm <sup>3</sup> ]	ocena wizualna	Uwagi
PIX 113	siarczan VI żelaza III: Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·nH <sub>2</sub> O	0,75	–	brak zmian
PIX 113	siarczan VI żelaza III: Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·nH <sub>2</sub> O	1,50	+	bardzo drobne zawiesiny
PIX 113	siarczan VI żelaza III: Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·nH <sub>2</sub> O	3,00	++	drobne zawiesiny średnio się sprawdził na ściekach z dnia 11.12.09, na ściekach z dnia 15.01.10 dużo lepszy efekt
PAX XL 19F (1908)	pentahydroksychlorek diglinu Al <sub>2</sub> (OH) <sub>5</sub> Cl·3H <sub>2</sub> O	1,22	++++	zawiesiny dobrze rozwinięte bardzo dobrze się sprawdził na ściekach z dnia 11.12.09, na ściekach z dnia 15.01.10 nie zadziałał.
Laguna	chlorek poliglinu modyfikowany	1,30	–	brak zmian
PAX XL 69	chlorek poliglinu modyfikowany SiO <sub>2</sub>	1,30	–	brak zmian
AlCl <sub>3</sub>	chlorek glinu	1,30	–	brak zmian

W pierwszej próbie najlepsze wyniki w ocenie wizualnej, uzyskano dla koagulanta: PAX XL 19F (pentahydroksychlorek diglinu Al<sub>2</sub>(OH)<sub>5</sub>Cl·3H<sub>2</sub>O), dla którego przeprowadzono badania nad doborem optymalnej dawki.

Dla drugiej porcji ścieków pobranych po miesiącu, koagulant okazał się nieskuteczny i przeprowadzono ponowną analizę dla kolejnego koagulanta: PIX 113 (wodny roztwór siarczanu VI żelaza III:  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ).



**Fot. 2.** Porównanie próbek poddanych działaniu dwóch badanych koagulantów  
**Phot. 2.** Comparison of samples treated with two coagulants

### 3. Wyniki i dyskusja

#### 3.1. Koagulant PAX XL 19F

PAX XL 19F to handlowa nazwa modyfikowanego pentahydroksylchlorku diglinu  $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Koagulant dostarczany jest w postaci lekko mętnego roztworu o szarym zabarwieniu, o następującym składzie chemicznym (według danych producenta – firmy Kemipol sp. z o.o.):

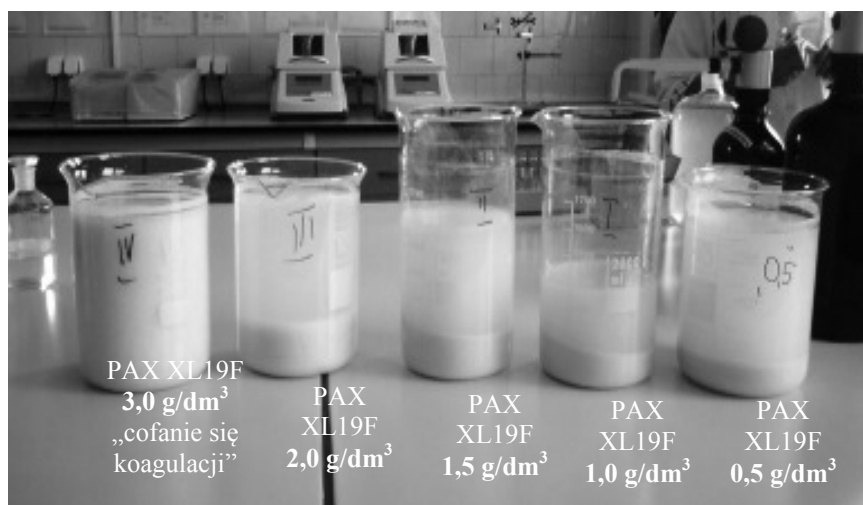
- $\text{Al}_2\text{O}_3$  16,0±0,9%,
- $\text{Al}^{3+}$  8,5±0,3%,
- Chlorki ( $\text{Cl}^-$ ) 5,5±0,5%,
- Zasadowość 85,0±5%,
- pH 4,0±0,5%,
- Gęstość 1220±20  $\text{kg/m}^3$  (20°C),
- Lepkość 20 m Pa·s (20°C).

W badaniach wpływu dawki koagulanta na jakość cieczy nadosadowej, jako parametr niezależny zmienny przyjęto dawkę odczynnika ( $x_1$ ), która wynosiła: 0,0; 0,5; 1,0; 1,5 i 2,0  $\text{g/dm}^3$ . Badania własne pro-



wadzono, dozując koagulant do dawki  $3,0 \text{ g/dm}^3$ . Dla tej dawki uzyskano ponowne pogorszenie wyników większości badanych parametrów. Zjawisko to opisała Anielak [1] jako zjawisko „cofania” się procesu koagulacji wywołane zmianą ładunku warstwy Sterna, w której nadmiarowo zaadsorbowane jony  $\text{Al}^{3+}$  w stosunku do ładunku powierzchniowego koagulowanych cząstek, powodują powstawanie dodatniego potencjału elektrokinetycznego i wzrost stabilności układu dyspersyjnego. Zjawisko widoczne jest w próbce oznaczonej nr IV na fotografii 3.

Jako parametry wynikowe w procesie koagulacji i sedymentacji grawitacyjnej przyjęto: pH, zagęszczenie, zawiesinę ogólną, ChZT, BZT<sub>5</sub>, azot ogólny, fosfor ogólny, formaldehyd. Badania prowadzono w pomieszczeniu klimatyzowanym przy stałej temperaturze  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  po stałym czasie sedymentacji 2h.



**Fot. 3.** Próbkę po koagulacji PAX XL 19F po dwóch godzinach sedymentacji grawitacyjnej

**Phot. 3.** Samples after coagulation with PAX XL 19F after two hours of gravitational sedimentation

Koagulant dodawano kolejno do zlewek o pojemności  $2 \text{ dm}^3$ , w odpowiednich obliczonych dawkach, zapewniając intensywne mieszanie przez 10 sekund, następnie łagodne mieszanie przez 10 minut. Proces sedymentacji grawitacyjnej przeprowadzono przez dwie godziny. Zdekantowaną ciecz nadosadową poddano analizom.

