





B.16 627

208 Kort table  
4 Kort table } [212 Kort table, u tyun [4] Kort table]  
shou [3], 162, 3, 42 = [210] Kort

[628.34:661.728]:043

POLITECHNIKA WARSZAWSKA  
WYDZIAŁ INŻYNIERII SANITARNEJ I WODNEJ

Marek Apolinarski

Studia i badania nad wybranymi metodami podwyższenia  
technologicznej i ekonomicznej efektywności oczyszczania  
ścieków z produkcji celulozy metodą siarczanową

R o z p r a w a   d o k t o r s k a

P r o m o t o r

doc.dr inż.Marek Roman

Warszawa, grudzień 1977 r.



## SPIS TREŚCI

	strona
1. Przedmiot, cel i zakres pracy	1
2. Analiza efektywności dotychczas stosowanych sposobów oczyszczania ścieków celulozowych w kraju.	3
2.1. Charakterystyka procesu produkcyjnego	3
2.2. Rodzaje powstających ścieków i ich oddziaływanie na odbiornik	5
2.3. Stosowane metody oczyszczania ścieków celulozowych	6
2.4. Rozwiązania krajowe w zakresie oczyszczania ścieków z produkcji celulozy metodą siarczanową	7
3. Sformułowanie problemów wymagających rozwiązania	11
4. Badania nad efektywnością doczyszczania ścieków metodą wydzielonej koagulacji	13
4.1. Przegląd dotychczasowych badań	13
4.2. Metodyka i zakres badań własnych	16
4.3. Charakterystyka ścieków poddawanych oczyszczaniu	18
4.4. Wyniki badań	19
4.4.1. Badanie procesu oczyszczania ścieków metodą koagulacji za pomocą siarczanu glinowego	19
4.4.2. Badania procesu oczyszczania ścieków metodą koagulacji przy użyciu siarczanu żelazawego	23
4.4.3. Badania procesu oczyszczania ścieków metodą koagulacji przy użyciu tlenku wapniowego	24

4.4.4. Badania własności fizyczno-chemicznych osadów powstających przy procesach doczyszczania ścieków metodą koagulacji	25
4.5. Wnioski z przeprowadzonych badań	27
5. Badania oczyszczania ścieków celulozowych metodą koagulacji symultanicznej	30
5.1. Cel i zakres badań	30
5.2. Opis modelu badawczego	31
5.3. Metodyka badań	32
5.4. Wyniki badań	34
5.5. Interpretacja wyników badań	42
5.6. Wnioski wynikające z przeprowadzonych badań	46
6. Badania nad efektywnością oczyszczania ścieków celulozowych w układzie dwustopniowym, chemiczno - biologicznym	48
6.1. Przegląd dotychczasowych badań	48
6.2. Cel i zakres badań	50
6.3. Opis modelu badawczego	51
6.4. Metodyka badań	53
6.5. Wyniki badań	56
6.6. Interpretacja wyników badań	70
6.7. Wnioski wynikające z przeprowadzonych badań	74
7. Badania nad efektywnością oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego z zastosowaniem czystego tlenu	79
7.1. Przegląd dotychczasowych badań	79
7.2. Cel i zakres badań własnych	83
7.3. Opis układów badawczych	84
7.4. Metodyka badań	85

7.5. Wyniki badań	86
7.6. Interpretacja wyników badań	101
7.7. Wnioski wynikające z przeprowadzonych badań	105
8. Analiza efektywności badanych układów oczyszczania ścieków celulozowych	108
8.1. Porównanie efektów oczyszczania ścieków uzyskiwanych różnymi metodami	108
8.2. Problemy osadowe wynikające ze stosowania poszczególnych metod oczyszczania ścieków celulozowych	113
9. Wstępna analiza ekonomiczna wybranych metod polepszenia efektywności oczyszczania ścieków celulozowych	117
9.1. Ogólny sposób przeprowadzania analizy	117
9.2. Charakterystyka modelowych układów oczyszczania ścieków	118
9.3. Sposób oceny ekonomicznej efektywności	122
9.4. Wyniki wstępnej analizy ekonomicznej i ich dyskusja	124
9.5. Podsumowanie analizy ekonomicznej	127
10. Podsumowanie i wnioski końcowe	128
11. Wykaz literatury	135
12. Spis rysunków	145
13. Spis tablic	152
14. Załącznik nr.1 do pracy	



