

Analiza możliwości podczyszczania ścieków poprodukcyjnych Fabryki Okien i Drzwi DREWEXiM w Nowych Bielicach

*Barbara Juraszka, Tadeusz Piecuch, Joanna Piekietko
Politechnika Koszalińska*

1. Wstęp

Jednym z największych przedsiębiorstw zajmujących się produkcją okien i drzwi oraz innych elementów drewnianych w regionie śródkowopomorskim jest Przedsiębiorstwo DREWEXiM zlokalizowane w miejscowości Nowe Bielice koło Koszalina. Podstawowym materiałem stosowanym do produkcji okien i drzwi jest własnej konstrukcji kantówka klejona warstwowo z sosny, posiadająca atest Instytutu Techniki Okiennej w Rosenheim, oraz badania spoin przeprowadzone w Centralnym Ośrodku Badawczo – Rozwojowym Przemysłu Stolarstwa Budowlanego Stolbud Wołomin.

Właściwe cięcie i selekcjonowanie drewna pozwala uzyskać promieniowe i półpromieniowe położenie słoje w zewnętrznych warstwach kantówki. Zapewnia to znoszenie naprężeń, gwarantuje stabilność konstrukcji okien i drzwi oraz zapobiega pękaniu sklejonych elementów [12].

Zakład produkcyjny wykonuje również stolarkę otworową i drzwiową z dębu amerykańskiego i drzew egzotycznych: mahoniu i jego odmian, dębu afrykańskiego.

Praca dotyczy oceny możliwości podczyszczania ścieków na podstawie badań laboratoryjnych procesów mechanicznych i fizyko-chemicznych. Celem prowadzonych badań była próba opracowania procedury postępowania ze ściekami w Przedsiębiorstwie DREWEXiM i określenia niezbędnych warunków do jej wdrożenia.

Prace badawcze nadal są kontynuowane, a ich wyniki będą publikowane w kolejnych artykułach.

2. Gospodarka wodno-ściekowa zakładu

Ścieki poprodukcyjne w zakładzie powstają w wyniku mycia i płukania instalacji klejowych (rys. 1). Nie należą one do grupy ścieków toksycznych, jednak ze względu na swe właściwości klejące charakteryzują się małą podatnością na rozkład. W sposób istotny, w odniesieniu do niektórych stężeń zanieczyszczeń, przekraczają dopuszczalne wartości obowiązujące na mocy Rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991r (Dz. U. Nr 116) [4]. Ścieki te charakteryzują się wysokim ładunkiem zanieczyszczeń, w szczególności dotyczy substancji organicznej wyrażonej w ChZT, zawiesiny ogólnej Z_{og} , substancji rozpuszczonych S_R , oraz odczynu.

Ścieki poprodukcyjne w zakładzie są przetrzymywane w zbiorniku wykonanym ze stali nierdzewnej (rys. 2). W zbiorniku tym płukane są wałki nano-szące klej na elementy łączone. Ilość ścieków waha się od 3,0 do 4,0 m³ miesięcznie – zatem jest to ilość niewielka. Gospodarka ściekowa ograniczała się do wprowadzania ścieków do kanalizacji zbiorczej. Spowodowało to zniszczenie kultury bakteryjnej lokalnej oczyszczalni ścieków w Niedalinie.

Poniżej podano skład chemiczny ilościowy kleju dyspersyjnego Jowacoll 102 20 i utwardzacza Jowat 195 30; według producenta jest następujący [10]:

- **Jowacoll 102 20** – klej:
 - polioctan winylu i kopolimer winylu w ilości do 50% wag.,
 - woda do 50%,
 - izopropanol do 0,5%,
 - środki sieciujące i konserwujące do 0,2%,
- **Jowat 195 30** – utwardzacz:
 - chlorek glinu do 20%,
 - azotan glinu do 20%,
 - woda do 60%.

Firma Jowat Polska Sp. z o.o. udostępniła informacje o sposobie postępowania ze ściekami przemysłowymi powstającymi podczas czyszczenia urządzeń dozujących kleje Jowacoll.

1) *Silnie rozcieńczone i lekko mętne ścieki:*

Nie stanowią dla biologicznej oczyszczalni ścieków szczególnego obciążenia. Poddające się biologicznemu rozkładowi substancje unieszkodliwiane są w osadnikach z osadem czynnym, zaś substancje stałe adsorbowane i sedymentowane są na zawieszinie szlamu i usuwane z oczyszczalni ścieków wraz z osadem nadmiernym [10].



Rys. 1. Wałki nanoszące klej
Fig. 1. Shafts applying glue



Rys. 2. Zbiornik na ścieki pochodzące z płukania instalacji dozującej klej
Fig. 2. Tanks for wastewater from installation of glue dosing

2) Flokulacja ścieków:

Mleczno zabarwione ścieki z procesów czyszczenia i płukania, jak proponuje firma Jowat Polska, oczyszczone mogą zostać np. przez wytrącenie zawartych w nich cząstek polimerów. Przy tym z jednej strony powstają klarowne ścieki, które można już odprowadzić do sieci kanalizacyjnej, a z drugiej strony nadające się do filtracji osad zagęszczony. Prognozuje się, iż po procesie filtracji ten dobrze odwodniony osad będzie można deponować na składowisku [10].

Proces flokulacji, jak podaje firma Jowat [10], poprzedza intensywne mieszanie z trójwartościowymi chlorkami lub siarczanami żelaza i glinu. Wskaźnik pH powinien być przy tym niższy od 5,0. Niekiedy należy dodać kwasu w celu uzyskaniażądanego odczynu. Następnie przy pomocy ługu sodowego lub mleka wapiennego reguluje się wskaźnik pH od 7,0 do 8,0 [10].

Wytrącające się wodorotlenki metali porywają ze sobą cząstki polimeru z dyspersji. Powstające flokuły należy intensywnie mieszać przez jedną minutę, a następnie mieszadło przełączyć na bardzo wolne obroty. Powstałe flokuły łączą się w większe aglomeraty i sedymentują. Wskaźnik pH nie może w tej fazie być niższy od 6,5. Proces osadzania się można przyśpieszyć przez dodanie anionowych flokulantów pomocniczych (polielektrolitów). Po 0,5÷1-godzinnym procesie sedymentacji ciecz nadosadową dekantuje się lub odpompowuje [10]. Szlam należy odwodnić (np. przy użyciu pras filtracyjnych [8]).