**Tabela 3.** Wyniki badań wpływu dawki koagulantu PAX XL19F na zmianę wartości wskaźników zanieczyszczeń w cieczy nadosadowej

**Table 3.** Impact of coagulant dose PAX XL19F on change of values of pollutants in wastewater after sedimentation

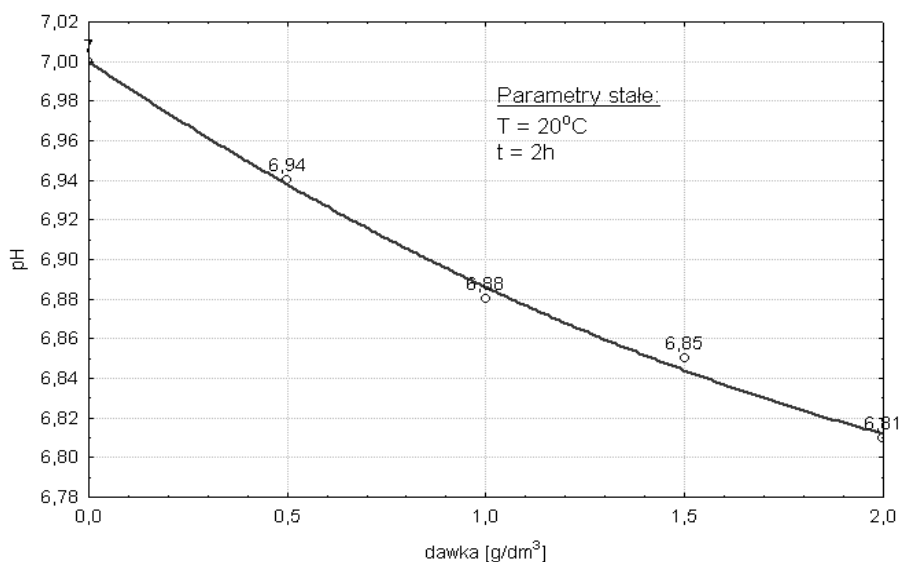
Parametr	Jedn.	Dawka [g/dm <sup>3</sup> ]:						Niepewność rozszerzona metody badawczej p=95% i k=2
		0 próbka 0	0,5 próbka 0,5	1,0 próbka I	1,5 próbka II	2,0 próbka III		
		wynik	Średnia*	Średnia*	Średnia*	Średnia*	Średnia*	
Odczyn	pH	7,00	6,94	6,88	6,85	6,81	±4%	
ChZT	mg/dm <sup>3</sup>	37400	5265	5783	5055	4405	±10%	
Fosfor ogólny	mg/dm <sup>3</sup>	28,9	13,2	12,3	11,8	10,9	±10%	
Azot ogólny	mg/dm <sup>3</sup>	87,3	101	24,4	40,5	86,2	±10%	
Formaldehyd	mg/dm <sup>3</sup>	58,8	3,0	2,57	1,6	0,7	±10%	
Zawiesina ogólna	mg/dm <sup>3</sup>	19000	465	470	467	410	±15%	
BZT <sub>5</sub>	mg/dm <sup>3</sup>	2400	1305	1278	1269	1200	±14%	
Sucha pozostałość	mg/dm <sup>3</sup>	22000	2493	2300	2277	2110	±15%	

\*Wartość średnia jest średnią arytmetyczną z 3 pomiarów.

Ogólnie zadowolające wyniki uzyskano już dla dawki  $0,5 \text{ g/dm}^3$  ścieków, co obrazuje tabela 3. Wyniki uzyskane dla próbki IV umieszczono pod tabelą i nie analizowano ich pod kontem doboru właściwej dawki koagulanta – potwierdzają one jedynie, że dawka koagulanta  $3,0 \text{ g/dm}^3$  jest zbyt wysoka.

**Wyniki dla próby IV** (dawka flokulanta:  $3,0 \text{ g/dm}^3$ ):  $\text{pH} = 6,64$ ,  $\text{ChZT} = 18\,100 \text{ mg/dm}^3$ ,  $\text{Pog.} = 18,0 \text{ mg/dm}^3$ ,  $\text{Nog.} = 87,9 \text{ mg/dm}^3$ ,  $\text{Formaldehyd} = 25,7 \text{ mg/dm}^3$ ,  $\text{Zaw. og.} = 9\,580 \text{ mg/dm}^3$ ,  $\text{BZT}_5 = 2\,300 \text{ mg/dm}^3$ ,  $\text{Sucha pozostałość} = 13\,340 \text{ mg/dm}^3$ .

Wyniki badań wpływu zmian dawki PAX XL19F na wartość pH przedstawiono w tabeli 3 i zobrazowano na wykresie (rys. 1).



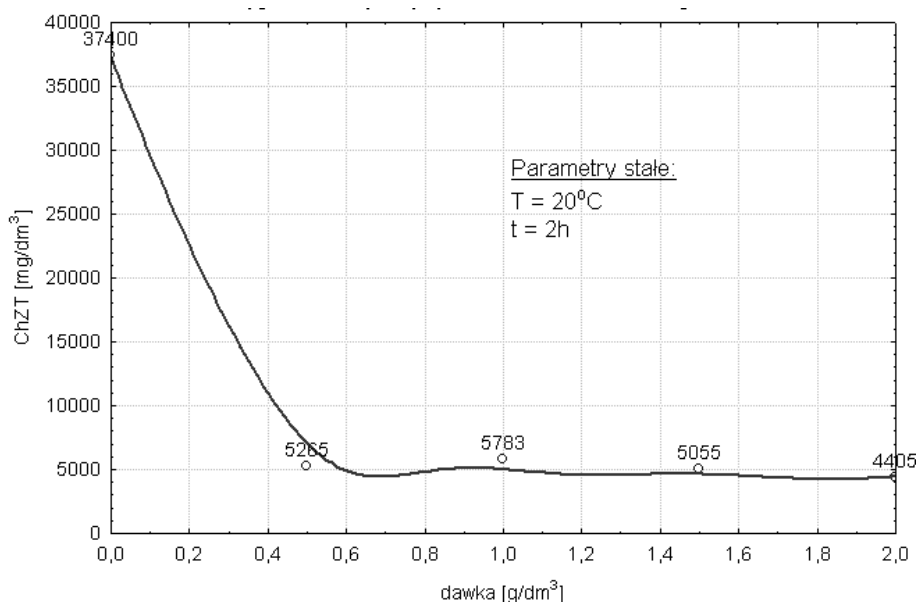
**Rys. 1.** Wykres wpływu zmian dawki koagulanta glinowego PAX XL19F na zmianę wartości wskaźnika pH w cieczy nadosadowej

**Fig. 1.** Changes in the dose of aluminum coagulant PAX XL19F vs. change of pH of the wastewater after sedimentation

Analiza powyższych wyników wskazuje, że przy zmianie dawki koagulanta PAX XL19F od  $0,00$  do  $2,0 \text{ g/dm}^3$  wartość pH maleje w sposób nieznaczny od  $7,00$  do  $6,81$  i nie wymaga prowadzenia korekty pH. Według danych producenta optymalny zakres pH dla procesu koagulacji wynosi  $\text{pH } 6,0 \div 8,5$ .

