

Analiza możliwości intensyfikacji odwadniania osadów pokoagulacyjnych pochodzących ze ścieków produkcyjnych Przedsiębiorstwa DREWEXiM

*Barbara Juraszka, Tadeusz Piecuch
Politechnika Koszalińska*

1. Wstęp

W regionie środkowopomorskim największym przedsiębiorstwem zajmującym się produkcją elementów okiennych 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 sklejonnych elementów [15].

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

W trakcie procesu produkcyjnego powstają ścieki; ocena możliwości ich podczyszczania stanowi przedmiot badań i analiz przedstawionych w niniejszej publikacji. Praca ta jest kontynuacją badań związanych z tą problematyką, a prowadzonych od kilku lat [4].

2. Gospodarka wodno-ściekowa zakładu

Ścieki poprodukcyjne w zakładzie powstają w wyniku mycia i płukania instalacji klejowych. Osady powstałe po procesach koagulacji i sedymentacji nadają się jedynie do spalania, ponieważ ze względu na skład chemiczny kleju – podany przez producenta (przedstawiony poniżej) charakteryzują się małą podatnością na rozkład [6].

Skład kleju Jowacoll 102 20 i utwardzacza Jowat 195 30 [13]:

- **Jowacoll 102 20** – klej:
 - polioctan winylu i kopolimer winylu w ilości do 50% mas.,
 - 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%.

3. Propozycja układu technologicznego

Na podstawie badań rozpoznawczych zaproponowano układ technologiczny podczyszczania ścieków przemysłowych Przedsiębiorstwa DREWEXiM przedstawiony na rys. 1.

W pierwszym etapie ścieki surowe, (których stężenia charakterystycznych wskaźników zanieczyszczeń przedstawiono w tabeli 1), podaje się do procesu koagulacji (I węzeł technologiczny – rys. 1).

Ciecz nadosadowa po procesach koagulacji, a następnie sedymentacji grawitacyjnej trwającej 2 godziny, podawana jest do kolejnych węzłów technologicznych, przedstawiono to w pracy [4].

Osady powstałe po procesach koagulacji i sedymentacji grawitacyjnej, (które stanowią główny cel badań), zostają nadane do procesu sedymentacji odśrodkowej [12] (węzeł II a – rys. 1) lub też alternatywnie do procesu filtracji na złożu węgla aktywnego (węzeł II b – rys. 1) ewentualnie na złożu, które stanowią wióry drzewne pochodzące z Zakładu DREWEXiM.

Przyjęto założenie, iż materiał tworzący warstwę filtracyjno-sorpcyjną dla odwodnienia osadów w procesie filtracji grawitacyjnej musi być materiałem palnym. Osad ten ze względu na właściwości klejące nie może być zagospodarowany w inny sposób, jak tylko spalany [5,8,9,10,11].

Odsącz po procesie sedymentacji odśrodkowej oraz filtrat po procesie filtracji można zawrócić do I węzła technologicznego, czyli do procesu koagulacji. Biorąc powyższe pod uwagę, wykonano badania wskaźników zanieczyszczeń odsączu oraz filtratu. Analiza wartości tych wskaźników miała dać odpowiedź na pytanie, czy odsącz lub filtrat można zawrócić do pierwszego węzła technologicznego tj. koagulacji i sedymentacji grawitacyjnej bez negatywnego skutku dla jakości tych procesów.

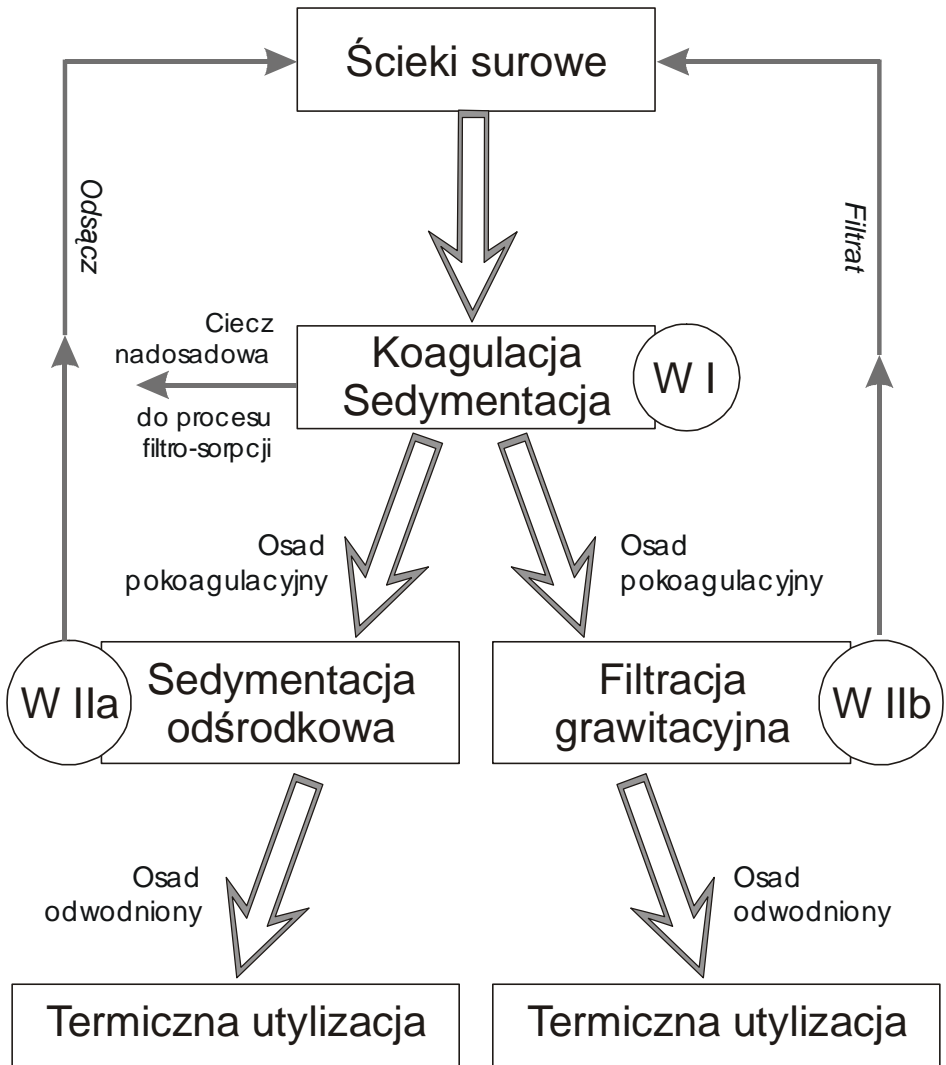
Tabela 1. Charakterystyka jakości ścieków poprodukcyjnych z Przedsiębiorstwa DREWEXIM w Nowych Bielicach

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

Lp.	Wskaźnik	Symbol	Jednostka	Ściek surowy	Norma*
1	Odczyn	pH	–	4,2	6,5÷9,0
2	Chemiczne zapotrzebowanie tlenu	ChZT _{Cr}	mg O ₂ /dm ³	18000	150
3	Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu	BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	0,5	30,0
4	Zawiesina ogólna	Z	mg/dm ³	3779	50
5	Substancje rozpuszczone	S _R	mg/dm ³	4593	2000
6	Sucha pozostałość	S _P	mg/dm ³	8372	2050
7	Ekstrakt eterowy	E _E	mg/dm ³	15	50

*) Wartości dopuszczalne obowiązujące na mocy Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 29 listopada 2002 roku (Dz. U. Nr 212) [3]

Analiza wyników zawartych w tabeli 1 pozwala zauważyć, że znacznie przekroczone są wartości dopuszczalne prawie wszystkich badanych wskaźników zanieczyszczeń. Najbardziej, aż około 120 razy przekroczona została wartość dopuszczalna wskaźnika chemicznego zapotrzebowania tlenu ChZT_{Cr}, oraz 75,5 razy koncentracja zawiesiny ogólnej.



Rys. 1. Schemat blokowy układu technologicznego utylizacji osadów pokoagulacyjnych; W – węzeł technologiczny

Fig. 1. A block outline of the technological system of the post-coagulation residue utilization; W – technological node

4. Badania własne procesowe

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

Zasadnicze badania przedstawione w niniejszej publikacji dotyczyły procesów dających możliwości odwadniania osadów pokoagulacyjnych, które sedymentowały grawitacyjnie – w procesach filtracji grawitacyjnej i sedymentacji odśrodkowej.