## 1. PRZEDMIOT, CEL I ZAKRES PRACY

Ścieki z produkcji celulozy są jednym z poważniejszych zagrożeń czystości wód powierzchniowych we wszystkich tych krajach w których rozwijany jest przemysł celulozowo - papierniczy. Polska należy do tych krajów. Obecnie wytwarzana jest celuloza w 6 wytwórniach znajdujących się w Kluczach, Niedomicach, Krapkowicach, Włocławku, Ostrołęce i Świeciu [1-7]. Celuloza jest produkowana zasadniczo dwoma metodami, siarczanową i siarczynową. Przeważa metoda pierwsza, natomiast metoda druga - siarczynowa w zasadzie nie będzie rozwijana.

W wyniku poprzednich badań opracowano metodę oczyszczania ścieków z produkcji celulozy siarczanowej przy zastosowaniu procesu osadu czynnego [2 - 10]. Praktyczne wykorzystanie tych prac miało miejsce przy budowie i eksploatacji oczyszczalni ścieków dla Ostrołęckich Zakładów Celulozy i Papieru. W swoim czasie była to jedna z pierwszych tego rodzaju oczyszczalni w Europie. Oczyszczalnia ścieków celulozowych metodą osadu czynnego daje jednak zadawalające wyniki tylko w zakresie niektórych wskaźników zanieczyszczenia, głównie BZT<sub>5</sub>, natomiast nie pozwala na obniżenie w dostatecznym stopniu barwy, ChZT i utlenialności ścieków.

Przedmiotem niniejszej pracy jest właśnie analiza technologicznej i ekonomicznej efektywności wybranych metod podwyższenia efektu oczyszczania ścieków z produkcji celulozy siarczanowej szczególnie z uwzględnieniem obniżenia ChZT, barwy i utlenialności.



Celem pracy jest ustalenie danych niezbędnych do dalszych prac o charakterze badawczo - wdrożeniowym pozwalających na ich ukierunkowanie na metody najkorzystniejsze i możliwe do wdrożenia w warunkach krajowych.

Zakresem pracy objęto analizę efektywności dotychczasowych sposobów oczyszczania ścieków celulozowych na podstawie danych z eksploatacji oczyszczalni krajowych oraz dane z literatury, badania własne nad efektywnością wybranych metod podwyższenia efektu oczyszczania ścieków prowadzone w skali modelowej, oraz analizę ekonomicznej efektywności badanych metod ze szczególnym uwzględnieniem konsekwencji w zakresie przeróbki osadów ściekowych.



## 2. ANALIZA EFEKTYWNOŚCI DOTYCHCZAS STOSOWANYCH SPOSOBÓW OCZYSZCZANIA, ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH W KRAJU.

### 2.1. Charakterystyka procesu produkcyjnego

Najważniejszymi surowcami do otrzymywania celulozy jest ubogie w żywicę drewno świerkowe i bukowe, oraz bogatsze w żywicę drewno sosnowe, a także słoma.

Skład najważniejszych surowców obrazuje tablica 2-1.

Tablica 2-1

Skład najważniejszych surowców do produkcji celulozy

Składniki	Świerk	Sosna	Buk	Słoma zbożowa
Celuloza %	57,84	54,25	53,46	35 - 45
Ligniny %	28,29	26,35	22,48	25
Pentozany %	11,30	11,02	24,86	25
Żywice, tłuszcze, woski %	2,30	3,45	1,78	-
Popiół %	0,77	0,39	1,17	1 - 6

Drewno przeznaczone do produkcji celulozy rozdrabniane jest najpierw na zręby i po przesortowaniu przekazywane do zasobników z którego pobiera się je w miarę zapotrzebowania do wurnika. Roztwarzanie ma na celu oddzielenie od przerabianego surowca składników "inkrustujących" jak lignin, wosków itp. i odsłonięcie celulozy. Nieco powyżej 50 % suchej substancji surowca przechodzi przy tym do roztworu.