### Chemiczne zapotrzebowanie tlenu (ChZT) i biochemiczne zapotrzebowanie na tlen (BZT<sub>5</sub>)

W tabeli 3 przedstawiono wyniki badań wpływu zmian dawki PAX XL19F na wartość ChZT i BZT<sub>5</sub> w cieczy nadosadowej. Graficzne przedstawienie wyników prześledzić można na rysunkach: 2 i 3.



**Rys. 2.** Wykres wpływu zmian dawki koagulanta PAX XL19F na zmianę wartości ChZT w cieczy nadosadowej

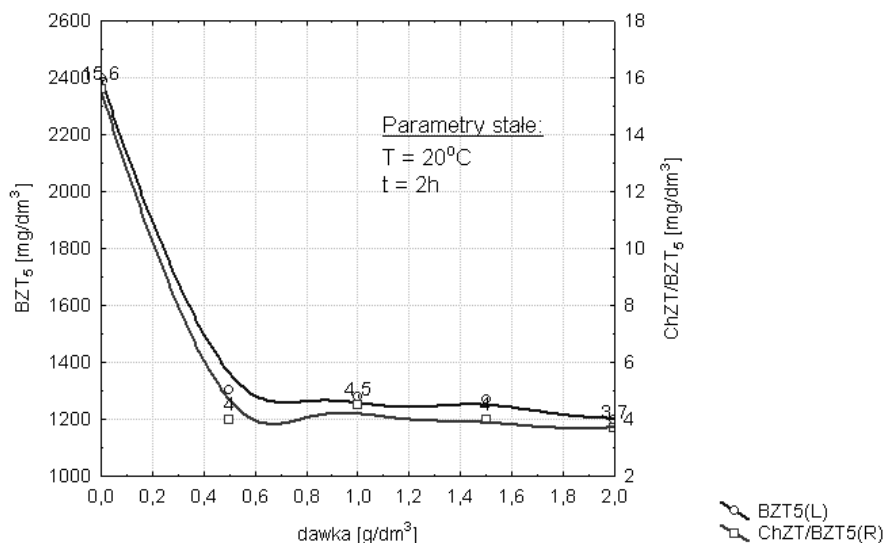
**Fig. 2.** Changes in the dose of aluminum coagulant PAX XL19F vs. change of COD in wastewater after sedimentation

Wyniki badań wpływu zmiany dawki koagulanta glinowego na wartość ChZT w cieczy nadosadowej wskazują, że już przy najniższej zastosowanej dawce koagulanta (0,5 g/dm<sup>3</sup>) zaobserwować można ponad 7-krotny spadek wartości ChZT w cieczy nadosadowej. Zwiększanie dawki powoduje dalszy spadek zawartości ChZT, jednak jest on już nieznaczny.

Z punktu widzenia opłacalności procesu zwiększanie dawki koagulanta ponad 0,5 g/dm<sup>3</sup> jest niezasadne. Wraz ze znacznym obniżeniem stężenia ChZT następuje obniżenie wartości BZT<sub>5</sub> o 57,3% z jednoczesną poprawą podatności ścieków na biologiczne oczyszczanie, wyrażone współczynnikiem ChZT/BZT<sub>5</sub>. Jest to istotne, w przypadku gdy proces

koagulacji stanowić ma wstępny etap oczyszczania ścieków przed oczyszczaniem biologicznym.

Można przypuszczać, że zwiększanie dawki koagulantu, wraz z obniżeniem w cieczy nadosadowej zawartości substancji działających hamująco na przebieg procesów biologicznych (formaldehydu), powoduje spadek proporcji ChZT/BZT<sub>5</sub>. Zmiany te przedstawiono na rys. 3.



**Rys. 3.** Wykres wpływu zmian dawki koagulantu PAX XL19F na zmianę wartości BZT<sub>5</sub> oraz stosunku ChZT/BZT<sub>5</sub> w cieczy nadosadowej

**Fig. 3.** Changes in the dose of aluminum coagulant PAX XL19F vs. change of BOD and COD/BOD ratio in wastewater after sedimentation

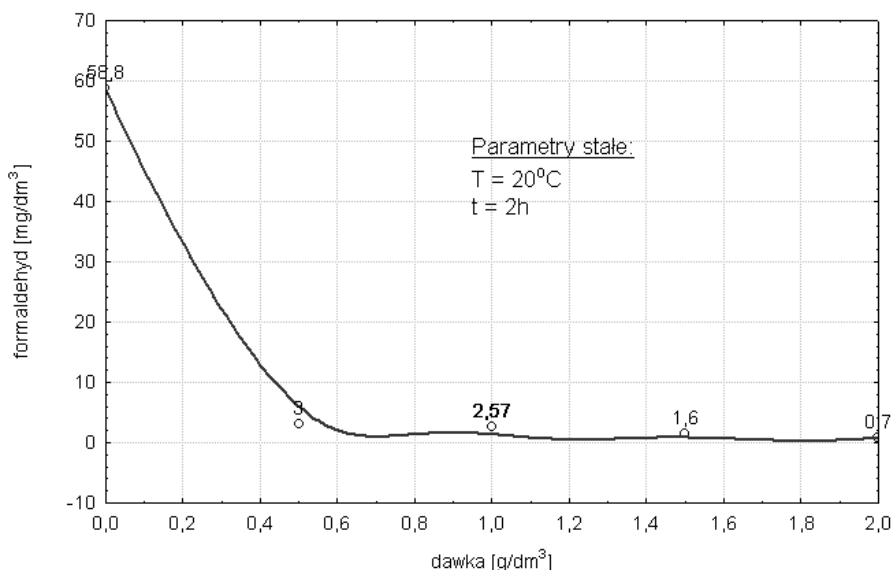
### Formaldehyd (aldehyd mrówkowy)

W tabeli 3 zestawiono wyniki badań wpływu zmian dawki PAX XL19F na zawartość aldehydu mrówkowego w cieczy nadosadowej, a na rysunku 4 wyniki te przedstawiono w sposób graficzny.

Analizując wyniki badań wpływu zmiany dawki koagulantu glinowego na zawartość aldehydu mrówkowego w cieczy nadosadowej można zauważyć, że dodatek koagulantu ma korzystny wpływ na usuwanie aldehydu mrówkowego ze ścieków.

Dla badanego koagulantu optymalna dawka ustalona doświadczalnie, przy której następuje największy spadek zawartości aldehydu mrów-

kowego wynosi  $0,5\text{g/dm}^3$ , podobnie jak dla zawiesiny ogólnej i suchej pozostałości. Ocenia się, że podczas procesu koagulacji i sedymentacji cząsteczki aldehydu mrówkowego usuwane są wraz z zawiesiną.