4.1. Koagulacja i sedymentacja grawitacyjna

Badania procesu koagulacji wykonano stosując wodorotlenek wapnia Ca(OH)_2 . Ustalając warunki procesowe oparto się na wcześniejszych badaniach [4].

Parametrami stałymi w trakcie trwania procesu koagulacji były: temperatura ścieków nadanych do procesu wynosząca 18°C oraz dawka Ca(OH)_2 wynosząca $2,0 \text{ g/dm}^3$.

Proces koagulacji prowadzony był z wykorzystaniem mieszadła łopatkowego. Pierwsza faza koagulacji tj. szybkie mieszanie prowadzone było w czasie 30 sekund od momentu dodania koagulantu. Podczas szybkiego mieszania ilość obrotów wynosiła 30 min^{-1} .

W drugiej fazie koagulacji tj. podczas wolnego mieszania trwającego 20 minut ilość obrotów wynosiła 4 min^{-1} [1].

W kolejnym etapie ścieki poddano procesowi sedymentacji. Proces ten na podstawie wstępnych badań rozpoznawczych prowadzono w jednakowym czasie wynoszącym 2 godziny. Wyniki otrzymanych badań po procesie koagulacji i sedymentacji przedstawiono w tabeli 2.

Procesy koagulacji i sedymentacji nie stanowiły w tej publikacji głównego obszaru badań, a ich wykonanie było potrzebne dla otrzymania osadów, które potem były używane do badania ich odwadniania w procesie sedymentacji odśrodkowej oraz filtracji grawitacyjnej.

Po procesach koagulacji i sedymentacji grawitacyjnej odnotowano znaczące obniżenie wskaźników zanieczyszczeń cieczy nadosadowej, m.in. takich parametrów jak: ChZT_{Cr} o 66,6%, Z o 97%, S_{R} o 42% oraz S_{P} o 66,8%.

Charakterystykę wskaźników zanieczyszczeń osadów pokoagulacyjnych nadanych do odwadniania w procesach sedymentacji odśrodkowej i filtracji grawitacyjnej przedstawiono w tabeli 3.

Analiza wyników zawartych w tabeli 3 pozwala stwierdzić, że znacznie przekroczone są wartości dopuszczalne prawie wszystkich badanych parametrów. Najbardziej, (aż ponad 4486 razy) przekroczona została wartość dopuszczalna wskaźnika zawiesiny ogólnej, a 1166 razy wartość normatywna wskaźnika chemicznego zapotrzebowania tlenu.

Tabela 2. Charakterystyka cieczy nadosadowej po procesie koagulacji wodorotlenkiem wapnia Ca(OH)_2 w ilości $D = 2,00 \text{ g/dm}^3$

Table 2. The characteristics of the decanted water after the process of coagulation with calcium hydroxide Ca(OH)_2 in the amount of $D = 2,00 \text{ g/dm}^3$

Lp.	Wskaźnik	Symbol	Jednostka	Ca(OH)_2	Norma
1	Odczyn	pH	–	11,9	6,5÷9,0
2	Chemiczne zapotrzebowanie tlenu	ChZT_{Cr}	$\text{mg O}_2/\text{dm}^3$	6000	150
3	Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu	BZT_5	$\text{mg O}_2/\text{dm}^3$	0	30
4	Zawiesina ogólna	Z	mg/dm^3	115	50
5	Substancje rozpuszczone	S_R	mg/dm^3	2665	2000
6	Sucha pozostałość	S_P	mg/dm^3	2780	2050

Tabela 3. Wyniki badań wskaźników zanieczyszczeń osadu pokoagulacyjnego

Table 3. Values of contamination indicators in the post-coagulation residue

Lp.	Wskaźnik	Symbol	Jednostka	Wartość	Norma
1	Odczyn	pH	–	11,9	6,5÷9,0
2	Chemiczne zapotrzebowanie tlenu	ChZT_{Cr}	$\text{mg O}_2/\text{dm}^3$	175000	150
3	Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu	BZT_5	$\text{mg O}_2/\text{dm}^3$	3	30
4	Zawiesina ogólna	Z	mg/dm^3	224328	50
5	Substancje rozpuszczone	S_R	mg/dm^3	7901	2000
6	Sucha pozostałość	S_P	mg/dm^3	227229	2050

4.2. Sedymentacja odśrodkowa

4.2.1. Wpływ czasu wirowania na jakość odsączu

W tej serii badań określono wpływ czasu wirowania na wielkości wskaźników zanieczyszczeń otrzymanego odsączu. Podczas prowadzenia procesu parametrem stałym były obroty wirnika $n = 3000 \text{ min}^{-1}$, zmienny był stosunkowo długi czas wirowania i wynosił od 4 do 10 minut. Wyniki otrzymanych badań wpływu czasu wirowania na jakość otrzymanego odsączu przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Zestawienie wyników badań wpływu czasu wirowania na jakość odsączu po procesie sedymentacji odśrodkowej; obroty wirnika $n = 3000 \text{ min}^{-1} = \text{const}$

Table 4. Breakdown of the test results on the influence of rotation time on the quality of drainage after the centrifugal sedimentation process; rotation speed $n = 3000 \text{ min}^{-1} = \text{const}$

Lp.	Wskaźnik	Symbol	Jednostka	t=4 min	t=7 min	t=10 min	Norma
1	Odczyn	pH	–	12,1	12,1	12,1	6,5÷9,0
2	Chemiczne zapotrzebowanie tlenu	ChZT	mg O ₂ /dm ³	168000	166000	167000	150
3	Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu	BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	0	0	0	30
4	Zawiesina ogólna	Z	mg/dm ³	3250	3170	3105	50
5	Substancje rozpuszczone	S _R	mg/dm ³	7890	7892	7891	2000
6	Sucha pozostałość	S _P	mg/dm ³	11140	11062	10996	2050

Na podstawie analizy wyników badań przedstawionych w tabeli 4 i porównując je z danymi przedstawionymi w tabeli 3, można zauważyć, że czas wirowania nie wpływa istotnie na obniżenie chemicznych wskaźników zanieczyszczeń w odsączu. Sedymentacja odśrodkowa jest procesem mechanicznym, nie zachodzą tu lub zachodzą w minimalnym stopniu procesy chemiczne, które mogłyby spowodować obniżenie wartości badanych wskaźników zanieczyszczeń ChZT_C, oraz S_R. W związku z powyższym nie przedstawiono graficznie otrzymanych rezultatów badań. Proces sedymentacji odśrodkowej daje zadawalające efekty obniżania zawartości koncentracji masowej ciała stałego w zawieszynie. Przykładowo, w otrzymanym odsączu określono Z od 3250 mg/dm³ dla t = 4 minuty do 3105 mg/dm³ dla t = 10 minut, przy czym początkowa wartość Z wy-

nosiła 224328 mg/dm³, a więc osiągnięto 98,6% efekt obniżenia wartości omawianego wskaźnika dla $n = 3000 \text{ min}^{-1} = \text{const}$ i czasu wirowania $t = 10 \text{ min}$. Wynika stąd, że zasadniczy efekt obniżenia wskaźnika zawiesiny ogólnej otrzymuje się w czasie wirowania krótszym niż 4 minuty – vide tabela 3.