Dla wytrącenia 1 kg suchej masy firma Jowat zaproponowała poniższy przepis [10]:

- od 150 do 300 g chlorku lub siarczanu trójwartościowego żelaza lub chlorku glinu na 1 m³ ścieków,
- od 50 do 150 g ługu sodowego lub wodorotlenku wapnia na 1 m³ ścieków oraz regularne opróżnianie komór, gdyż w innym przypadku tworzą się z jednej strony w wyniku procesu rozkładu duże ilości amoniaku a z drugiej strony materiał tak silnie się utwardza, że nie można go zassać pompą.

3. Badania własne procesowe

3.1. Metodyka badań

Badania procesowe prowadzono w laboratorium Katedry Techniki Wodno-Mułowej i Utylizacji Odpadów Politechniki Koszalińskiej.

Materiał badawczy stanowiły ścieki, które nie są podatne na procesy biologicznego rozkładu, ze względu na właściwości klejące ścieków oraz wysoki iloraz ChZT/BZT₅ (2560÷2840) [5].

Stężenia charakterystycznych zanieczyszczeń zawartych w analizowanych ściekach podano w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka jakości ścieków poprodukcyjnych z Przedsiębiorstwa DREWEXIM w Nowych Bielicach

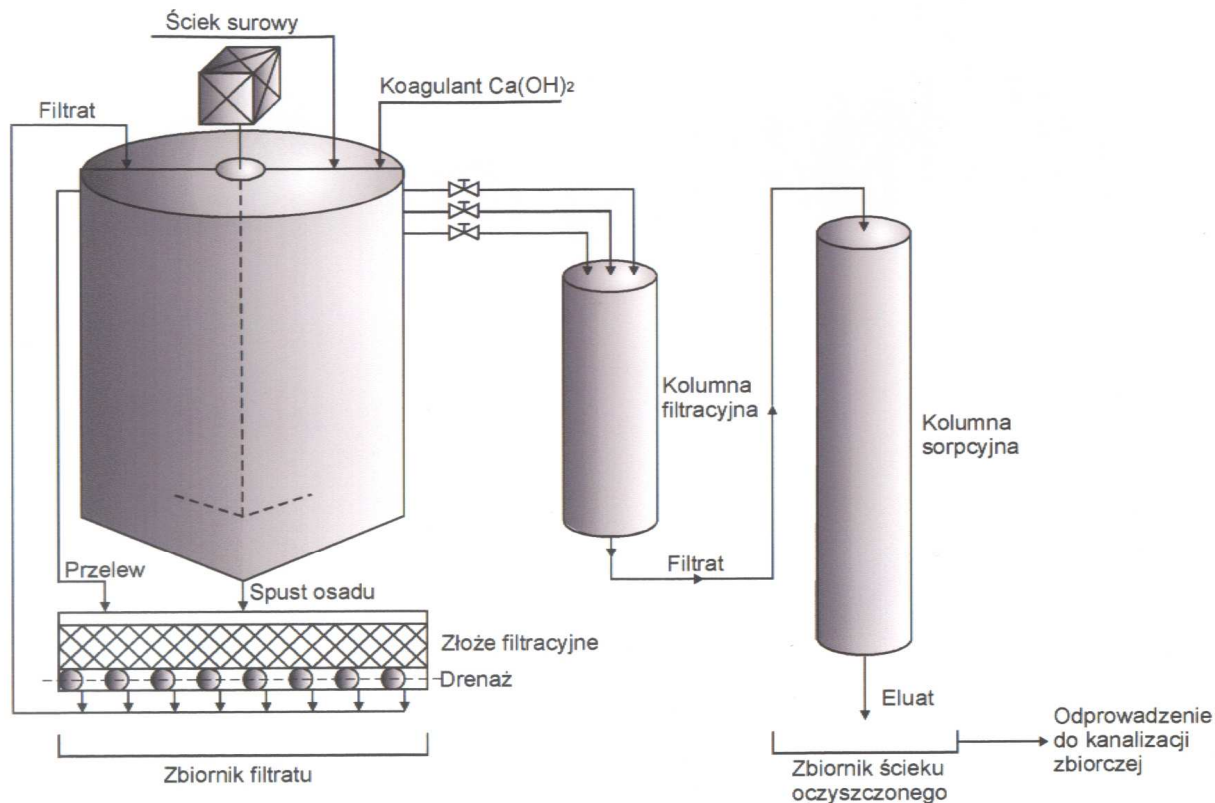
Table 1. Characteristics of post-production wastewater from DREWEXIM Plant in Nowe Bielice

Lp	Parametr	Symbol	Jednostka	Wartość oznaczona	Wartość dopuszczalna *
1	Odczyn	pH	-	4,6	6,5÷9,0
2	Chemiczne zapotrzebowanie tlenu	ChZT _{Cr}	mg O ₂ /dm ³	10230,0	150,0
3	Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu	BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	4,0	30,0
4	Zawiesina ogólna	Z _{og}	mg/dm ³	3610,0	50,0
5	Substancje rozpuszczone	S _R	mg/dm ³	2738,0	2000,0
6	Sucha pozostałość	S _P	mg/dm ³	6348,0	2050,0
7	Ekstrakt eterowy	E _E	mg/dm ³	60,0	50,0

*) Wartości dopuszczalne obowiązujące na mocy Rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991r (Dz. U. Nr 116) [4].

Analiza porównawcza stężeń zanieczyszczeń w ściekach surowych wskazuje na przekroczenie wartości dopuszczalnych. Dotyczy to prawie wszystkich analizowanych stężeń zanieczyszczeń, a w szczególności substancji organicznej wyrażonej w ChZT_{Cr}.

Na podstawie badań rozpoznawczych zaproponowano układ technologiczny urządzeń przedstawiony schematycznie na rys. 3.



Rys. 3. Schemat proponowanego sposobu podczyszczania ścieków poprodukcyjnych z zakładu DREWEXiM
Fig. 3. Diagram of proposed method of post-production wastewater from DREWEXIM plant treatment

Przeprowadzone i opisane poniżej badania dotyczyły realizacji następujących procesów jednostkowych:

- procesu koagulacji z zastosowaniem różnych reagentów,
- procesu filtracji przez złożę piaskowe o określonych miąższościach warstwy,
- procesu sorpcji na węglu aktywnym o określonych uziarnieniach i o określonych miąższościach wypełnienia.

Koagulacja i sedymentacja grawitacyjna

Proces koagulacji definiuje się jako proces łączenia cząstek koloidalnych oraz drobnej zawiesiny w zespoły cząstek tzw. aglomeraty [1]. Realizacja procesu jest możliwa po destabilizacji analizowanego układu najczęściej przez dodanie odpowiednich substancji chemicznych, zwanych koagulantami [1].