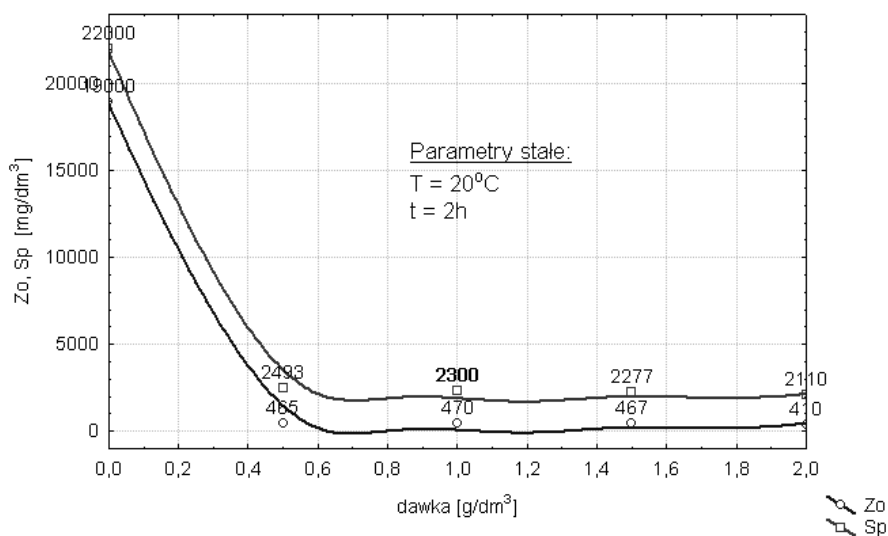


**Rys. 4.** Wykres wpływu zmian dawki koagulantu PAX XL19F na zmianę zawartości formaldehydu w cieczy nadosadowej

**Fig. 4.** Changes in the dose of aluminum coagulant PAX XL19F vs. change of formaldehyde concentration in wastewater after sedimentation

### Zawiesina ogólna i sucha pozostałość

Wyniki badań wpływu zmiany dawki koagulantu PAX XL19F na zawartość zawiesin i suchej pozostałości w cieczy nadosadowej, zawarte w tabeli 3 i przedstawione na wykresie (rysunek 5) wskazują, że już przy zastosowaniu najniższej badanej dawki koagulantu ( $0,5\text{ g/dm}^3$ ) po dwugodzinnym czasie sedymentacji grawitacyjnej następuje 89,7% redukcja suchej pozostałości i 97,5% redukcja zawiesiny ogólnej. Z teorii procesu koagulacji można wywnioskować, że w roztworze, pod wpływem wprowadzonych jonów glinu następuje destabilizacja zawieszonych cząstek w ściekach i ich sedymentacja. Tworzące się flokuły stanowią adsorpcyjną powierzchnię dla substancji rozpuszczonych w ściekach, które ulegają współstrąceniu.



**Rys. 5.** Wykres wpływu zmian dawki koagulanta PAX XL19F na zmianę zawartości zawiesiny ogólnej i suchej pozostałości w cieczy nadosadowej

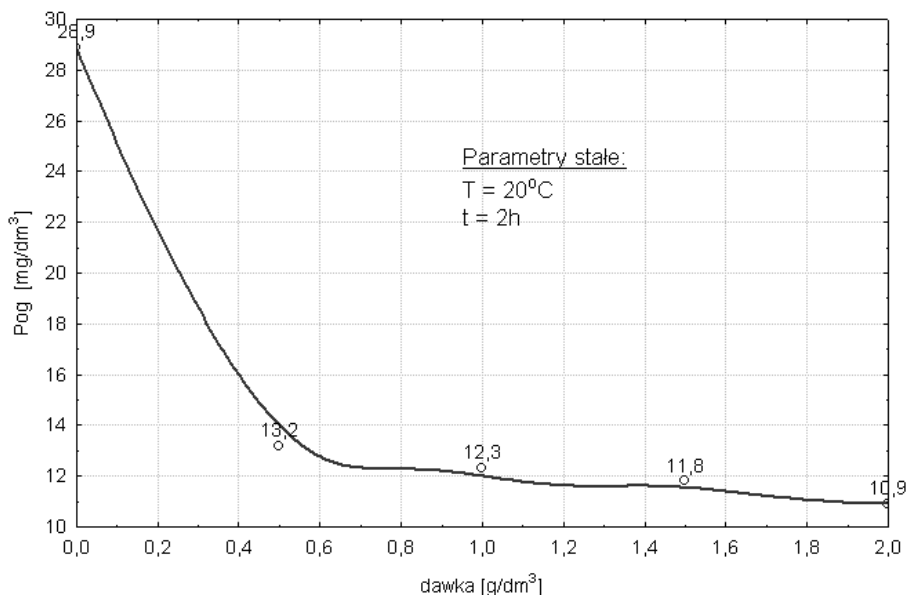
**Fig. 5.** Changes in the dose of aluminum coagulant PAX XL19F vs. change of total suspension and dry residue content in wastewater after sedimentation

### Fosfor ogólny

Związki fosforu w ściekach mogą występować zarówno jako koloidy jak i w postaci rozpuszczonej. W badanej próbce ścieków surowych stężenie fosforu ogólnego wynosiło  $28,9 \text{ mg/dm}^3$ . Po przeprowadzeniu procesu koagulacji za pomocą PAX XL19F już przy dawce  $0,5 \text{ g/dm}^3$  zawartość fosforu ogólnego w badanej próbce spadła do  $13,2 \text{ mg/dm}^3$  i malała wraz ze wzrostem dawki koagulanta.

Związki fosforu występujące w ściekach w układach koloidalnych usuwane są w procesie koagulacji objętościowej z wyróżnieniem faz destabilizacji cząstek i koagulacji. Fosfor, który występuje w formie rozpuszczonej podlega strąceniu chemicznemu. W procesie chemicznego strącania rozpuszczalne nieorganiczne formy fosforu zawarte w ściekach przekształcane są w trudno rozpuszczalne osady fosforanów metali. Równocześnie powstają wodorotlenki metali, które wytrącają się. W wyniku tego procesu powstają kłaczkki, które wiążą strącone fosforany metali i inne substancje zawieszane w ściekach, w tym również fosfor związany organicznie.

Na rysunku 6 przedstawiono wyniki usuwania fosforu ogólnego w zależności od dawki koagulanta.



**Rys. 6.** Wykres wpływu zmian dawki koagulanta PAX XL19F na zmianę stężenia fosforu ogólnego w cieczy nadosadowej

**Fig. 6.** Changes in the dose of aluminum coagulant PAX XL19F vs. change of total phosphorus concentration in wastewater after sedimentation

### Azot ogólny

Podczas badań własnych nad wpływem dawki koagulanta na zawartość związków azotu wyrażonych jako azot ogólny (wszystkie formy azotu) nie znaleziono wyraźnej zależności pomiędzy dawką koagulanta a zawartością azotu ogólnego w cieczy nadosadowej po koagulacji, ani też pomiędzy zmianą pH pod wpływem dawki koagulanta a zawartością azotu ogólnego.