4.2.2. Wpływ prędkości obrotowej na jakość odsączu

W następnym etapie badań osad pokoagulacyjny odwadniano w wirówce sedymentacyjnej. Podczas prowadzenia procesu parametrem stałym był czas wirowania, który wynosił 5 minut; zmienne były obroty wirnika od $n = 1000 \text{ min}^{-1}$ do $n = 3000 \text{ min}^{-1}$. Otrzymane wyniki badań wpływu prędkości obrotowej na jakość otrzymanego odsączu przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Zestawienie wyników badań wpływu prędkości obrotowej na jakość odsączu po procesie sedymentacji odśrodkowej; czas wirowania $t = 5 \text{ minut} = \text{const}$

Table 5. Breakdown of the test results on the influence of rotation speed on the quality of drainage after the centrifugal sedimentation process, rotation time $t = 5 \text{ minutes} = \text{const}$

Lp.	Wskaźnik	Symbol	Jednostka	n=1000 min ⁻¹	n=2000 min ⁻¹	n=3000 min ⁻¹	Norma
1	Odczyn	pH	–	12,1	12,1	12,1	6,5÷9,0
2	Chemiczne zapotrzebowanie tlenu	ChZT _{Cr}	mg O ₂ /dm ³	171000	169000	168000	150
3	Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu	BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	0	0	0	30
4	Zawiesina ogólna	Z	mg/dm ³	3600	3550	3510	50
5	Substancje rozpuszczone	S _R	mg/dm ³	7888	7882	7881	2000
6	Sucha pozostałość	S _P	mg/dm ³	11488	1432	11391	2050

Na podstawie wyników badań przedstawionych w tabeli 5 można stwierdzić, że obroty, podobnie jak czas wirowania, w badanym przedziale zmian nie odgrywają istotnej roli dla obniżenia wartości wskaźników zanieczyszczeń w otrzymanym odsączu. Proces sedymentacji odśrodkowej pozwolił osiągnąć znaczny efekt obniżenia wartości wskaźnika zawiesiny ogólnej, której wartość w ściekach nadanych do procesu wynosiła 224328 mg/dm³, a po procesie 3510 mg/dm³; dla $t = 5 \text{ minut}$ i $n = 3000 \text{ min}^{-1}$, co stanowi 98,4% redukcję. Wynika stąd, że zasadniczy efekt obniżenia wskaźnika zawiesiny ogólnej otrzymuje się już przy wartości liczby obrotów wirówki mniejszych nawet niż wartość $n = 1000 \text{ min}^{-1}$, gdy czas wirowania wynosi aż 5 minut.

Powyższa analiza pozwala stwierdzić, że taki odsącz można zawracać do ścieków poprodukcyjnych nie zwiększając ich zanieczyszczenia zawiesiną (porównaj tabela 1).

4.3. Filtracja grawitacyjna

4.3.1. Filtracja na wiórach drzewnych

W kolejnym etapie badań osad pokoagulacyjny odwadniano grawitacyjnie na złożu, które stanowiły wióry z przeróbki drewna pochodzące z zakładu. Używając ten materiał do badań, kierowano się możliwością późniejszego podania odwodnionego osadu wraz z materiałem filtracyjnym do procesu spalania.

Parametrem zmiennym była wysokość złoża filtracyjnego ($h = 0,5$ m; $h = 0,75$ m; $h = 1,0$ m).

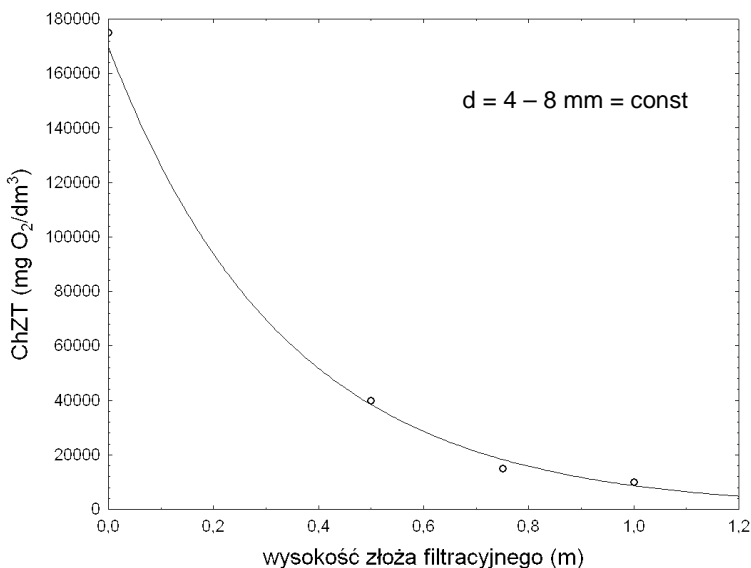
Wyniki badań przedstawiono w tabeli 6 oraz na rysunkach 2÷5.

Tabela 6. Zestawienie wyników badań wpływu wysokości złoża filtracyjnego na jakość filtratu po procesie filtracji grawitacyjnej na wiórach

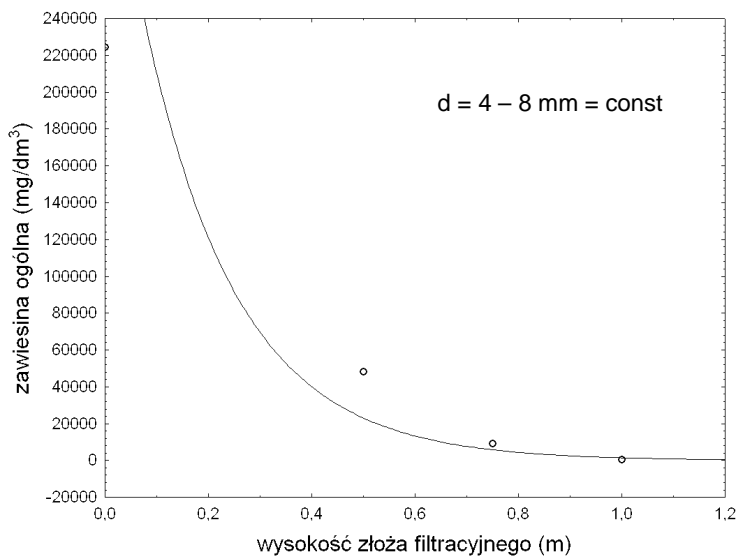
Table 6. Breakdown of the test results on the influence of the filtration bed height on the quality of filtrate after the process of gravitational filtration on wood shavings

Lp.	Wskaźnik	Symbol	Jednostka	$h = 0,5$ m	$h = 0,75$ m	$h = 1,0$ m	Norma
1	Odczyn	pH	–	6,1	6,1	6,1	6,5÷9,0
2	Chemiczne zapotrzebowanie tlenu	ChZT _{Cr}	mg O ₂ /dm ³	40000	15000	9900	150
3	Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu	BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	0	0	0	30
4	Zawiesina ogólna	Z	mg/dm ³	48250	9250	700	50
5	Substancje rozpuszczone	S _R	mg/dm ³	6000	5500	5100	2000
6	Sucha pozostałość	S _P	mg/dm ³	54250	14750	5800	2050

Przebieg wykresu na rysunku 2 wskazuje na spadek wartości wskaźnika ChZT_{Cr} w filtracie wraz ze wzrostem wysokości złoża filtracyjnego od wartości 40000 mg O₂/dm³ przy wysokości złoża $h = 0,5$ m do wartości 9900 mg O₂/dm³ dla $h = 1,0$ m, co stanowi 94,4% efekt obniżenia wartości tego wskaźnika w ściekach nadanych do procesu.



Rys. 2. Wpływ wysokości złoża filtracyjnego na zawartość wskaźnika ChZT_{Cr} w filtracie
Fig. 2. Influence of the filtration bed height on the amount of ChZT_{Cr} in the filtrate



Rys. 3. Wpływ wysokości złoża filtracyjnego na zawartość wskaźnika zawiesiny w filtracie
Fig. 3. Influence of the filtration bed height on the amount of suspension in the filtrate

Z przebiegu wykresu na rysunku 3 widać, że najlepsze rezultaty obniżenia wartości wskaźnika zawiesiny ogólnej w filtracji otrzymano na złożu o wysokości $h = 1,0$ m. W ściekach nadanych do procesu wartość zawiesiny ogólnej wynosiła 224328 mg/dm^3 , a po procesie filtracji 700 mg/dm^3 , co stanowi 99,7% redukcję wartości początkowej.

Przebieg wykresu na rysunku 4 wskazuje, że wartość wskaźnika substancji rozpuszczonych w filtracji maleje wraz z wysokością złoża filtracyjnego. Najmniejszą wartość otrzymano po procesie filtracji na złożu o wysokości $h = 1,0$ m i wynosi ona 5100 mg/dm^3 – jest to 35,5% spadek wartości wskaźnika w ściekach nadanych do procesu, który wynosił 7901 mg/dm^3 .