Badania procesu koagulacji wykonano z zastosowaniem następujących reagentów:

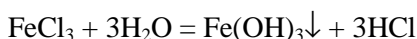
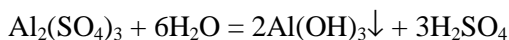
- wodorotlenku wapnia $\text{Ca}(\text{OH})_2$,
- siarczanu glinowego $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$,
- chlorku żelazowego $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

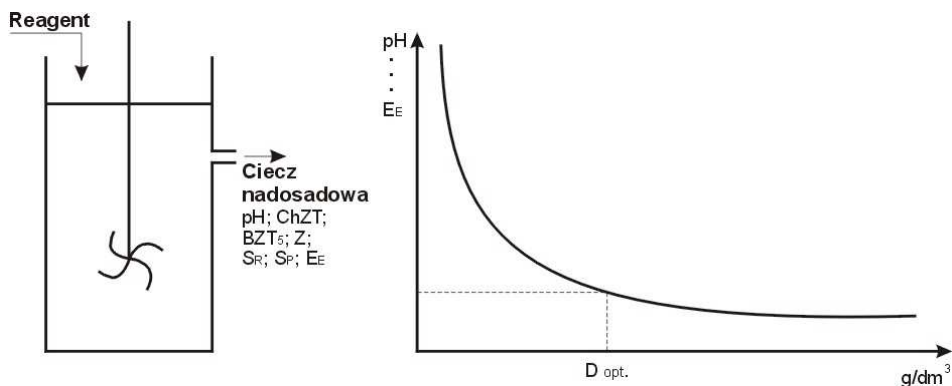
Po wprowadzeniu reagenta do ścieków – rys. 4. – następowały po sobie dwie fazy mieszania:

- szybkie mieszanie w celu rozprowadzenia koagulantu w całej objętości ścieków. Czas szybkiego mieszania wynosił 120 s,
- wolne mieszanie w czasie 15÷20 minut, tak aby zapobiec opadaniu wytrąconych kłaczków na dno. Jednocześnie dbając o to aby powstałe aglomeraty nie uległy rozbiciu [1,7,9,11].

Rozpuszczalność wodorotlenków zależy od odczynu roztworu, co ogranicza zakres wartości pH, w którym mogą być stosowane poszczególne koagulanty [1,7,9].

Podczas hydrolizy soli glinu i żelaza powstają przy odpowiednim pH trudno rozpuszczalne osady, na przykład [1]:





Rys. 4. Poglądowy sposób doboru optymalnej dawki reagenta stosowanego w procesie koagulacji

Fig. 4. Pictorial method of selecting optimal reagent dose used in coagulation process

Wodorotlenek glinowy jest związkami amfoterycznym, co powoduje ograniczenie jego zastosowania do zakresu $\text{pH} = 5,5 \div 8,0$. Przy wyższym pH jest on rozpuszczalny i przechodzi w glinian [1].

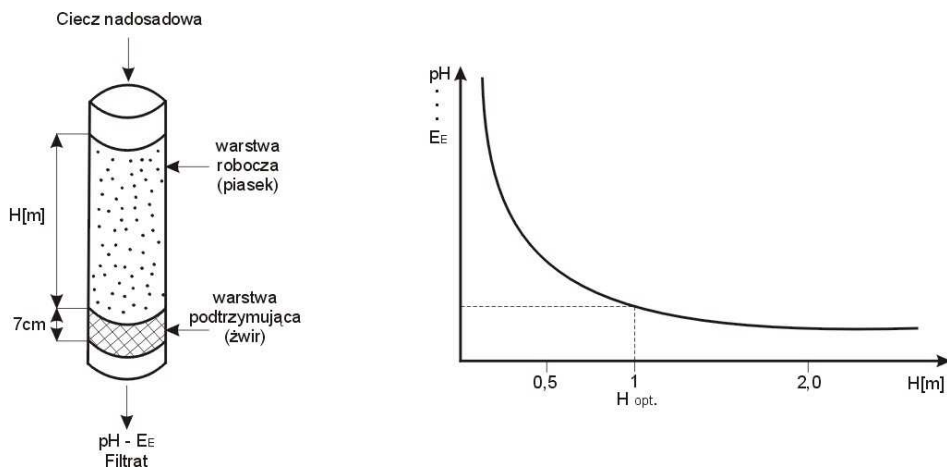
W kolejnym etapie ścieki poddano procesowi sedymentacji. Proces ten na podstawie wstępnych badań rozpoznawczych prowadzono w jednakowym czasie wynoszącym 2 godziny.

Filtracja

Podczas przepływu ścieków przez złożo filtracyjne zachodzi oddzielenie cząstek zawieszonych o rozmiarach większych niż wielkość porów materiału filtracyjnego, jak również znacznie mniejszych. Cząstki mogą być zatrzymywane zarówno na powierzchni złoża filtracyjnego, jak i wewnątrz złoża w porach między ziarnowych [8]. Świadczy to o złożoności procesu filtracji, którego nie można traktować tylko jako procesu jednostkowego rozdzielania, lecz należy pamiętać o procesach fizyczno - chemicznych i biologicznych mogących zachodzić na powierzchni materiału tworzącego złożo filtracyjne [6].

Wysokość złoża filtracyjnego – rys. 5. – przyjęto jako czynnik zmienny: $H = 0,5 \text{ m}$; $H = 1,0 \text{ m}$; $H = 2,0 \text{ m}$.

Podstawowym założeniem było stworzenie warunków przepływu grawitacyjnego, wykluczając napór cieczy nad złożo. W ten sposób zmniejszono prędkości przepływu, w rezultacie wydłużył się czas kontaktu cieczy nadosadowej z ziarnami złoża. Efektem tych zabiegów był wzrost ilości zatrzymywanej zawiesiny na złożu.