Wyniki obserwacji skuteczności usuwania koloidalnych związków azotu organicznego ze ścieków za pomocą koagulantów, w tym PAX XL 1905 (koagulant o bardzo podobnym składzie do PAX XL 19F) opisali Pepliński i Lidzbarski w artykule „Chemiczne wspomaganie usuwania koloidalnych związków węgla i azotu organicznego ze ścieków za pomocą koagulantu glinowego PAX XL 1905 w oczyszczalni w Tcze-



wie” [17]. Autorzy również nie uzyskali jednoznacznych wyników dotyczących skuteczności zastosowania koagulantu do usuwania związków azotu. We wnioskach z prowadzonych obserwacji i badań czytamy między innymi „*Analizując efektywność koagulacji stwierdzono, że reagent chemiczny PAX XL 1905 przy spadku dawki poniżej 70 g/m<sup>3</sup> był nieskuteczny w usuwaniu koloidalnego azotu organicznego w pełnej skali technicznej. Natomiast obniżenie dawki koagulantu nie spowodowało pogorszenia usuwania ze ścieków zanieczyszczeń organicznych określonych parametrem ChZT. Należy wnioskować, że koloidalny azot organiczny okazał się trudniejszym zanieczyszczeniem do wyeliminowania ze ścieków niż substancje organiczne*”.

### **3.2. Koagulant PIX 113**

Dla drugiej porcji ścieków pobranych po miesiącu koagulant PAX XL 19F okazał się nieskuteczny i przeprowadzono ponowną analizę dla kolejnego koagulantu: PIX 113 (wodny roztwór siarczanu VI żelaza III:  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ).

PIX 113 to handlowa nazwa wodnego roztwór siarczanu (VI) żelaza (III). ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) Koagulant dostarczany jest w postaci ciemnobrązowego roztworu, o następującym składzie chemicznym (według danych producenta – firmy Kemipol sp. z o.o.):

Żelazo ogólne (Fe)	11,8±0,4%,
Żelazo ( $\text{Fe}^{2+}$ )	0,4±0,3%,
Wolny kwas	5,0÷0,0%,
pH	<1,0,
Gęstość	1500÷1570 (20°C),
Lepkość	60 m Pa·s (20°C).

W badaniach wpływu dawki koagulantu na jakość ścieków poddawanych koagulacji jako parametr niezależny zmienny przyjęto dawkę odczynnika, która wynosiła: 0,0; 1,0; 1,5; 2,0 i 2,5 g/dm<sup>3</sup>. Podczas prowadzenia badań procesu koagulacji z siarczanem żelaza dodawano 0,2 g/dm<sup>3</sup> NaOH, w celu korekty odczynu pH w granicach 5,0÷7,0.

Jako parametr wynikowy w procesie koagulacji i sedymentacji grawitacyjnej przyjęto suchą pozostałość. Na podstawie charakterystyki wykresu zależności suchej pozostałości w cieczy nadosadowej od dawki koagulantu PIX 113 ustalono optymalną dawkę koagulantu, dla której

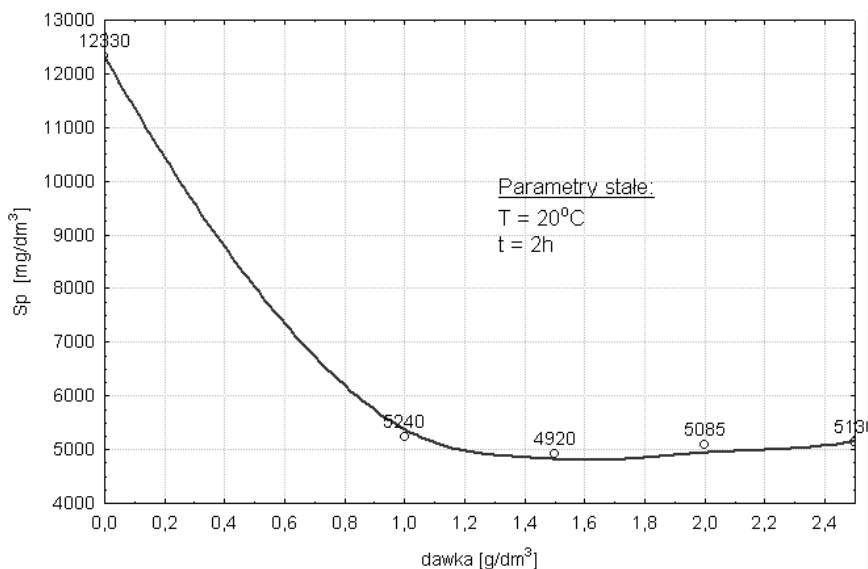
określono wartości wskaźników zanieczyszczeń tj.: pH, zawiesina ogólna, ChZT, BZT<sub>5</sub>, azot ogólny, fosfor ogólny, formaldehyd.

Badania prowadzono w pomieszczeniu klimatyzowanym przy stałej temperaturze  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  po dwóch godzinach sedymentacji.

### Zawiesina ogólna i sucha pozostałość

Wyniki badań wpływu zmiany dawki koagulanta PIX 113 na zawartość suchej pozostałości w cieczy nadosadowej, zawarte w tabeli 4 i przedstawione na wykresie (rysunek 7) wskazują, że przy zastosowaniu dawki koagulanta  $1,5\text{g/dm}^3$  po dwugodzinnym czasie sedymentacji grawitacyjnej następuje redukcja omawianego wskaźnika zanieczyszczeń o 95,6% czyli z wartości  $12\,330\text{ mg/dm}^3$  do  $4920\text{ mg/dm}^3$ . Dla dawki PIX 113 wynoszącej  $2,5\text{ g/dm}^3$  i więcej zaczyna się ponowny wzrost zawartości zawiesin w próbce.

Charakterystykę pozostałych parametrów w ściekach dla  $1,5\text{ g/dm}^3$  dawki przedstawiono w tabeli 4.