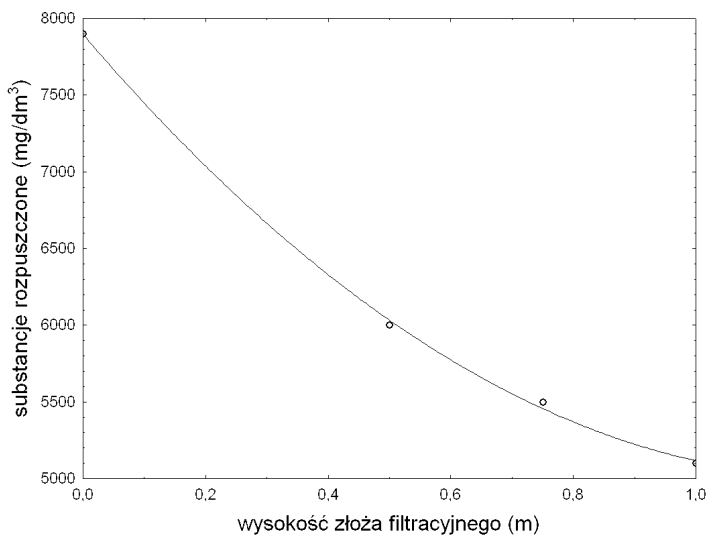
Przebieg wykresu na rysunku 5 wskazuje, że wartość wskaźnika suchej pozostałości w filtracji maleje wraz z wysokością złoża filtracyjnego. Najmniejszą wartość otrzymano po procesie filtracji na złożu o wysokości $h = 1,0$ m i wynosi ona 5800 mg/dm^3 – jest to 97% spadek wartości tego wskaźnika wobec jego wartości w ściekach nadanych do procesu.

Powyższa analiza pozwala stwierdzić, że taki filtrat można zawracać do ścieków poprodukcyjnych nie pogarszając ich jakości (czyli nie zwiększając ilości zanieczyszczeń).

4.3.2. Filtracja grawitacyjna na złożu węgla aktywnego

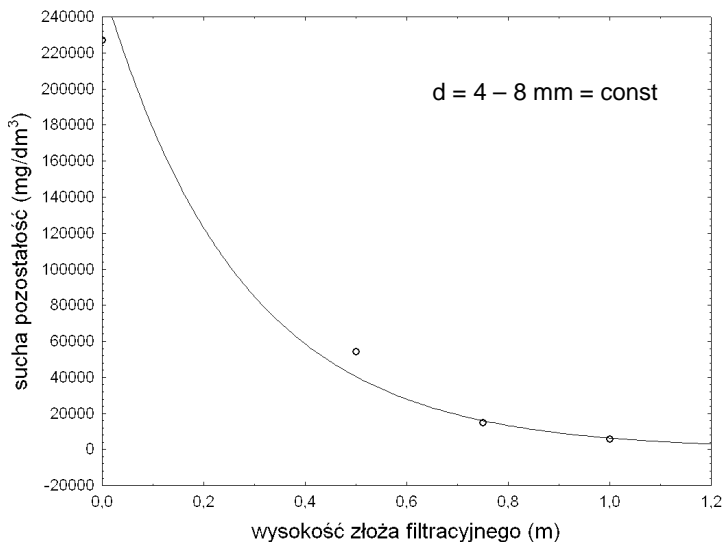
W kolejnym etapie badań procesu filtracji grawitacyjnej jako złoża filtracyjnego użyto węgla aktywny. Stosując ten materiał do badań kierowano się również (jak w przypadku wiórów drzewnych), możliwością późniejszego podania odwodnionego osadu wraz z węglem do procesu spalania. Decydując się tu na użycie węgla aktywnego – stosunkowo drogiego materiału, (który jest głównie sorbentem) – jako złoża filtracyjnego, przyjęto, że ścieków poprodukcyjnych w Przedsiębiorstwie DREWEXiM jest bardzo mało – $4 \text{ m}^3/\text{miesiąc}$, stąd koszt wymiany zużytego węgla aktywnego będzie do przyjęcia przez Przedsiębiorstwo DREWEXiM.

Podczas prowadzenia procesu parametrem stałym była średnica ziaren złoża filtracyjnego, a zmiennym wysokość złoża filtracyjnego ($h = 0,5$ m; $h = 0,75$ m; $h = 1,0$ m). Wyniki badań przedstawiono w tabeli 7 oraz rysunkach 6÷9.



Rys. 4. Wpływ wysokości złoża filtracyjnego na zawartość wskaźnika substancji rozpuszczonych w filtracie

Fig. 4. Influence of the filtration bed height on the amount of dissolved substances in the filtrate

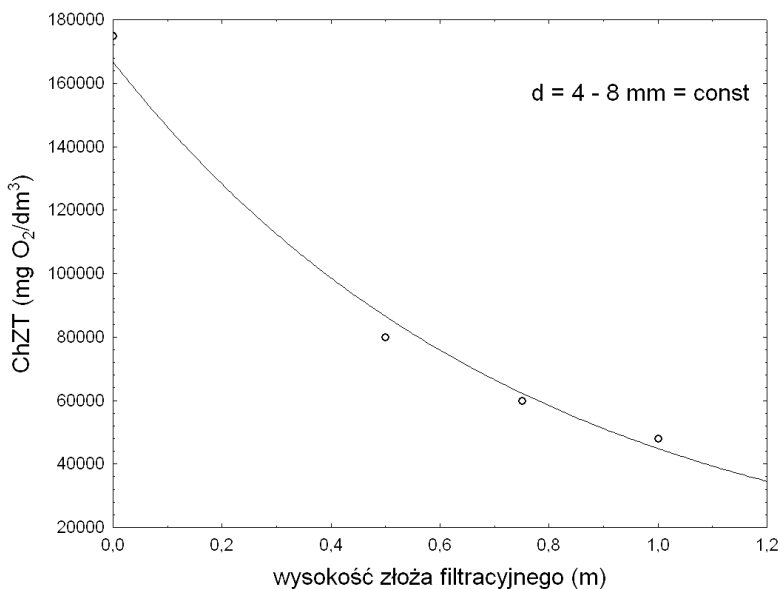


Rys. 5. Wpływ wysokości złoża filtracyjnego na zawartość wskaźnika suchej pozostatości w filtracie

Fig. 5. Influence of the filtration bed height on the amount of dry matter in the filtrate

Tabela 7. Zestawienie wyników badań wpływu wysokości złoża filtracyjnego na jakość filtratu po procesie filtracji grawitacyjnej na węglu aktywnym; $d = 4 \div 8 \text{ mm} = \text{const}$.
Table 7. Breakdown of the test results on the influence of the filtration bed height on the quality of filtrate after the gravitational filtration process on active carbon; $d = 4 \div 8 \text{ mm} = \text{const}$.

Lp.	Wskaźnik	Symbol	Jednostka	h = 0,5m	h = 0,75 m	h = 1,0 m	Norma
1	Odczyn	pH	-	12,8	12,9	12,9	6,5÷9,0
2	Chemiczne zapotrzebowanie tlenu	ChZT _{Cr}	mg O ₂ /dm ³	80000	60000	48000	150
3	Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu	BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	0	0	0	30
4	Zawiesina ogólna	Z	mg/dm ³	98520	63250	52850	50
5	Substancje rozpuszczone	S _R	mg/dm ³	4520	2999	2480	2000
6	Sucha pozostałość	S _P	mg/dm ³	103040	66249	55330	2050

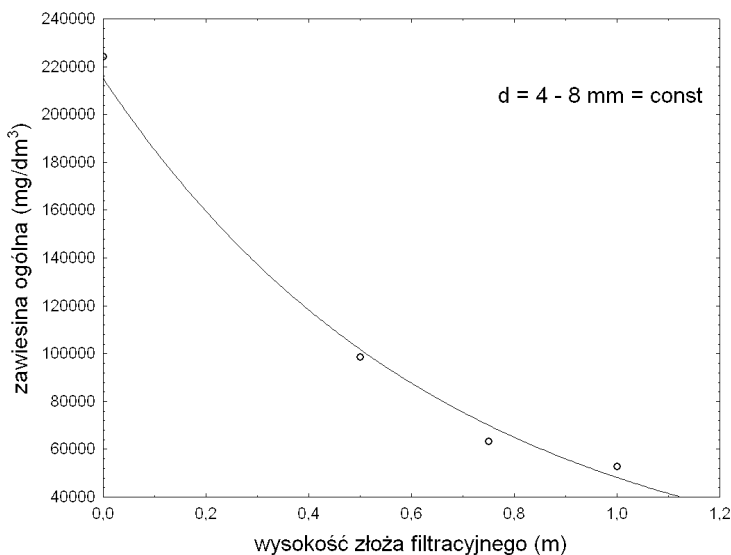


Rys. 6. Wpływ wysokości złoża filtracyjnego na zawartość ChZT_{Cr} w filtracie
Fig. 6. Influence of the filtration bed height on the amount of ChZT_{Cr} in the filtrate

Przebieg wykresu na rysunku 6 wskazuje na to, że wraz ze wzrostem wysokości złoża filtracyjnego zmniejsza się wartość wskaźnika $ChZT_{Cr}$ w badanym filtracie. Wartość $ChZT_{Cr}$ w ściekach nadanych do procesu wynosiła $175000 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$, a po procesie filtracji na złożu o wysokości $h = 1,0 \text{ m}$ otrzymano wartość $48000 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$, co stanowi 73% redukcję.