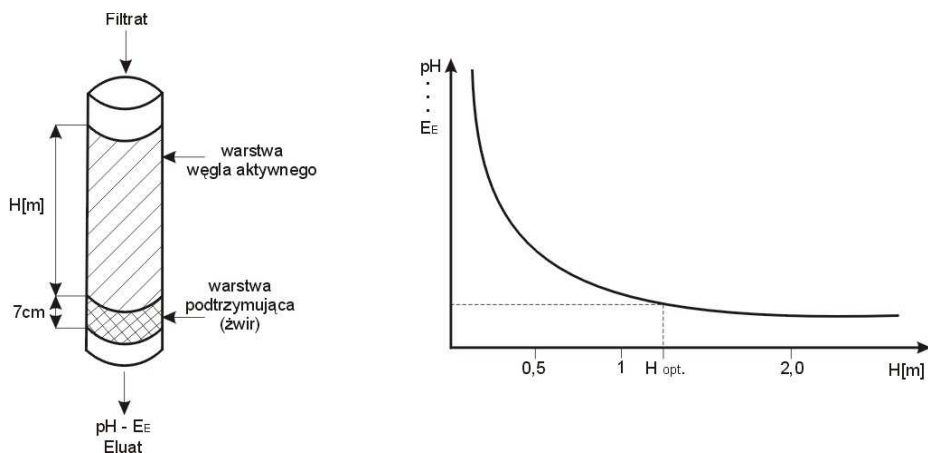


Rys. 5. Poglądowy sposób wyboru optymalnej wysokości złoża filtracyjnego
Fig. 5. Pictorial method of selecting optimal filtration bed height

Sorpcja

Sorpcja jest to zagęszczenie substancji na powierzchni ciała stałego lub w objętości jego mikroporów wskutek działania sił przyciągania [1].

Proces sorpcji prowadzono na węglu aktywnym wg producenta tzw. ziarnistym – stosując uziarnienia: $W_A = 1\div 4$ mm; $W_A = 4\div 8$ mm; $W_A = 8\div 20$ mm – rys. 6.



Rys. 6. Poglądowy sposób doboru najbardziej efektywnego uziarnienia węgla aktywnego oraz optymalnej wysokości złoża sorpcyjnego
Fig. 6. Pictorial method of selecting the most effective granular fraction size of active carbon and optimal sorption bed height

Wysokość złoża sorpcyjnego była drugim analizowanym czynnikiem zmiennym i podobnie jak w przypadku filtracji wynosiła: $H = 0,5$ m; $H = 1,0$ m; $H = 2,0$ m

Przepływ ścieków przez złożo nie był wymuszony, gdyż ścieki podawano tak, aby nie dopuścić do powstawania słupa cieczy nad złożem. Wykorzystano w sposób maksymalny czas przepływu ścieków przez kolumnę.

3.2. Wyniki badań

3.2.1. Podczyszczanie ścieków w procesach koagulacji i sedymentacji

Pierwszy etap badań polegał na przeprowadzeniu procesu koagulacji z zastosowaniem wodorotlenku wapnia $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Uzyskane wyniki podano w tabeli 2.

Wodorotlenek wapnia charakteryzuje się silnym działaniem alkalicznym. Nawet najmniejsza zastosowana dawka podwyższa wartość pH powyżej wartości dopuszczalnej, wynoszącej $6,5 \div 9,0$ dla ścieków oczyszczonych.

Wodorotlenek wapnia zastosowany do procesu koagulacji okazał się bardzo skutecznym reagentem. Dodawany nawet w małych dawkach powodował znaczne obniżenie ładunku zawiesiny ogólnej.

W kolejnym etapie badań zastosowano proces koagulacji wodorotlenkiem wapnia $\text{Ca}(\text{OH})_2$ z dodatkiem bentonitu, a wyniki badań pokazano w tabeli 3.

Bentonit jest tu substancją wspomagającą współstrącanie (koprecypitację) i powodującym proces statycznej sorpcji [2].

Porównując uzyskane wyniki wartości stężeń zanieczyszczeń, podane w tabelach 2 i 3, z zastosowaniem następujących dawek:

- $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 0,3$ [g/dm^3],
- $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 0,3$ [g/dm^3]; bentonit = $0,1$ [g/dm^3],
- $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 0,3$ [g/dm^3]; bentonit = $4,0$ [g/dm^3],

można zauważyć, że lepsze efekty uzyskano stosując trzeci wariant ($\text{Ca}(\text{OH})_2 = 0,3$ [g/dm^3]; bentonit = $4,0$ [g/dm^3]). W tym przypadku jednak problemem jest znaczna ilość bentonitu w osadzie pokoagulacyjnym. Bentonit w trakcie badań charakteryzował się własnościami hydrofilnymi, powodując ograniczenie przepływu ścieków przez złożo filtracyjne. Powodowało to w następstwie zagęszczenie odwodnionych osadów.

Ostatecznie wybrano dla proponowanej technologii koagulację z zastosowaniem wodorotlenku wapnia, gdyż bentonit tylko w niewielkim stopniu umożliwiał poprawę efektu oczyszczenia ścieków, a jak wyżej wspomniano jednocześnie utrudniał proces filtracji osadu pokoagulacyjnego.

Tabela 2. Wyniki pomiarów stężeń zanieczyszczeń w ściekach po procesie koagulacji z zastosowaniem wodorotlenku wapnia [g/dm³]

Table 2. Results of measurements of pollutants concentrations in wastewater after coagulation process with calcium hydroxide [g/dm³]

Lp.	Parametr	Jednostka	Ścieki surowe	Dawka Ca(OH) ₂ [g/dm ³]	
				0,15	0,3
1	pH	-	4,39	9,59	11,15
2	ChZT _{Cr}	mg O ₂ /dm ³	10240	9710	1600
3	BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	4,0	3,0	0,0
4	Zawiesina ogólna	mg/dm ³	3213	3136	225
5	Substancje rozpuszczone	mg/dm ³	2498	2437	1379
6	Sucha pozostałość	mg/dm ³	5711	5573	1604

Tabela 3. Wyniki pomiarów stężeń zanieczyszczeń w ściekach po procesie koagulacji z zastosowaniem wodorotlenku wapnia [g/dm³] oraz bentonitu [g/dm³]

Table 3. Results of measurements of pollutants concentrations in wastewater after coagulation process with calcium hydroxide [g/dm³] ad bentonite [g/dm³]

Lp.	Parametr	Jednostka	Ścieki surowe	0,3 [g/dm ³] Ca(OH) ₂				
				Bentonit [g/dm ³]				
				0,1	0,5	1,5	2,5	4,0
1	pH	-	4,43	11,19	11,25	11,45	11,46	11,51
2	ChZT _{Cr}	mg O ₂ /dm ³	10360	1870	1680	1570	1560	1490
3	BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	4,0	0,0	-	-	-	-
4	Zawiesina ogólna	mg/dm ³	3280	182	145	121	100	95
5	Substancje rozpuszczone	mg/dm ³	2836	1415	1375	1314	1271	1207
6	Sucha pozostałość	mg/dm ³	6116	1597	1520	1435	1371	1302

Badania procesu filtracji osadów pokoagulacyjnych po sedymentacji na filtrze piaskowym nie są w niniejszej pracy przedstawione, wymagają oddzielnego potraktowania. Zużyte złoża filtracyjne, będące mieszaniną piasku i osadów pokoagulacyjnych, będzie badane w Katedrze Techniki Wodno-Mułowej i Utylizacji Odpadów w aspekcie możliwości przyrodniczego wykorzystania przez zespół pod kierunkiem profesora Zdzisława Harabina.