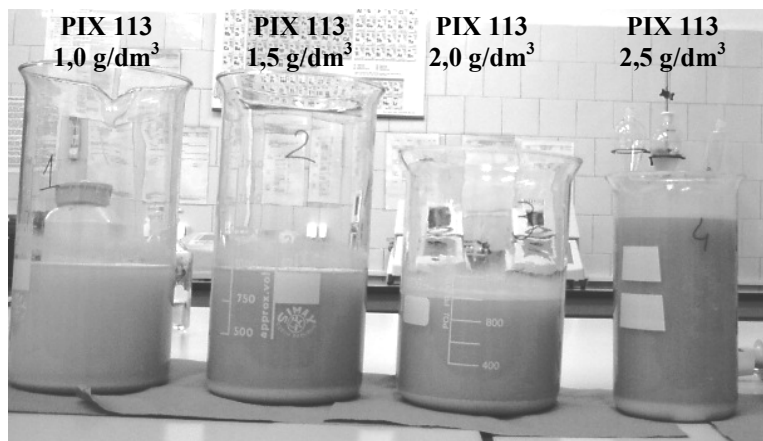
**Rys. 7.** Wykres wpływu zmian dawki koagulanta PIX 113 na zmianę zagęszczenia w cieczy nadosadowej

**Fig. 7.** Changes in the dose of coagulant PIX 113 vs. change of solids concentration in wastewater after sedimentation

**Tabela 4.** Wyniki badań wpływu zmian dawki PIX 113 na parametry cieczy nadosadowej  
**Table 4.** Impact of PIX 113 doses on parameters of wastewater after sedimentation

Parametr	Jednostka	Dawka [g/dm <sup>3</sup> ]:					Niepewność rozszerzona metody badawczej p=95% i k=2
		0 próbka 0	1,0 próbka I	1,5 próbka II	2,0 próbka III	2,5 próbka IV	
Sucha pozostałość	mg/dm <sup>3</sup>	Średnia* 12330	Średnia* 5230	Średnia* 4920	Średnia* 5085	Średnia* 5103	±15%
Odczyn	pH	7,20		6,70			±4%
ChZT	mg/dm <sup>3</sup>	23100		8265			±10%
Fosfor ogólny	mg/dm <sup>3</sup>	22,1		22,3			±10%
Azot ogólny	mg/dm <sup>3</sup>	124		61,2			±10%
Formaldehyd	mg/dm <sup>3</sup>	33,5		23,1			±10%
Zawiesina ogólna	mg/dm <sup>3</sup>	11000		2315			±15%
BZT <sub>5</sub>	mg/dm <sup>3</sup>	3995		2020			±14%

\*Wartość średnia jest średnią arytmetyczną z 3 pomiarów.



**Fot. 4.** Próbkę po koagulacji PIX-em 113 po 2h czasie sedymentacji grawitacyjnej

**Phot. 4.** Samples after coagulation with PIX 113 after 2h of gravitational sedimentation

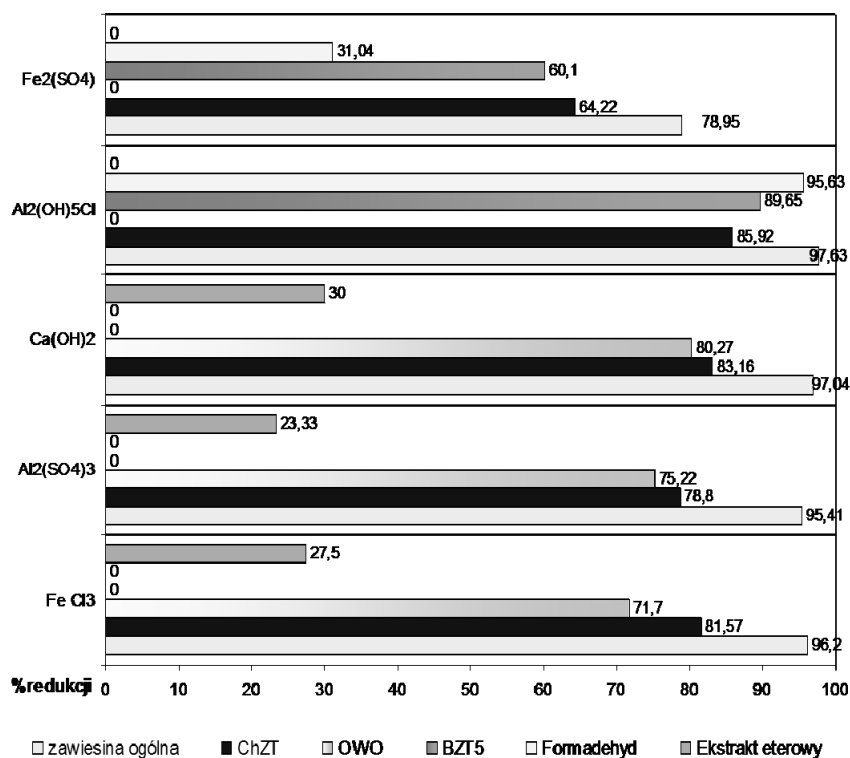
### 3.3. Podsumowanie procesu koagulacji i sedymentacji grawitacyjnej

W przeprowadzonych badaniach własnych nad doбором rodzaju i optymalnej dawki koagulantu otrzymano zadowalające wyniki dla obu zastosowanych koagulantów, przy czym koagulant PIX 113 (siarczan VI żelaza III) okazał się koagulantem mniej wrażliwym na zmiany składu ścieków poprodukcyjnych z firmy Drewexim ale znacznie mniej skutecznym.

W pierwszej próbie bardzo skutecznym koagulantem był PAX XL 19F (pentahydroksychlorek diglinu  $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ). Jest to koagulant modyfikowany  $\text{SiO}_2$  dzięki czemu jest znacznie bardziej wydajny (optymalna dawka to już  $0,5 \text{ g/dm}^3$  ścieków), koagulant nie wymagał prowadzenia korekty pH. Niestety koagulant nie sprawdził się na kolejnej partii ścieków pobranej w styczniu 2010, dlatego też dalsze badania nad skutecznością odwadniania osadów pokoagulacyjnych [2, 6, 14] przeprowadzono na koagulancie PIX 113. Autorkom niniejszej pracy nie udało się ustalić przyczyny braku efektywności działania koagulantu PAX XL 19F dla drugiej dawki ścieków, gdyż nie różniła się ona istotnie od pierwszej pod względem oznaczanych parametrów.

W tabeli 5 oraz na wykresie rys. 8, jako podsumowanie niniejszego rozdziału, zestawiono wyniki badań własnych oraz badań uzyskanych w pracy [12, 13].

Z analizy wyników badań własnych, najlepsze efekty uzyskano dla koagulanta PAX XL 19F ( $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), który już przy bardzo małej dawce ( $0,5 \text{ g/dm}^3$ ) dawał wysoki stopień redukcji zawiesiny ogólnej (97,63%), a co za tym idzie również ChZT (85,92%). Na uwagę zasługuje również fakt, równocześnie uzyskano wysoki stopień redukcji formaldehydu (95,63%). Równie wysoki stopień redukcji zawiesiny ogólnej (97,04%) i ChZT (83,16%) uzyskali autorzy pracy [12, 13] przy zastosowaniu  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Najśłabszy efekt uzyskano przy zastosowaniu koagulanta PIX 113 ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3\cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), gdzie stopień redukcji ChZT wyniósł jedynie 64,22% a zawiesiny ogólnej 78,95%.