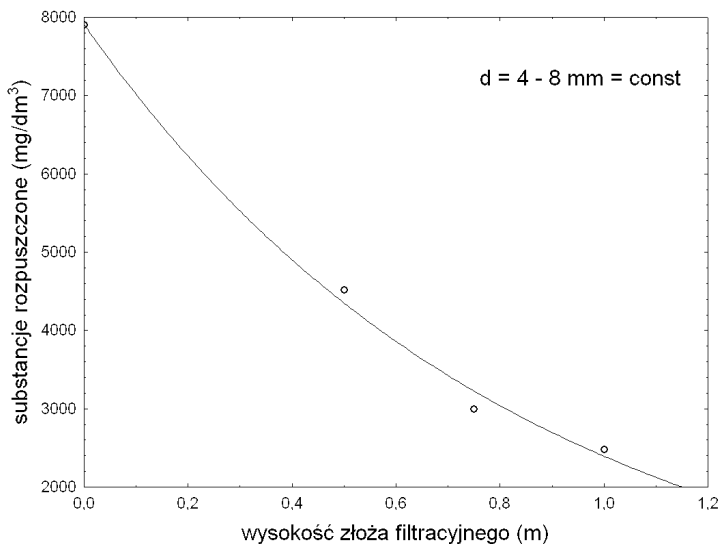
Przebieg wykresu na rysunku 7 wskazuje, że najlepsze rezultaty obniżenia wartości wskaźnika zawiesiny ogólnej otrzymano po filtracji na złożu o wysokości $h = 1,0 \text{ m}$ i wynosi ona $52850 \text{ mg}/\text{dm}^3$, co stanowi 76,5% obniżkę wartości tego wskaźnika w stosunku do ścieku nadanego do procesu, tj. $224328 \text{ mg}/\text{dm}^3$.

Przebieg wykresu na rysunku 8 wskazuje na obniżenie wartości wskaźnika substancji rozpuszczonych w otrzymanym filtracie wraz ze wzrostem wysokości złoża filtracyjnego w przedziale od $4520 \text{ mg}/\text{dm}^3$ dla $h = 0,5 \text{ m}$ do $2480 \text{ mg}/\text{dm}^3$ dla $h = 1,0 \text{ m}$. W ściekach nadanych do procesu wartość tego wskaźnika wynosiła $7901 \text{ mg}/\text{dm}^3$, a więc obniżka wynosi 68,6% w stosunku do najlepszego wyniku.



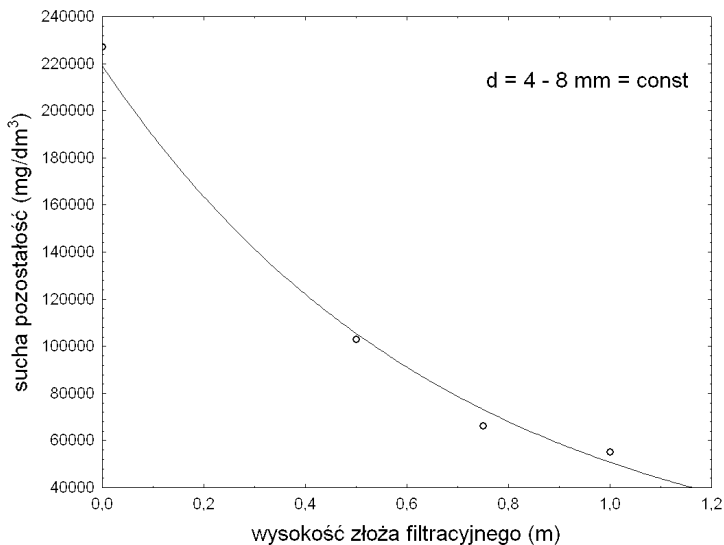
Rys. 7. Wpływ wysokości złoża filtracyjnego na zawartość wskaźnika zawiesiny ogólnej w filtracie

Fig. 7. Influence of the filtration bed height on the amount of suspension in the filtrate



Rys. 8. Wpływ wysokości złoża filtracyjnego na zawartość wskaźnika substancji rozpuszczonych w filtracie

Fig. 8. Influence of the filtration bed height on the amount of dissolved substances in the filtrate



Rys. 9. Wpływ wysokości złoża filtracyjnego na zawartość wskaźnika suchej pozostatości w filtracie

Fig. 9. Influence of the filtration bed height on the amount of dry matter in the filtrate

Przebieg wykresu na rysunku 9 wskazuje, że wartość wskaźnika suchej pozostałości w filtracji maleje wraz ze wzrostem wysokości złoża filtracyjnego. Najniższą wartość – 55330 mg/dm³ – otrzymano przy wysokości złoża $h = 1,0$ m, co stanowi 75,7% obniżkę w stosunku do wartości tego wskaźnika w ściekach nadanych do procesu, czyli do 227229 mg/dm³.

Powyższa analiza pozwala stwierdzić, że taki filtrat można zawracać do ścieków poprodukcyjnych nie pogarszając (zwiększając zanieczyszczenie) ich jakości.

W kolejnym etapie badań osad pokoagulacyjny odwadniano grawitacyjnie na złożu węgla aktywnego, którego wysokość była parametrem stałym i wynosiła $h = 1$ m; zmienne było uziarnienie złoża i wynosiło ono kolejno $d = 4\div 8$ mm; $d = 8\div 20$ mm; $d = 20\div 25$ mm.

Wyniki otrzymanych badań przedstawiono w tabeli 8 oraz na rysunkach 10÷13.

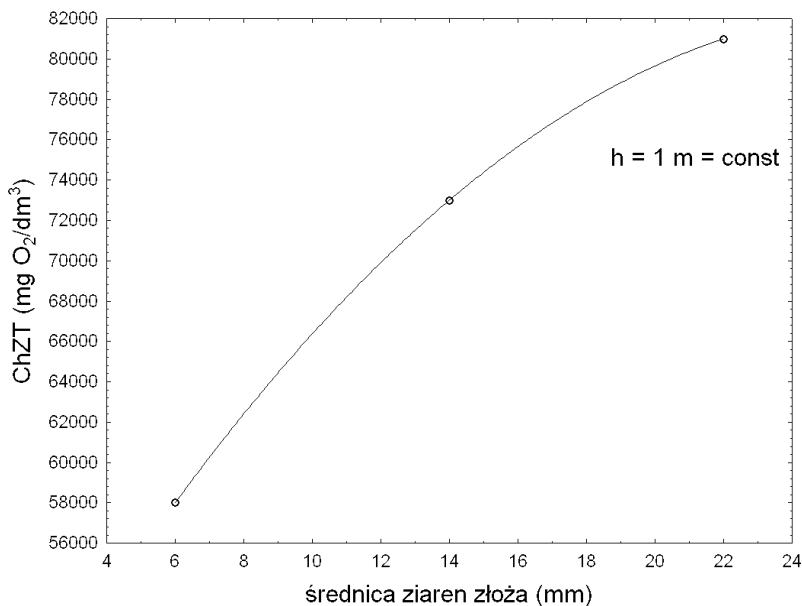
Tabela 8. Zestawienie wyników badań wpływu średnicy uziarnienia złoża filtracyjnego na jakość filtratu po procesie filtracji grawitacyjnej na węglu aktywnym; wysokość złoża $h = 1$ m = const