Koagulacja siarczanem glinu $Al_2(SO_4)_3$ oraz chlorkiem żelaza $FeCl_3$

W przypadku koagulacji z zastosowaniem siarczanu glinu i chlorku żelaza (III) należy pamiętać, że wskaźnik pH będzie decydował w dużej mierze o wynikach koagulacji. W przypadku siarczanu glinu optymalne pH jest w zakresie 5,5 do 8,0. Natomiast optymalne warunki dla koagulacji solami żelaza (III) są w zakresie od 4,0 do 7,0 oraz powyżej 8,5.

Odczyn ścieków poddanych procesowi koagulacji wynosił około 4,4, co oznacza, że przy zastosowaniu powyższych reagentów należy podwyższyć pH. W tym celu zastosowano wodorotlenek wapnia.

W przypadku zastosowania siarczanu glinu w ilości $0,3 [g/dm^3]$ uzyskano wartość stężenia zawiesiny ogólnej – w cieczy nadosadowej – poniżej wartości dopuszczalnej. Stosunkowo wysokie stężenie substancji organicznej wyrażonej w $ChZT_{Cr}$ wymaga zastosowania innego procesu; tym procesem może być sorpcja z zastosowaniem węgla aktywnego.

Realizacja procesu koagulacji z zastosowaniem siarczanu glinu i chlorku żelaza (III) były ostatnim etapem prowadzonych badań rozpoznawczych.

Istotnym problemem w oczyszczaniu ścieków z dużą zawartością kleju jest wskaźnik $ChZT_{Cr}$, którego wartość po zastosowaniu wodorotlenku wapnia bądź soli żelaza (III) i glinu nie ulega obniżeniu poniżej wartości $1600 [mg O_2/dm^3]$. Procentowy spadek wartości $ChZT_{Cr}$ dla najlepszych wyników w odniesieniu do ścieków surowych wynosi odpowiednio przy zastosowaniu:

- wodorotlenku wapnia $Ca(OH)_2 \Rightarrow 84\%$,
- siarczanu glinowego $Al_2(SO_4)_3 \Rightarrow 84\%$.

Chlorek żelaza został wyeliminowany z ewentualnej aplikacji ze względu na niewielkie obniżenie wskaźnika stężenia zawiesiny ogólnej.

Uwzględniając uzyskane wyniki pomiarów, ostatecznie zdecydowano się na zastosowanie wodorotlenku wapnia. Zalecana dawka dla analizowanego układu technologicznego przedstawionego na rys. 3 – wynosi około $0,3 [g/dm^3]$. W ten sposób uzyskana ciecz nadosadowa jest poddana filtracji.

Tabela 4. Wyniki pomiarów stężeń zanieczyszczeń zawartych w ściekach po procesach: koagulacji z zastosowaniem siarczanu glinu oraz chlorku żelaza (III)

Table 4. Results of measurements of pollutants concentrations in wastewater after coagulation process with aluminium sulphate and iron (III) chloride

Lp.	Parametr	Jednostka	Ścieki surowe	0,3 [g/dm ³] Ca(OH) ₂					
				Al ₂ (SO ₄) ₃ [g/dm ³]			FeCl ₃ [g/dm ³]		
				0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3
1	pH	-	4,43	11,14	11,12	10,92	11,38	11,34	11,19
2	ChZT _{Cr}	mg O ₂ /dm ³	10270	1616	1630	1652	1732	3266	4803
3	BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	4,00	0,0	-	-	0,0	-	-
4	Zawiesina ogólna	mg/dm ³	3381	75	69	39	219	3122	3074
5	Subst. rozpuszczone	mg/dm ³	2535	1566	1625	1686	1427	1392	1403
6	Sucha pozostałość	mg/dm ³	5916	1641	1694	1725	1646	4514	4477

3.2.2. Badania podczyszczania ścieków na drodze filtracji

Zastosowanie filtracji ma na celu zmniejszenie przede wszystkim stężenie zawiesiny ogólnej, oraz w konsekwencji zwiększenie czasu pracy złoża sorpcyjnego [3]. Proces filtracji stanowi kolejny etap proponowanej technologii podczyszczania ścieków z Przedsiębiorstwa DREWEXiM.

Na podstawie wyników pomiarów jakości filtratu wybrano optymalną wysokość złoża filtracyjnego, co w założeniach zabezpieczało złożę sorpcyjne przed zbyt szybkim wyczerpaniem.

Wyniki pomiarów podczyszczania ścieków surowych po procesach tj. koagulacji z zastosowaniem wodorotlenku wapnia, 2-wu godzinnej sedymentacji oraz filtracji, pokazano w tabeli 5.

Analiza wyników pomiarów podanych w tabeli 5, wykazała poprawę wszystkich przebadanych parametrów zanieczyszczeń, a szczególnie redukcję stężenia zawiesiny ogólnej od wartości około 52 mg/dm³, dla wysokości złoża filtracyjnego 0,5m, do wartości 18 mg/dm³, dla złoża filtracyjnego o wysokości 2,0 m.

3.2.3. Podczyszczanie ścieków w procesie sorpcji

Złoża sorpcyjne stanowiły węgle aktywne. Zwykle są ostatnim etapem podczyszczania wody lub ścieków w zakładach przemysłowych, jako niezbędny przed odprowadzeniem ścieków do kanalizacji lub do zbiorników otwartych. Dobór odpowiedniego węgla aktywnego oraz zastosowanie konkretnych układów urządzeń podczyszczania ścieków, uwarunkowane jest głównie możliwo-

Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska ————— 179

ściami finansowymi zakładu produkcyjnego oraz dobrym podczyszczeniem ścieków w węzłach poprzedzających – głównie ze względu na obniżenie stężenia zawiesiny ogólnej.