W zależności od rodzaju związku chemicznego używanego do roztwarzania drewna mamy różne metody produkcji celulozy. Naj



częściej do roztwarzania drewna stosowane są: kwaśny siarczyn wapniowy /metoda siarczynowa/ oraz mieszanina ługu sodowego, siarczku sodowego z siarczanem sodowym i sodą /metoda siarczanowa/. Roztwarzanie siarczynem wapniowym stosuje się dla gatunków drewna ubogich w żywicę, a ponadto we wszystkich przypadkach, w których dąży się do otrzymania możliwie jasnej celulozy nadającej się do różnych celów bez potrzeby bielenia. Fabryki produkujące celulozę przeznaczoną do otrzymywania wiskozy stosują również niemal wyłącznie metodę siarczynową. Natomiast metodę siarczanową stosuje się do przerabiania również tych rodzajów drewna, które charakteryzują się dużą zawartością żywicy. Metoda siarczanowa wykazuje również znaczną wyższość nad siarczynową w wypadku produkcji celulozy przeznaczonej na papier o dużej wytrzymałości np. kablowy, workowy.

Obróbka wstępna drewna w metodzie siarczanowej jest taka sama jak w metodzie siarczynowej. Uproszczony schemat [37] produkcji celulozy metodą siarczanową przedstawiono na rys. 2-1. Roztwarzanie odbywa się przez gotowanie drewna pod ciśnieniem w roztworze zawierającym ług sodowy, siarczek sodowy i pewną ilość siarczanu sodowego, a także sody. Po zakończeniu roztwarzania zużyty ług warnikowy /ług czarny/ spuszcza się do kadzi zbiorczej podczas gdy odsłoniętą masę celulozową płucze się niewielką ilością wody w kadzi warnika, a następnie odprowadza się do przemywania w dyfuzorach. Samo przemywanie odbywa się w przeciwnym kierunku przy bardzo oszczędnym zużyciu wody świeżej, ponieważ ze względu na regenerację ługu czarnego dąży się do odzyskania zawartych w nim chemikaliów możliwie w całości i w jak najwyższym stężeniu. Ług czarny zagęszcza się w wyparkach wielostopniowych

SUROWCE

PROCESY PODSTAWOWE

OCZY

PRODUKTY

cieczce

cięża stała

pnie drzew

przygotowanie miazgi drzewnej

opary

wody pokorwalnicze

kora odpadki, seki wacny

tug sodowy siarczan sodowy soda

warzenie masy celulozowej

emisja oparów

nadmierzny tugi rozlany tugi

kondensaty, muly szlamy, kwaśne ścieki

inne odpadki

białe wody lub wody cyrkulowane

sita /cedzenie masy / masa celulozowa

rozcieńczone tugi

widkna

białe wody lub czyste wody

mycie masy celulozowej

wody płuczzące

widkna

związki bielące

bielenie celulozy

ścieki

widkna

czysta woda lub białe wody rec.

przgotowanie masy popielniczej

czyste wody

odpadki

wypełniacz klej barwniki aluminium skrobia

maszyno popielnicza

białe wody

widkna wypełniacz odpadki

czysta woda lub białe wody recyklowane

wykonczane powlekanie

ściepki

czyste wody

odpadki kamota z powlekania

związki powlekające

produkt końcowy

czyste wody

odpadki kamota z powlekania

RYC. 2-1. UPROSZCZONY SCHEMAT I PRODUKCJI PAPIERU. PROCESU PRODUKCJI CELULOZY METODĄ SIARCZANOWĄ



a następnie spala w kotle Tomlinsona z dodatkiem innych paliw. Z roztworu masy stopionej uzyskuje się przez kaustyfikację wapnem palonym żug nadający się ponownie do wykorzystania w produkcji .