Table 8. Breakdown of the test results on the influence of the granulation diameter of the filtration bed on the quality of the filtrate after the process of gravitational filtration on active carbon; height of the bed = 1 m = const

Lp.	Wskaźnik	Symbol	Jednostka	$d = 4\div 8$ mm	$d = 8\div 20$ mm	$d > 20$ mm	Norma
1	Odczyn	pH	–	12,9	12,9	12,9	6,5÷9,0
2	Chemiczne zapotrzebowanie tlenu	ChZT _{Cr}	mg O ₂ /dm ³	58000	73000	81000	150
3	Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu	BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	0	0	0	30
4	Zawiesina ogólna	Z	mg/dm ³	56644	96762	110913	50
5	Substancje rozpuszczone	S _R	mg/dm ³	2318	2413	2480	2000
6	Sucha pozostałość	S _P	mg/dm ³	58962	99175	113393	2050

Przebieg wykresu na rysunku 10 wskazuje na wzrost wartości wskaźnika $ChZT_{Cr}$ w filtracie wraz ze wzrostem średnicy ziaren złoża filtracyjnego od $58000 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ dla $d = 4\div 8 \text{ mm}$ do wartości $81000 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ dla $d > 20 \text{ mm}$. Wartość tego wskaźnika w ściekach nadanych do procesu filtracji wynosiła $175000 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$, a więc osiągnięto 67% obniżkę wartości dla najlepszego wyniku.

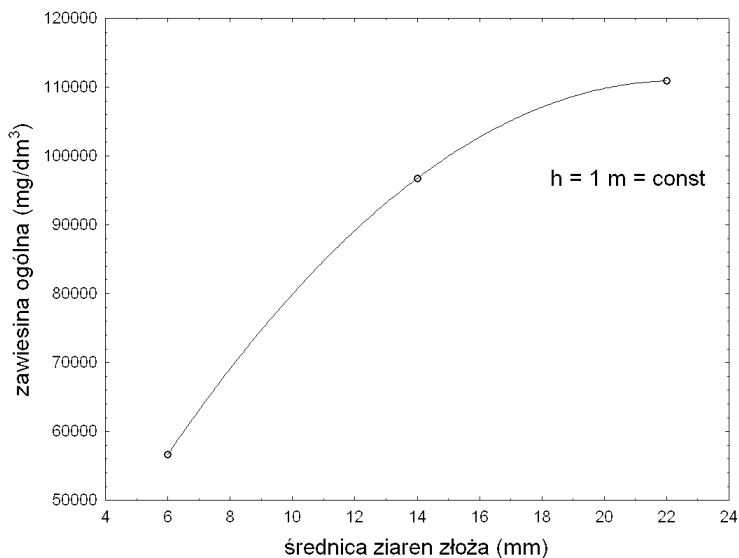
Z przebiegu wykresu na rysunku 11 widać, że wartość wskaźnika zawiesiny ogólnej w otrzymanym filtracie rośnie wraz ze wzrostem uziarnienia złoża. Najmniejszą wartość otrzymano po filtracji na złożu węgla aktywnego o uziarnieniu $d = 4\div 8 \text{ mm}$ – $56644 \text{ mg}/\text{dm}^3$, co stanowi 74,8% obniżkę wartości tego wskaźnika zawiesiny w porównaniu do jego wartości w ściekach nadanych do procesu, która wynosiła $224328 \text{ mg}/\text{dm}^3$.



Rys. 10. Wpływ średnicy ziaren złoża filtracyjnego na zawartość $ChZT_{Cr}$ w filtracie

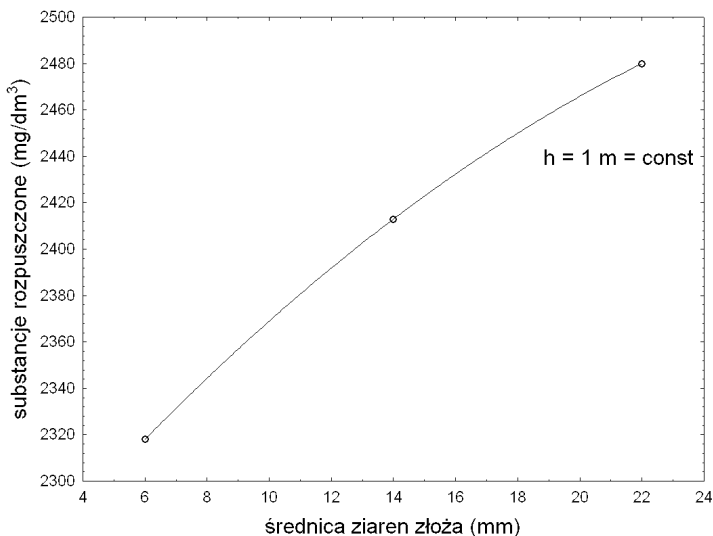
Fig. 10. Influence of the granulation diameter of the filtration bed on the amount of $ChZT_{Cr}$ in the filtrate

Przebieg wykresu na rysunku 12 wskazuje, że wraz ze wzrostem średnicy ziaren złoża filtracyjnego rośnie wartość wskaźnika substancji rozpuszczonych w filtracie. Najniższą wartość osiągnięto po filtracji na złożu węgla aktywnego o uziarnieniu $4\div 8 \text{ mm}$ – $2318 \text{ mg}/\text{dm}^3$, co stanowi 70,7% redukcję wartości tego wskaźnika w porównaniu do jego wartości w ściekach nadanych do procesu, który wynosił $7901 \text{ mg}/\text{dm}^3$.



Rys. 11. Wpływ średnicy ziaren złoża filtracyjnego na zawartość wskaźnika zawiesiny w filtracie

Fig. 11. Influence of the granulation diameter of the filtration bed on the amount of suspension in the filtrate

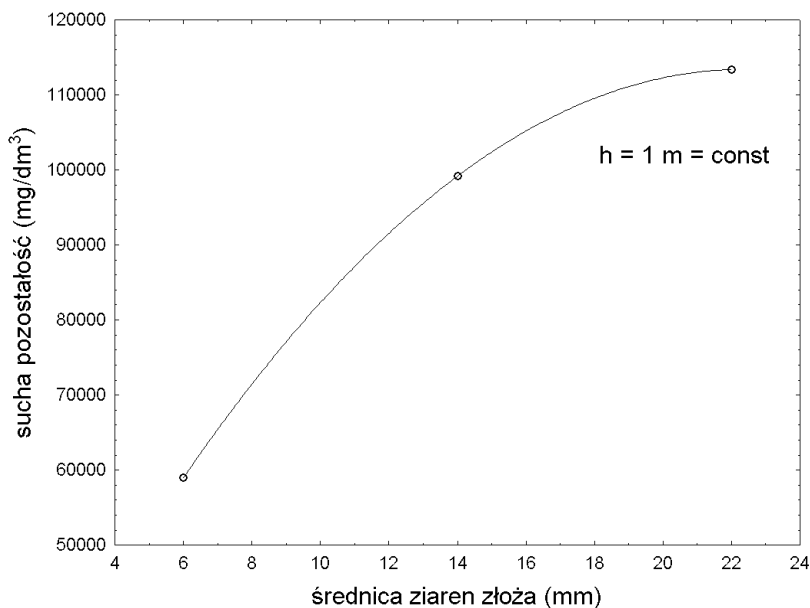


Rys. 12. Wpływ średnicy ziaren złoża filtracyjnego na zawartość wskaźnika substancji rozpuszczonych w filtracie

Fig. 12. Influence of the granulation diameter of the filtration bed on the amount of dissolved substances in the filtrate

Przebieg stwierdzonych zależności można tłumaczyć tym, że im większa średnica ziaren złoża filtracyjnego, tym większa porowatość, a tym samym większa prędkość przepływu medium przez warstwę filtracyjno – sorpcyjną, a to powoduje krótszy czas kontaktu medium z sorbentem.