Tabela 5. Wyniki pomiarów stężeń zanieczyszczeń ścieków po procesach: koagulacji, sedymentacji oraz filtracji

Table 5. Results of measurements of pollutants concentrations in wastewater after coagulation, sedimentation and filtration processes

Lp.	Parametr	Jednostka	Ścieki surowe	Koagulacja $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0,3 [g/dm ³]	Wysokość złoża filtracyjnego		
					h=0,5m	h=1,0m	h=2,0m
1	pH	-	4,55	11,21	10,63	9,72	9,66
2	ChZT _{Cr}	mg O ₂ /dm ³	10310	1700	1625	1560	1450
3	BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	4,00	0,0	-	-	-
4	Zawiesina ogólna	mg/dm ³	4949	150	52	20	18
5	Subs. rozpuszczone	mg/dm ³	2627	1354	1346	1229	1216
6	Sucha pozostałość	mg/dm ³	7576	1504	1398	1249	1234

Węgiel aktywny W_A o średnicy ziaren od 8 do 20 mm

Pierwszym badanym adsorbentem jest węgiel aktywny tzw. ziarnisty o uziarnieniu od 8 do 20 mm.

Uziarnienie węgla aktywnego od 8 mm do 20 mm powoduje, iż czas przepływu przez złożo jest bardzo krótki i uniemożliwia uzyskanie obniżenia stężeń zanieczyszczeń.

Ze względu na niewielką redukcję stężeń zanieczyszczeń ścieków, węgiel aktywny o uziarnieniu od 8 do 20 mm nie jest dobrym sorbentem, dlatego w dalszej kolejności poddano próbom możliwości podczyszczenia ścieków na węgiel aktywnym o uziarnieniu od 4 do 8 mm.

Węgiel aktywny W_A o uziarnieniu od 4 do 8 mm

Uziarnienie od 4 do 8 mm powoduje wolniejszy przepływ cieczy, a tym samym dłuższy czas kontaktu ścieków z sorbentem. Wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 6. Wyniki pomiarów wpływu wysokości kolumny sorpcyjnej na zmiany wartości wskaźników zanieczyszczeń ścieków

Table 6. Results of research on influence of sorptional column height on changes of wastewater pollution indexes values

Lp.	Parametr	Jednostka	Ścieki surowe	Koagulacja 0,3 g/dm ³ Ca(OH) ₂	Filtracja h*=1,0m	Złoże węgla aktywnego W _A 8÷20 mm		
						h**=0,5m	h=1,0m	h=2,0m
1	pH	-	6,25	12,91	12,02	10,88	10,73	10,33
2	ChZT _{Cr}	mg O ₂ /dm ³	11360	2418	2376	2100	1972	1556
3	BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	4,00	0,0	-	-	-	-
4	Zawiesina ogólna	mg/dm ³	3871	273	156	150	150	148
5	Substancje rozpuszczone	mg/dm ³	3061	1561	1510	1465	1404	1311
6	Sucha pozostałość	mg/dm ³	6932	1834	1666	1614	1554	1459

*) proces filtracji prowadzono na złożu piaskowym o wysokości $h = 1$ m

**) proces sorpcji prowadzono na węglu aktywnym o uziarnieniu od 8 do 20 mm

Tabela 7. Wyniki pomiarów jakości ścieków podczyszczanych w procesie koagulacji, filtracji oraz sorpcji z zastosowaniem węgla aktywnego o uziarnieniu od 4 do 8 mm

Table 7. Results of research on quality of wastewater pre-treated in processes of coagulation, filtration and sorption on active carbon with granular fraction size 4÷8 mm

Lp.	Parametr	Jednostka	Ścieki surowe	Koagulacja 0,3 g/dm ³ Ca(OH) ₂	Filtracja h=1,0m	Złoże węgla aktywnego W _A 4÷8 mm		
						h=0,5m	h=1,0m	h=2,0m
1	pH	-	4,29	11,49	11,11	9,54	9,36	9,13
2	ChZT _{Cr}	mg O ₂ /dm ³	10290	1686	1629	1140	961	504
3	BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	4,00	0,0	-	-	-	-
4	Zawiesina ogólna	mg/dm ³	3066	77	33	29	28	26
5	Substancje rozpuszczone	mg/dm ³	3016	1426	1371	1245	1234	899
6	Sucha pozostałość	mg/dm ³	6082	1503	1404	1276	1255	925

Analiza wyników pomiarów podanych w tabeli 7 wykazała, że lepsze wyniki podczyszczania ścieków poprodukcyjnych uzyskano przy zastosowaniu węgla aktywnego o uziarnieniu od 4 do 8 mm niż przy uziarnieniu od 8 do 20 mm. Dalej jednak stosunkowo wysokie jest stężenie substancji organicznej wyrażonej w ChZT_{Cr} , która dwukrotnie przekracza wartość dopuszczalną. W zawiązku z powyższym przeprowadzono badania rozpoznawcze podczyszczania ścieków na węglu aktywnym o uziarnieniu od 1 do 4 mm.

Węgiel aktywny W_A o średnicy ziaren od 1 do 4

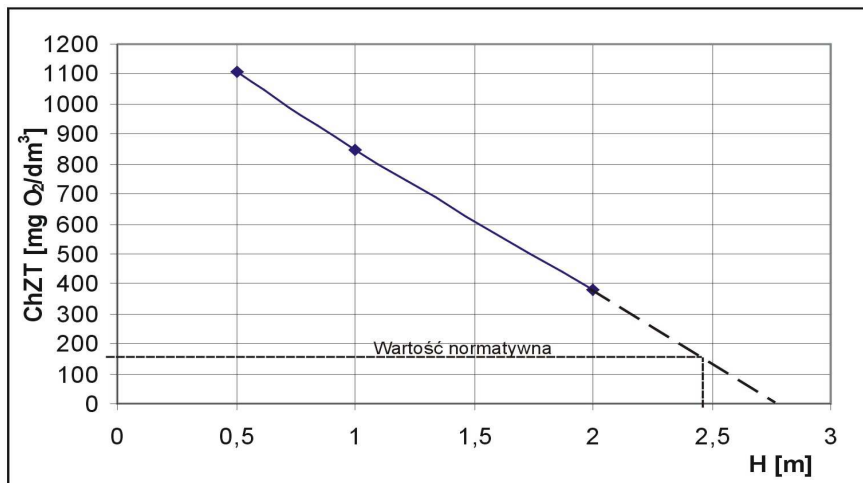
Tabela 8. Wyniki pomiarów jakości ścieków podczyszczanych w procesie koagulacji, filtracji oraz sorpcji z zastosowaniem węgla aktywnego o uziarnieniu od 1 do 4 mm

Table 8. Results of research on quality of wastewater pre-treated in processes of coagulation, filtration and sorption on active carbon with granular fraction size 1÷4 mm