Masę celulozową po wymyciu zagęszcza się i poddaje procesowi bielenia /przy produkcji białych papierów/ za pomocą związków chloru lub czystego tlenu. Wybielona masa celulozowa po dodaniu odpowiednich związków chemicznych kierowana jest na maszyny papiernicze.

## 2.2. Rodzaje powstających ścieków i ich oddziaływanie na odbiornik.

Przy produkcji celulozy metodą siarczanową powstają silnie stężone żugi powarzelne. Stopień zanieczyszczenia ścieków ogólnych z zakładu produkującego celulozę zależy głównie od stopnia przechwytywania przeznaczonego do regeneracji zużytego żugu powarzelnego. Ponadto ścieki powstają z procesu mycia masy celulozowej, z wyparek zagęszczających żug czarny przed jego spaleniem, z kaustyzacji rozpuszczonego w wodzie stopu sodowego oraz z działów mechanicznej obróbki masy celulozowej tj. sortowania, zagęszczania i ostatecznego odwadniania na maszynach celulozowych. Ścieki ogólne zawierają głównie rozpuszczone związki organiczne jak: alkaliligniny i tioligniny, kwasy i mydła żywiczne oraz połączenia siarki jak siarczany, siarczki, tioetery, merkaptany. Ogólna ilość ścieków przy wytwarzaniu niebielonej celulozy siarczanowej wynosi około 370 m<sup>3</sup>/t produktu /9/. Równoważna liczba mieszkańców dla ścieków posiarczanowych wynosi wg Wagne-

ra /5/ 500 MR/t produkcji celulozy.

Ścieki z produkcji celulozy siarczanowej wpływają ujemnie na odbiorniki wodne. W wyniku wprowadzenia tych ścieków powstaje ciemne zabarwienie wody oraz następuje obniżenie stężenia rozpuszczonego tlenu .

Zanieczyszczenie odbiornika rozprzestrzenia się na bardzo długi<sup>m</sup> odcinku. Ścieki te wpływają również ujemnie na cechy organoleptyczne odbiornika /barwa/ i na przydatność wody do celów gospodarczych lub przemysłowych. Związki ligninowe powodujące brunatną barwę ścieków celulozowych ulegają bowiem bardzo powolnemu rozkładowi w wodzie odbiornika /ponad 1 rok/.

### 2.3. Stosowane metody oczyszczania ścieków celulozowych z produkcji celulozy metodą siarczanową

Ścieki z produkcji celulozy zawierają znaczne ilości drobnych włókien których odzysk jest konieczny ze względów ekonomicznych i ze względu na zanieczyszczanie odbiorników wodnych. Oczyszczanie mechaniczne ścieków mające na celu usunięcie i odzysk włókien celulozowych stanowi przedłużenie procesu produkcyjnego. Włókna oddzielane są mechanicznie przez cedzenie lub filtrację oraz przez sedymentację z ewentualnym dodatkiem flokulantów. W praktyce najbardziej rozpowszechnione są stożkowe, flotacyjne wyławiacze włókien typu Wolf, Adka i Savalla [6\_7] po których mogą następować jeszcze osadniki lub stawy osadowe .

Po oczyszczeniu mechanicznym ścieki z produkcji celulozy metodą siarczanową mogą być skutecznie oczyszczane metodami biologicznymi. Najczęściej przy tym stosuje się metodę osadu czyn-



nego. Oczyszczalnie biologiczne z zastosowaniem osadu czynnego wybudowano między innymi dla zakładów w Lufkin i Covington [8]. W oczyszczalniach tych uzyskuje się przeszło 85 % zmniejszenia BZT<sub>5</sub> dopływających ścieków celulozowych, nie ulega natomiast obniżeniu znaczna barwa tych ścieków. Gehm [9] opisuje 9 biologicznych oczyszczalni ścieków z fabryk celulozy siarczanowej z zastosowaniem metody osadu czynnego. Pobis [10] zaleca dwustopniowe chemiczno - biologiczne oczyszczanie ścieków celulozowych. Oczyszczanie chemiczne realizowane powinno być w celu usunięcia związków ligninowych, które nie ulegają rozkładowi w procesach biologicznego oczyszczania tych ścieków.