Rys. 8. Wykres stopnia redukcji zanieczyszczeń ze ścieków produkcyjnych z firmy Drewexim, przy zastosowaniu różnych koagulantów (źródło danych [12,13] i badania własne)

Fig. 8. Ratio of decrease of pollutants content in wastewater from Drewexim with application of various coagulants (after [12, 13] and own research)

**Tabela 5.** Wyniki badań oddziaływania optymalnych dawek wybranych koagulantów na parametry cieczy nadosadowej w ściekach  
**Table 5.** Impact of optima doses of selected coagulants on parameters of wastewater after process

Rodzaj koagulantu	$\text{Fe Cl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4) \cdot n\text{H}_2\text{O}$
Dawka [ $\text{g}/\text{dm}^3$ ]	0,6	0,6	0,6	0,5	1,5
odczyn pH	4,9	6,4	9,89	6,94	6,70
Parametr	Uzyskany % redukcji				
ChZT	81,57	78,80	83,16	85,92	64,22
zawiesina ogólna	96,20	95,41	97,04	97,63	78,95
Ekstrakt eterowy	27,50	23,33	30,00	–	–
OWO	71,70	75,22	80,27	–	–
Fosfor ogólny	–	–	–	54,33	0,0
Azot ogólny	–	–	–	0,00	50,65
Formaldehyd	–	–	–	95,63	31,04
BZT <sub>5</sub>	–	–	–	57,29	49,44
sucha pozostałość	–	–	–	89,65	60,10

#### 4. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań własnych, ich analizy oraz porównania z danymi literaturowymi można przedstawić następujące wnioski:

1. Charakterystyka ścieków pochodzących z przedsiębiorstwa Dre-wexim, użytych do badań własnych w niniejszej pracy, odpowiada ogólnej charakterystyce ścieków z przemysłu drzewnego, w którym do produkcji używane są kleje organiczne,
2. Analiza wyników dwóch zbadanych koagulantów: PAX XL 19F i PIX 113 wskazuje, że zastosowanie koagulantów do oczyszczania ścieków produkcyjnych zawierających w/w kleje ma korzystny wpływ na obniżenie wskaźników zanieczyszczeń tj.: zawiesina ogólna, ChZT, fosfor ogólny, formaldehyd i poprawia wartość wskaźnika ChZT/BZT<sub>5</sub>. W badaniach własnych nie udało się ustalić, że koagulanty mogą mieć wpływ na obniżenie zawartości azotu ogólnego w cieczy nadosadowej. W pierwszej badanej partii ścieków bardzo zadowolające wyniki uzyskano dla koagulantu PAX XL 19F ( $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), który już przy bardzo małej dawce ( $0,5 \text{ g}/\text{dm}^3$ ) dawał wysoki stopień redukcji zawiesiny ogólnej (97,63%), a co za tym idzie również ChZT (85,92%). Na uwagę zasługuje również

fakt, że równocześnie uzyskano wysoki stopień redukcji formaldehydu (95,63%): Najniższy efekt uzyskano przy zastosowaniu koagulantu PIX 113 ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ), gdzie stopień redukcji ChZT wyniósł jedynie 64,22% a zawiesiny ogólnej 78,95%.

## Literatura

1. **Anielak A.M.:** *Chemiczne i fizykochemiczne oczyszczanie ścieków*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2002.
2. **Bień J., Matysiak B., Wystalska K.:** *Stabilizacja i odwadnianie osadów ściekowych*.: Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 1999.
3. **Borkowski J.:** *Zastosowanie chemicznie wspomaganego procesu z osadem czynnym do oczyszczania wysokoobciążonych ścieków technologicznych z linii produkcji płyt drewnopochodnych MDF*. Materiały na seminarium naukowo-techniczne Kemipol Sp. z o.o., Sopot-Koscierzyna-Gdańsk, 2009.
4. **Chądzyński G.:** *Woda i ścieki przemysłowe*. Państwowe Wydawnictwa Szkolnictwa Zawodowego, Warszawa, 1973.
5. [http://drewexim.pl/pl/informacje/proces\\_tehnologiczny](http://drewexim.pl/pl/informacje/proces_tehnologiczny). [Online] DREWEXIM Sp. z o.o., 18 01 2010.
6. **Juraszka B., Piecuch T.:** *Badania odwadniania osadów pokoagulacyjnych w procesie sedymentacji odśrodkowej*. Ekologia i Technika vol. XVI, nr 3, 97-105, 2008.
7. **Juraszka B., Piecuch T.:** *Badania podczyszczania ścieków poprodukcyjnych zawierających kleje organiczne w procesie filtracji grawitacyjnej*. Gaz woda technika 4/2008, 29-34, 2008.
8. **Juraszka B., Piecuch T.:** *Matematyczny opis technologii podczyszczania ścieków zawierających kleje organiczne*. Rocznik Ochrony Środowiska Tom 9, 107-131, Koszalin, 2007.
9. **Juraszka B., Piecuch T.:** *Podczyszczanie ścieków poprodukcyjnych zawierających kleje organiczne metodą koagulacji chlorkiem żelaza*. Rocznik Ochrony Środowiska Tom 10, 221-242, Koszalin, 2008.
10. **Juraszka B., Piecuch T.:** *Podczyszczanie ścieków zawierających kleje organiczne w procesie sorpcji*. Inżynieria i Ochrona Środowiska, Tom 10, NR 3, 173-192, Częstochowa, 2007.
11. **Juraszka B., Piecuch T.:** *Spalanie osadów pokoagulacyjnych zawierających kleje organiczne oraz utylizacja powstałych popiołów*. Polityka Energetyczna, Tom 10 zeszyt 2, 85-101, 2007.
12. **Juraszka B., Piecuch T.:** *Study on Pre-Cleaning of Post Production Wastewater Containing Organic Glue by the Proces sof Coagulation with the Use of Calcium Hydroxide*. Archives of Environmental Protection. Vol. 34, no. 4, 47-61, 2008.