Przebieg wykresu na rysunku 13 wskazuje, że wartość wskaźnika suchej pozostałości rośnie wraz ze wzrostem średnicy ziaren złoża filtracyjnego i dla $d = 4\div 8$ mm odnotowano wartość 58962 mg/dm^3 , co stanowi 74,1% obniżkę wartości rozpatrywanego wskaźnika wobec jego wartości w ściekach nadanych do procesu wynoszącą 227229 mg/dm^3 . Mniejsze ziarna złoża filtracyjnego tworzą mniejsze pory tego złoża, a tym samym zatrzymują więcej cząstek zawiesiny. Ilość tej zawiesiny wchodzi w skład sumy masy suchej pozostałości.



Rys. 13. Wpływ średnicy ziaren złoża filtracyjnego na zawartość wskaźnika suchej pozostałości w filtracie

Fig. 13. Influence of the granulation diameter of the filtration bed on the amount of dry matter in the filtrate

5. Podsumowanie

Analiza otrzymanych wyników badań pod kątem ich praktycznego wykorzystania przedstawiona w tabelach 4÷8 oraz na rysunkach 14÷17 pozwala stwierdzić, że proces sedymentacji odśrodkowej okazał się skutecznym procesem mechanicznego odwadniania osadów. Otrzymane wyniki badań wskazują, że otrzymany osącz można zawracać do ścieków poprodukcyjnych.

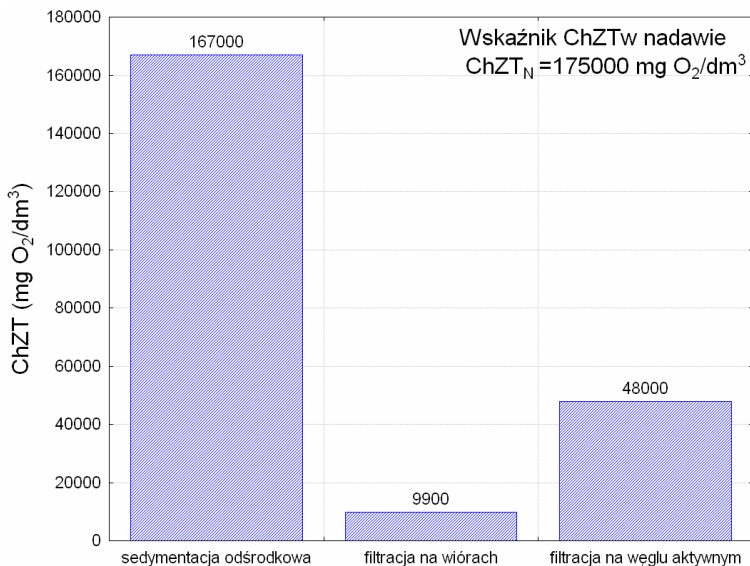
W procesie filtracji grawitacyjnej odnotowano znaczny spadek wartości fizykochemicznych wskaźników zanieczyszczeń, czego nie można osiągnąć w tym stopniu w procesie sedymentacji odśrodkowej.

Proces filtracji grawitacyjnej na złożu, które stanowiły wióry drzewne o wysokości $h = 1$ m okazał się skutecznym procesem obniżenia wartości fizykochemicznych wskaźników zanieczyszczeń. Przykładowo; wartość wskaźnika chemicznego zapotrzebowania na tlen $ChZT_{Cr}$ po procesie filtracji grawitacyjnej na złożu wiórowym wyniosła $9900 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$, co stanowi 94% skuteczność oczyszczania w stosunku do wartości tego wskaźnika w ściekach nadanych do procesu – $175000 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$. Po filtracji grawitacyjnej na złożu węgla aktywnego wartość wskaźnika $ChZT_{Cr}$ w filtracie wynosiła $48000 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$, co daje 72,6% skuteczność procesu redukcji tego wskaźnika (patrz rysunek 14).

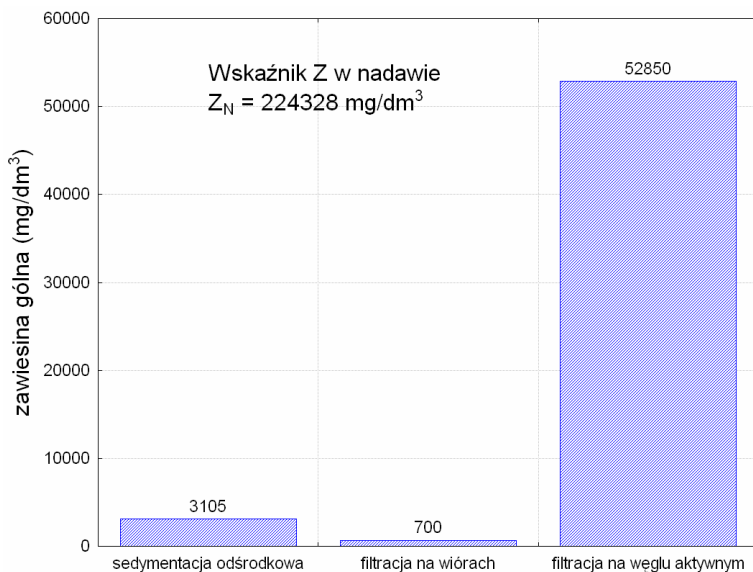
Najmniejszą wartość wskaźnika zawiesiny ogólnej w filtracie uzyskano po procesie filtracji na złożu wiórowym, wartość ta wynosi $700 \text{ mg}/\text{dm}^3$, co stanowi 99,7% obniżkę w stosunku do wartości tego wskaźnika w ściekach nadanych do procesu – $224328 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (patrz rysunek 15).

Wartość wskaźnika substancji rozpuszczonych w filtracie na poziomie $2480 \text{ mg}/\text{dm}^3$ uzyskano po procesie filtracji na złożu węgla aktywnego, którego wysokość wynosiła 1 m, a średnica ziaren $d = 4\div 8$ mm. Otrzymany rezultat stanowi 68,6% obniżkę wartości rozpatrywanego wskaźnika ścieków nadanych do procesu. Po filtracji grawitacyjnej na złożu wiórowym otrzymano wartość $5100 \text{ mg}/\text{dm}^3$ w filtracie i jest to 35,5% skuteczność procesu wobec tego wskaźnika (patrz rysunek 16).

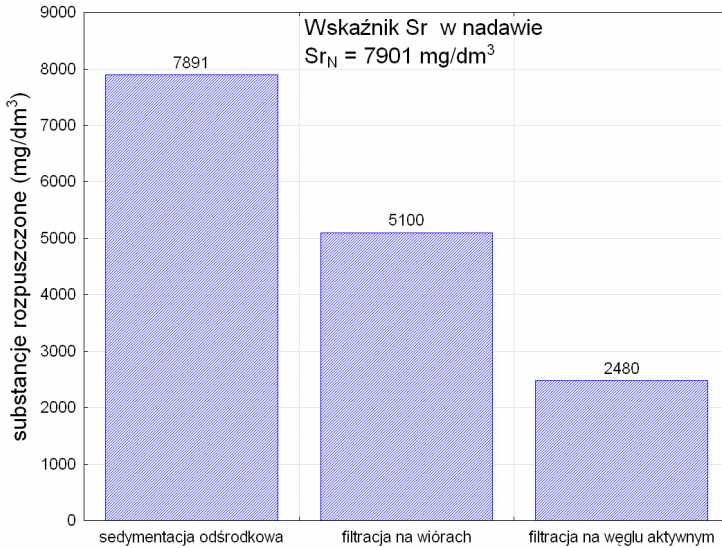
Najlepsze efekty w przypadku wskaźnika suchej pozostałości o wartości $5800 \text{ mg}/\text{dm}^3$ w filtracie, otrzymano po procesie filtracji grawitacyjnej na złożu, które stanowiły wióry drzewne (patrz rysunek 17); uzyskano 97,5% obniżenie w stosunku do wartości tego wskaźnika charakteryzującego ścieki nadane do procesu, który wynosił $227229 \text{ mg}/\text{dm}^3$.