Lp.	Parametr	Jednostka	Ścieki surowe	Koagulacja 0,3 g/dm ³ Ca(OH) ₂	Filtracja h=1,0m	Złoże węgla aktywnego W_A 1÷4		
						h=0,5m	h=1,0m	h=2,0m
1	pH	-	4,29	11,49	11,11	8,94	8,36	7,15
2	ChZT_{Cr}	mg O ₂ /dm ³	10290	1686	1629	1110	846	382
3	BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	4,0	0,0	-	-	-	-
4	Zawiesina ogólna	mg/dm ³	3066	77	33	22	17	13
5	Subst. rozpuszczone	mg/dm ³	3016	1426	1371	1267	1193	658
6	Sucha pozostałość	mg/dm ³	6082	1503	1404	1289	1210	671

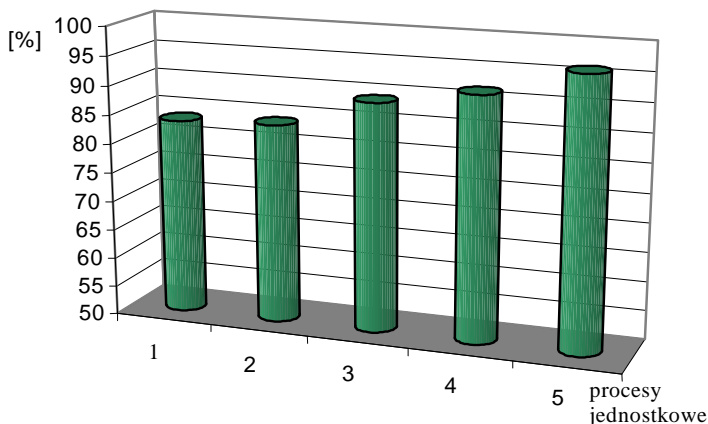
Analiza wyników podanych w tabeli 8 wykazała, iż zastosowanie węgla aktywnego o średnicy ziaren od 1 do 4 mm i wysokości złoża równego 2,0 m, nie zapewnia obniżenia stężenia substancji organicznej wyrażonej w ChZT_{Cr} do wartości dopuszczalnych. Prognozuje się, że zwiększenie wysokości złoża sorpcyjnego do wysokości 2,5 m (rysunek 7), może spowodować redukcję stężenia ChZT_{Cr} do wartości dopuszczalnej, która dla ścieków oczyszczonych wynosi 150 mg O₂/dm³.

Na rysunkach 8, 9 i 10 przedstawiono w sposób graficzny procentową redukcję stężeń zanieczyszczeń w ściekach po zastosowanych procesach fizyczno - chemicznych tj.: koagulacji, sedymentacji grawitacyjnej, filtracji oraz sorpcji. Przedstawione graficznie wyniki są najbardziej optymalnymi wartościami uzyskanymi podczas realizacji prowadzonych badań.



Rys. 7. Zależność redukcji stężenia substancji organicznej wyrażonej w ChZT od wysokości złoża sorpcyjnego

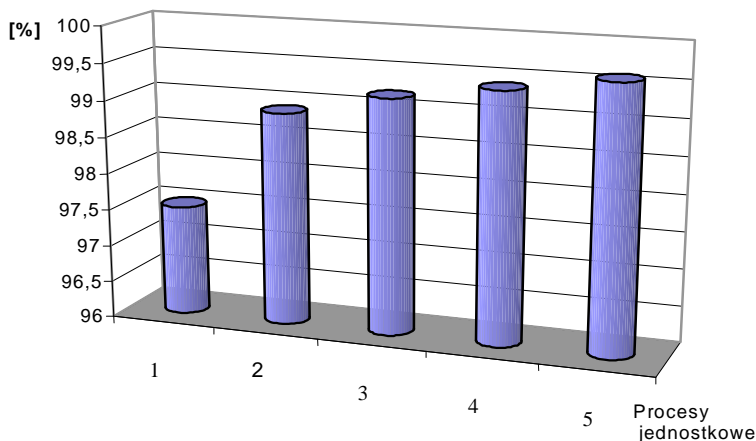
Fig. 7. Relationship between reduction of organic substance (ChZT) concentration and sorption bed height



Procesy jednostkowe: 1 - koagulacja, sedymentacja; 2 - filtracja; 3 - sorpcja - wysokość złoża 0,5 m; 4 - sorpcja - wysokość złoża 1,0 m; 5 - sorpcja - wysokość złoża 2,0 m

Rys. 8. Procentowa redukcja stężenia substancji organicznej wyrażonej w ChZT_{Cr} w wyniku kolejnych procesów fizyczno-chemicznych

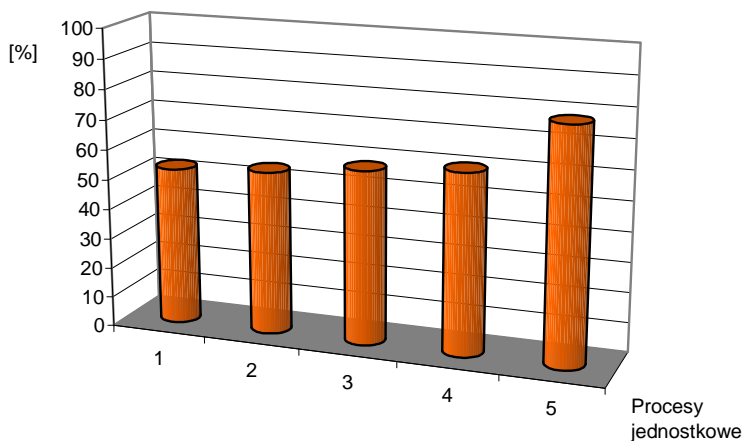
Fig. 8. Percentage reduction of organic substance (ChZT) concentration as a result of consecutive physico-chemical processes



Procesy jednostkowe: **1** - koagulacja, sedimentacja; **2** - filtracja;
3 - sorpcja - wysokość złoża 0,5 m; **4** - sorpcja - wysokość złoża 1,0 m;
5 - sorpcja - wysokość złoża 2,0 m

Rys. 9. Procentowa redukcja stężenia zawiesiny ogólnej w wyniku kolejnych procesów jednostkowych

Fig. 9. Percentage reduction of total suspension as a result of consecutive physico-chemical processes



Procesy jednostkowe: **1** - koagulacja, sedimentacja; **2** - filtracja;
3 - sorpcja - wysokość złoża 0,5 m; **4** - sorpcja - wysokość złoża 1,0 m;
5 - sorpcja - wysokość złoża 2,0 m

Rys. 10. Procentowa redukcja substancji rozpuszczonych po kolejnych procesach jednostkowych

Fig. 10. Percentage reduction of dissolved substances as a result of consecutive physico-chemical processes

4. Opis recepturalny proponowanej do wdrożenia technologii podczyszczania ścieków

Na podstawie uzyskanych rezultatów badań proponuje się technologię, która może zostać wdrożona w Zakładzie. Wstępna koncepcja zakłada, iż ścieki surowe wprowadza się do zbiornika grawitacyjnego, gdzie stosuje się proces koagulacji. Osad pokoagulacyjny wprowadza się na filtr piaskowy. Zużyty piasek należy zagospodarować, jako wtórny odpad. Zdekantowany ściek po procesie koagulacji, sedymentacji grawitacyjnej i filtracji podaje się na złożę sorpcyjne.