#### 2.4. Rozwiązania krajowe w zakresie oczyszczania ścieków z produkcji celulozy metodą siarczanową.

Pierwsza w Polsce oczyszczalnia biologiczna ścieków z produkcji celulozy metodą siarczanową została wybudowana i oddana do eksploatacji w 1965 r. w Ostrołęce [11]. Oczyszczalnia ta jest przewidziana do oczyszczania 17 800 m<sup>3</sup>/d ścieków, w tym około 20 % stanowią mechanicznie oczyszczone ścieki miejskie. Oczyszczalnia w Ostrołęce została zaprojektowana na podstawie doświadczeń z eksploatacji oczyszczalni podobnych ścieków z fabryki w Covington /USA/, oraz na wynikach badań w półtechnicznych stacjach doświadczalnych w Kluczach i w Krapkowicach.

Ścieki z celulozowni z produkcji niebielonej celulozy siarczanowej w Ostrołęce kierowane są do oczyszczalni biologicznej poprzez zbiornik wyrównawczy. Ze zbiornika pompuje się ścieki na oczyszczalnię biologiczną rurociągiem tłocznym o długości 5 km.

Na terenie oczyszczalni ścieki celulozowe łączą się ze ściekami miejskimi w odpowiedniej stacji kontrolno - pomiarowej, gdzie dodaje się do nich także właściwe ilości pożywek mineralnych i miesza z recyrkulującym osadem czynnym. W oczyszczalni biologicznej wybudowano 6 podwójnych komór napowietrzania powietrzem o niskim sprężu /modyfikacja metody Inka/. Każda z komór ma objętość  $670 \text{ m}^3$ . Dla recyrkulacji osadu czynnego zainstalowano po 3 pompy dla obsługi każdej pary osadników wtórnych. Najczęściej stosuje się w eksploatacji 70 % stopień recyrkulacji osadu czynnego. Ścieki po oczyszczaniu w komorze napowietrzania / $t = 6 \text{ h}$ / i po oddzieleniu od osadu czynnego w osadnikach wtórnych odpływają do rzeki Narwi otwartym rowem.

Druga w Polsce oczyszczalnia biologiczna ścieków celulozowych została wybudowana przy Zakładach Celulozy i Papieru w Świeciu nad Wisłą. Zakłady te docelowo mają produkować 700 t celulozy na dobę oraz 1350 t/d różnych asortymentów papieru przy zastosowaniu metody siarczanowej roztwarzania drewna, zarówno do produkcji masy celulozowej bielonej jak i niebielonej. Oczyszczalnia biologiczna została zaprojektowana na przepływ około  $115\ 000 \text{ m}^3/\text{dobę}$  [137]. Do oczyszczalni dopływają ścieki pocelulozowe i pokorowalnicze po mechanicznym oczyszczaniu oraz kondensaty. Ścieki te doprowadzane są kolektorem do komór czerpnych pompowni centralnej skąd przetłaczane są do dwóch komór wstępnego napowietrzania. Pojemność czynna pojedynczej komory wynosi  $1\ 425 \text{ m}^3$ . Do napowietrzania ścieków w komorach wstępnego napowietrzania zastosowano ruszt typu Inka /kroplowy/. Napowietrzane ścieki przepływają do 2 zewnętrznych zbiorników wyrównaw-