Rys. 14. Wpływ procesów jednostkowych na obniżenie wskaźnika ChZT_{Cr}
Fig. 14. Influence of unit processes on the reduction of ChZT_{Cr}

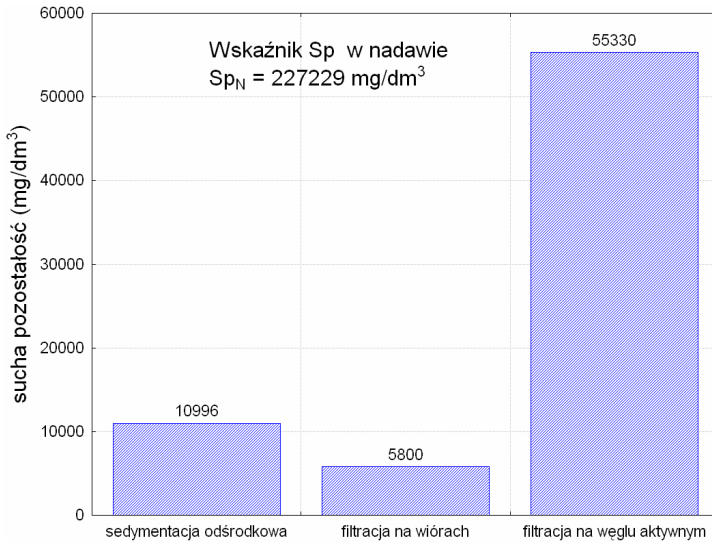


Rys. 15. Wpływ procesów jednostkowych na obniżenie wskaźnika zawiesiny ogólnej
Fig. 15. Influence of unit processes on the reduction of total suspension



Rys. 16. Wpływ procesów jednostkowych na obniżenie wskaźnika substancji rozpuszczonych

Fig. 16. Influence of unit processes on the reduction of dissolved substances



Rys. 17. Wpływ procesów jednostkowych na obniżenie wskaźnika suchej pozostałości

Fig. 17. Influence of unit processes on the reduction of dry matter

Wybór procesu odwadniania wiąże się z rachunkiem kosztów. Proces mechanicznego odwadniania jest kosztowny, ponieważ oprócz zamontowania zbiornika koagulacyjnego należy zakupić wirówkę o działaniu periodycznym, natomiast proces filtracji grawitacyjnej jest procesem dużo tańszym, lecz bardziej pracochłonnym. Osady powstałe po procesie koagulacji należy podać na filtr grawitacyjny, którego złożę należy wymieniać dosyć często, gdyż osady podane do procesu mają właściwości klejące i szybko powodują zacopowanie złoża filtracyjnego. Materiał, stanowiący złożę filtracyjne wraz z odwodnionym osadem należy podać do spalania w zakładzie termicznej utylizacji odpadów – a to są dodatkowe koszty [8].

6. Wnioski

Z przeprowadzonych badań i ich analizy można podać ogólne wnioski:

1. Ze względów ekonomicznych można stosować w proponowanej technologii – rys. 1, proces filtracji na złożu, które stanowią wióry drzewne. Jest to odpad poprodukcyjny, który daje dobre efekty odwadniania osadów pokoagulacyjnych oraz redukcję fizykochemicznych wskaźników zanieczyszczeń w otrzymanym filtracie.
2. Otrzymany filtrat po procesie filtracji lub odsącz otrzymany w procesie sedymentacji odśrodkowej można zawracać do I węzła technologicznego koagulacji i sedymentacji bez skutków ujemnych na efekt podczyszczania ścieków poprodukcyjnych w proponowanym układzie technologicznym (rys. 1 oraz poz. 4).
3. Przedstawione w niniejszej publikacji wyniki badań i ich analiza pozwala już na tym etapie prognozować warunki przebiegu procesów, przy których wskaźniki zanieczyszczeń podczyszczonych ścieków będą odpowiadały normie. Niezależnie od tego spostrzeżenia – wydaje się celowe, by badania w tej problematyce kontynuować.

Literatura

1. **Anielak A.M.:** *Wybrane zagadnienia z technologii ścieków przemysłowych*, Wydawnictwo Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 1997.
2. **Anielak A. M.:** *Chemiczne i fizyko-chemiczne oczyszczanie ścieków*. PWN. Warszawa 2000.
3. Dz. U. 212 poz. 1799 z dn. 16 grudnia 2002. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie warunków, jakie należy spełniać przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego.

4. **Juraszka B., Piecuch T., Piekiełko J.:** *Analiza możliwości podczyszczania ścieków poprodukcyjnych Fabryki Okien i Drzwi DREWEXiM w Nowych Bielicach.* Rocznik Ochrony Środowiska Tom 4. Rok 2002, Koszalin 2002.
5. **Leszczyński S.:** *Piroliza odpadów celulozowych, IV Ogólnopolska Konferencja Naukowa na temat: "Kompleksowe i Szczegółowe Problemy Inżynierii Środowiska",* Koszalin-Ustronie Morskie 28÷30 maj 1999.
6. **Malej J., Hołubowicz D.:** *Badania technologiczne nad oczyszczaniem ścieków z zakładu płyt pilśniowych Apex w Karlinie, Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Koszalińskiej, Seria Inżynieria Środowiska Nr 11, Koszalin 1996.*
7. **Obarska-Pempkowiak H.:** *Technologia wody* Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 1997.
8. **Piecuch T., Dąbek L., Juraszka B.:** *Spalanie i piroliza odpadów oraz ochrona powietrza przed szkodliwymi składnikami spalin.* Politechnika Koszalińska, Koszalin 2002.
9. **Piecuch T., Dąbrowski T., Hryniewicz T.:** *Polish-made pyrolytic convective waste utilizer of type WPS - part 1, Structure, Principle of Operation and Evaluation, The International Conference on Solid Waste Technology and Management, Philadelphia, Widener University – Chester, PA U.S.A., November 1÷4, 1998.*
10. **Piecuch T., Dąbrowski T., Hryniewicz T.:** *Polish-Made Pyrolytic Convective Waste Utilizer of Type WPS - part 2, Problems of Residue Management After Thermal Waste Utilization, The International Conference on Solid Waste Technology and Management, Philadelphia, Widener University – Chester, PA U.S.A., November 1÷4, 1998.*
11. **Piecuch T., Dąbrowski T., Hryniewicz T.:** *Utilization and Neutralization Studies of Secondary Wastes from the Polish-Made Pyrolytic Convective WPS-Type Utilizer, The International Conference on Solid Waste Technology and Management, Philadelphia, Widener University – Chester, PA U.S.A., November 1÷4, 1998.*
12. **Piecuch T.:** *Technika Hydroszlamowa.* Wydawnictwo Politechniki Koszalińskiej. Koszalin 1998.
13. Prospekt reklamowy firmy Jowat Polska.
14. **Świdorska-Bróż M.:** *Przydatność koagulacji w usuwaniu mikrozanieczyszczeń i ich prekursorów* Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna nt. Zapotrzebowanie w wodę miast i wsi. Poznań 1996.
15. **Zenkter M.:** *Kleje i klejenie drewna* Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa 1984.

Post-coagulation Residues from Post-production Wastewater Coagulation from DREWEXiM Plant in Nowe Bielice – Analysis of Dewatering Intensification Possibilities

Abstract

DREWEXiM, located in Nowe Bielice near Koszalin, is the biggest plant producing wooden elements in the Pomerania region.

The residue received from the process of coagulation are suitable only for burning, because due to their adhesive properties they are not suitable for the processes of biological decomposition.

This article contains an evaluation of the possibilities for the dehydration of post-coagulation residue in different physical and chemical processes.

The tests included such processes as; coagulation, centrifugal sedimentation, gravitational filtration on the bed, which consisted of post-production shavings.

On the basis of the tests performed, the following technological system is suggested.

Raw wastewater should be treated in the process of coagulation with carbon hydroxide in the amount of 2.0 g/dm^3 . The residue obtained in the process of coagulation should be treated in the process of centrifugal sedimentation or alternatively in the process of filtration on an active carbon bed or on a bed made of wooden shavings from DREWEXiM.

The material used for the dehydration process of the residues in the gravitational filtration process must be a flammable material, because the residue due to its adhesive properties cannot be treated in any other way but to be burned. A small amount of the secondary waste after the burning process may be solidified [8,9,10,11]. The drainage after the centrifugal sedimentation process as well as the filtered liquid after the filtration process can be redirected to the process of coagulation.

Analyzing the final results of the tests performed on the post-production waste from the DREWEXiM plant, it can be ascertained that in this case a better filtration-sorption bed than that of active carbon is the bed of wood shavings, which itself is made of post-production waste materials. Obviously the shavings are of no cost to DREWEXiM, whereas active carbon would have to be purchased, thus revealing the economical effects.