- Proces koagulacji proponuje się prowadzić z zastosowaniem wodorotlenku wapnia $\text{Ca}(\text{OH})_2$, którego zalecana dawka wynosi $0,3 \text{ g/dm}^3$.
- Proces filtracji proponuje się prowadzić z zastosowaniem złoża piaskowego, którego optymalna wysokość wynosiła $1,0 \text{ m}$.
- Proces sorpcji zaleca się prowadzić z zastosowaniem optymalnego uziarnienia węgla aktywnego o średnicy ziaren od 1 do 4 mm , oraz zastosowania wysokości złoża sorpcyjnego – minimum $2,0 \text{ m}$ lub nieco więcej.

5. Podsumowanie i wnioski

1. Podczas procesu produkcyjnego powstają ścieki klejowe, które ze względu na swoje właściwości klejące (lepkość) muszą być podczyszczone przed wprowadzeniem do kanalizacji.
2. Wysoka wartość ilorazu $\frac{\text{ChZT}}{\text{BZT}_5}$ wskazuje, że w ściekach znajdują się substancji organiczne nie podatne na procesy biodegradacji. Z tego powodu uzasadnione jest stosowanie procesów fizyko-chemicznych i mechanicznych jak np.: koagulacja, sedymentacja, filtracja i sorpcja.
3. Z procesu koagulacji wyeliminowano bentonit, gdyż jego właściwości powodują zatykanie por złoża. Zastosowany reagent w postaci wodorotlenku wapnia okazał się najskuteczniejszy.

Literatura

1. **Anielak A. M.:** Chemiczne i fizyko-chemiczne oczyszczanie ścieków. PWN Warszawa 2000.
2. **Anielak A. M.:** Odbarwianie ścieków pofarbiarskich w procesie współstrącania i sorpcji. Monografia Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Koszalińskiej, Nr 50 Koszalin 1995.
3. **Bartkiewicz B., Piecuch T., Piekarski J.:** Praktyczne aspekty wydłużenia czasu pracy kolumny sorpcyjnej bez wspomaganie oraz z wspomaganie z poprzedzającym złożem filtracyjnym Rocznik Ochrony Środowiska Tom 2, Koszalin, 2000.
4. Dz. U. 116 poz. 503 z dn. 16 grudnia 1991. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi.
5. **Malej J.:** Usuwanie zawiesin ziarnistych i trudno opadających ze ścieków przemysłu drzewnego III Ogólnopolska Konferencja Naukowa nt.: Kompleksowe i Szczegółowe Problemy Inżynierii Środowiska, Koszalin, 1997.
6. **Nawrocki J., Biłozora S.:** Uzdatanianie wody. Procesy chemiczne i biologiczne Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, Poznań, 2000.
7. **Obarska-Pempkowiak H.:** Technologia wody Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 1997.
8. **Piecuch T.:** Technika Hydroszlamowa. Wydawnictwo Politechniki Koszalińskiej Koszalin 1998.
9. **Świdarska-Bróz M.:** Przydatność koagulacji w usuwaniu mikrozanieczyszczeń i ich prekursorów Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna Zapotrzebowanie w wodę miast i wsi, Poznań, 1996.
10. Prospekt reklamowy firmy Jowat Polska
11. **Wierzbicki J., Szpindor A.:** Zaopatrzenie w wodę Warszawa, 1978.
12. **Zenkter M.:** Kleje i klejenie drewna Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1984.

Analysis Of Pre-Treatment Possibilities Of Post-Production Wastewater From Windows And Doors Production In The DREWEXiM Company In Nowe Bielice

Abstract

One of the biggest companies, which produce windows, doors and other wooden elements, in the middle Pomerania region is DREWEXiM company situated in Nowe Bielce near Koszalin.

Wastewater in this company mainly comes from washing and rinsing glue installations (Fig. 1). The wastewater is not toxic, but for the sake of gluing properties it is characterized by small susceptibility to decomposition and high load of contaminants, especially organic substances measured by COD, total suspension Z_{og} , dissolved substances S_R , and pH.

The aim of this work was to evaluate methods of wastewater pre-treatment basing on the laboratory physical and chemical measurements. The other aim of this work was to work out a procedure of wastewater pre-treatment in DREWEXiM Company and determination of indispensable conditions of its application.

Results of laboratory research allow to draw following conclusions:

1. Wastewater from DREWEXiM Company arising during production has to be pre-treated before piping off to the sewage system due to gluing properties (viscosity). Direct piping off to the sewage system is not acceptable.
2. High $\frac{COD}{BOD}$ ratio shows that wastewater contains organic substances which are characterized by small susceptibility to biological decomposition. For that reason only physical and chemical processes (such as coagulation, sedimentation, filtration and sorption) are proposed for the wastewater pre-treatment installation.
3. Bentonite was excluded from the process of coagulation, due to its properties - plugging of the bed pores occurs. The most effective reagent appeared to be calcium hydroxide.

The most optimal technology of wastewater pre-treatment, which should be introduced in the DREWEXiM Company, was selected, basing on the results of the laboratory research. An initial conception assumes, that wastewater from the installation will be brought into coagulation tank. Coagulation process will be run using calcium hydroxide $Ca(OH)_2$, with recommended dose of 0.3 g/dm^3 .

Decanted water will go to filtration process on a column of height $h = 1.0 \text{ m}$. Filtration bed should be made of sand.

Post-coagulation sediment should go to another sand filter. Used up sand should be treated as a secondary waste.

Wastewater after coagulation, gravitational sedimentation and filtration next will be treated in the sorption process. The most optimal bed used in the sorption process should be over two meters high. Granular fraction size of the active carbon used in the sorption process should be $1 \div 4 \text{ mm}$.

Research work is still continued, and its results will be published in next papers.