13. **Juraszka B.:** *Oczyszczanie ścieków przemysłowych pochodzących z klejenia w produkcji drzwi i oklein drewnianych.* Praca doktorska, promotor prof. dr hab.inż. Tadeusz Piecuch. Politechnika Koszalińska, 2007.
14. **Macalik M.:** *Sposoby przetwarzania osadów ściekowych część 3.* <http://ekonatura.org> [Online] 2005.
15. **Malej J., Hołubowicz D.:** *Badania technologiczne nad oczyszczaniem ścieków z Zakładu płyt pilśniowych Alpex w Karlinie.* Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Nr 11, 77-87, Koszalin 1996.
16. **Malej J.:** *Usuwanie zawiesin ziarnistych i trudnoopadających ze ścieków przemysłu drzewnego.* Materiały konferencyjne pt. "Współczesne problemy gospodarki wodno-ściekowej", 305-314, Koszalin-Kołobrzeg 1997.
17. **Pepliński M., Lidzbarski M.:** *Chemiczne wspomaganie usuwania koloidalnych związków węgla i azotu organicznego ze ścieków za pomocą koagulantu glinowego PAX XL 1905 w oczyszczalni w Tczewie.* [www.old.kemipol.com.pl](http://www.old.kemipol.com.pl) [Online]
18. **Piekarski J., Hauzer I.:** *Porównanie skuteczności koagulacji wodorotlenkiem wapnia oraz PIX-111 ścieków poprodukcyjnych z przetwórstwa ryb zakładu SUPERFISH w różnych warunkach temperaturowych.* Rocznik Ochrony Środowiska, Koszalin, Tom 9, 211-223, 2007.
19. **Piekarski J.:** *Opracowanie technologii oczyszczania ścieków przemysłowych pochodzących z produkcji płyt wiórowych.* Praca Doktorska, promotor prof. dr hab.inż. Tadeusz Piecuch. Politechnika Warszawska, 2000.
20. Polska Norma PN-EN 872:2005+Ap 1:2007. *Jakość wody. Oznaczanie zawiesin. Metoda z zastosowaniem filtracji przez sączi z włókna szklanego.* Polski Komitet Normalizacyjny, luty 2005.
21. Polska Norma PN-C-04540-01:90. *Badania pH, kwasowości i zasadowości.* Polski Komitet Normalizacyjny, 1990.
22. Polska Norma PN-EN 12880:2004. *Charakterystyka osadów ściekowych. Oznaczanie suchej pozostałości i zawartości wody.* Polski Komitet Normalizacyjny, 2004.
23. Polska Norma PN-EN1988-1:2002. *Jakość wody. Oznaczanie biochemicznego zapotrzebowania tlenu po n dniach. Metoda rozcieńczenia i szczepienia z dodatkiem allilotiomocznika".* Polski Komitet Normalizacyjny, grudzień 2002.
24. Polska Norma PN-ISO 15705:2005. *Jakość wody. Oznaczanie indeksu chemicznego zapotrzebowania tlenu. Metoda zminiaturyzowana z zastosowaniem szczelnych probówek.* Polski Komitet Normalizacyjny, 2005.
25. Procedura badawcza: PB 3.10 wydanie 2 z dnia 20.10.2008. *Oznaczanie fosforu ogólnego.* Szczecinek : Laboratorium Badań Wody i Ścieków w PWiK sp.z o.o. w Szczecinku, 2008.



26. Procedura badawcza: PB 3.9 wydanie 2 z dnia 20.10.2008. *Oznaczanie azotu ogólnego*. Szczecinek: Laboratorium Badań Wody i Ścieków w PWiK sp.z o.o. w Szczecinku, 2008.
27. Rozporządzenie Ministra Budownictwa z dnia 14.07.2006r. *w sprawie sposobu realizacji obowiązków dostawców ścieków przemysłowych oraz warunków wprowadzenia ścieków do urządzeń kanalizacyjnych*. /Dz. U. Nr 136, poz. 946 ze zmianami/.
28. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 19 grudnia 2008r. *zmieniające rozporządzenie w sprawie listy rodzajów odpadów, które posiadacz odpadów może przekazywać osobom fizycznym lub jednostkom organizacyjnym niebędącym przedsiębiorcami, oraz dopuszczalnych metod odzysku*. /Dz.U. Nr 235, poz. 1614/.
29. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. *w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego*. /Dz.U. Nr 137, poz. 984 ze zmianami/.
30. **Starecki A., Nicewicz D., Pawlicki J.:** *Ćwiczenia laboratoryjne i projektowanie z technologii tworzyw drzewnych*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002.
31. **Szymańska I., Kujawa R.:** *Wpływ ścieków przemysłowych z parzenia drewna bukowego na pracę oczyszczalni ścieków w Złotowie*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna nr 11/2008, 2008.
32. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001r. *o odpadach*. /Tekst jednolity: Dz.U. z 2007r. Nr 216, poz. 1606 ze zmianami/.
33. Warnecke J mit Fa. Jowat, Lobers und Frank GmbH, und Co. KG Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens zur Aufbereitung von Leim Klebemittelabwassern. *Abschlussbericht zu Teilprojekt 3: "Erprobung und Validierung eines mehrstufigen Verfahrenskonzeptes im (halb-) technischen Masstab"*. Paderborn, 2005.
34. **Zenkteler M.:** *Kleje i klejenie drewna*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu, Poznań, 1996.
35. **Żak S., Zabłocki L., Żółtowski D.:** *Technologia podczyszczania ścieków z produkcji klejów wytwarzanych na bazie żywic mocznikowo-formaldehydowych*. II Kongres Inżynierii Środowiska materiały tom I. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska, vol. 32, 1007-1014, Lublin, 2005.

## Studies on Coagulation Process with Coagulants PAX XL 19F and PIX 113 of Wastewater Containing Organic Adhesives

### Abstract

The aim of this study was to investigate coagulation process with application of selected coagulants (PAX XL 19F and PIX 113). Investigations were carried out on wastewater from the production company Drewexim Ltd. in Nowe Bielice near Koszalin.

Characteristics of wastewater from the Drewexim company, used for research corresponds to the general characteristics of wastewater from wood industry, in which organic adhesives are used.

In studies of the effect of coagulant dose on the quality of wastewater after the process, the independent variable parameter was dose of the reagent ( $x_1$ ), which was: 0.0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 g/dm<sup>3</sup>. Research was carried out dosing coagulant to dose 3.0 g/dm<sup>3</sup>. But for this dose a deterioration of the results of most studied parameters was obtained.

Following parameters were used as resulting variables in the process of coagulation and gravitational sedimentation: pH, solids concentration, total suspension, COD, BOD, total nitrogen, total phosphorus, formaldehyde. The study was conducted in air-conditioned room at a constant temperature of 20±2°C after constant sedimentation time of 2h.

The analysis of the results for two examined coagulants: PAX XL 19F and PIX 113 indicates that the use of coagulants for production wastewater containing adhesives treatment has a positive impact on reducing pollution indicators such as: total suspension, COD, total phosphorus, formaldehyde and improves the value of the COD/BOD ratio. The study failed to determine that coagulants may have an impact on reduction of total nitrogen content in the wastewater after the process. In the first batch of examined wastewater very satisfactory results were obtained for coagulant PAX XL 19F (Al<sub>2</sub>(OH)<sub>5</sub>Cl·3H<sub>2</sub>O), which already at low dose (0.5 g/dm<sup>3</sup>) gave a high degree of reduction of total suspended solids (97.63%), and thus COD (85.92%). It is worth mentioning that at the same time a high degree of reduction of formaldehyde (95.63%) was obtained. Unfortunately, PAX XL 19F on the second batch of wastewater did not prove its effectiveness, therefore for further research PIX 113 was used.

The worst effects were achieved with the use of coagulant PIX 113 (Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>), where the degree of reduction of COD, was only 64.22% and 78.95% of total suspended solids.