- 9 -

czych o pojemności 5 250 m<sup>3</sup> każdy. Czas napowietrzania wstępne-  
go przy czynnych dwóch komorach wynosi 36 minut, a czas retencji  
przy czynnych dwóch zbiornikach wyrównawczych wynosi 130 minut.  
Następnie ścieki przepływają do komór napowietrzania typu Inka.  
Czas napowietrzania ścieków w komorach osadu czynnego wynosi  
ok. 4 godzin. Z komór napowietrzania oczyszczone ścieki wraz z  
osadem wypływają do 4 osadników radialnych o średnicy 40 m.  
Czas sedymentacji ścieków w osadnikach wynosi T = 2 h. Zagęszczo-  
ny osad czynny recyrkulowany jest z powrotem do komór napowietrza-  
nia. Stosowany stopień recyrkulacji osadu wynosi od 40 % do 70 %.  
Nadmierny osad czynny kierowany jest do 4 komór tlenowej stabi-  
lizacji o wymiarach i konstrukcji takiej samej jak komory napo-  
wietrzania. Z komór mineralizacji osad kierowany jest do zagęsz-  
czacza, gdzie czas zagęszczania osadów wynosi aktualnie około  
6 godzin. Z zagęszczacza osad kierowany jest na poletka osadowe  
i suszony. Podsuszone osady przeznacza się do rolniczego wyko-  
rzystania. Stopień biologicznego oczyszczania ścieków celulozo-  
wych w Świeciu pracuje przy stężeniu osadu czynnego w komorach  
 $Z = 4400 \text{ g/m}^3$ , obciążenie osadu wynosi  $0,9 \text{ g BZT}_5/\text{g dn}$ . Obciąże-  
nie komory napowietrzania wynosi  $3\ 950 \text{ g BZT}_5/\text{m}^3 \text{ dn}$ .

Efekty oczyszczania ścieków celulozowych w Ostrołęce uzyski-  
wane w istniejącej oczyszczalni biologicznej w ciągu ostatnich  
lat /1974-75/ były przedmiotem analizy Skowyrskiego [127]. Duda [13],  
natomiast przeprowadził analizę efektów działania oczyszczalni w  
Świeciu w okresie od stycznia 1973 r. do czerwca 1974 roku.  
Średnie efekty oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu  
czynnego uzyskiwane w oczyszczalniach w Świeciu i Ostrołęce

zawarto w tablicy 2-2. W oczyszczalni w Ostrołęce uzyskiwano średnio 85 % zmniejszenia BZT<sub>5</sub>, 45 % zmniejszenia ChZT, 34 % zmniejszenia utleniałości i zaledwie 5 % zmniejszenia barwy ścieków. Natomiast w oczyszczalni w Świeciu uzyskano średnio 64 % zmniejszenia BZT<sub>5</sub>, 48 % zmniejszenia ChZT i 21 % zmniejszenia barwy ścieków. W tablicy zawarto także parametry technologiczne charakteryzujące pracę komór osadu czynnego takie jak, stężenie osadu czynnego w komorach, obciążenie osadu czynnego i obciążenie objętości komory ładunkiem zanieczyszczeń. Stopień biologicznego oczyszczania w Ostrołęce charakteryzował się w badanym okresie korzystniejszymi warunkami pracy niż w przypadku oczyszczalni w Świeciu, co znalazło odbicie w różnych uzyskiwanych efektach oczyszczania.



### 3. SFORMUŁOWANIE PROBLEMÓW WYMAGAJĄCYCH ROZWIĄZANIA

Analiza efektywności oczyszczania ścieków z produkcji celulozy przeprowadzona na podstawie doświadczeń krajowych i zagranicznych prowadzi do wniosku, że efekty w zakresie takich wskaźników jak ChZT, barwa i utlenialność są stosunkowo niskie i w wielu wypadkach niewystarczające dla zapewnienia odpowiedniej jakości wód w odbiornikach. Zagadnienie podwyższenia efektu oczyszczania ścieków celulozowych jest więc problemem wymagającym podjęcia i rozwiązania.

Dotychczas problem ten był przedmiotem nielicznych prac zagranicznych i kilku krajowych dotyczących tylko jego fragmentów. W związku z tym jako generalny problem do rozwiązania w tej pracy wysunięto :

- Zbadanie efektywności wybranych metod podwyższenia efektu oczyszczania ścieków z produkcji celulozy siarczanowej w zakresie obniżenia ChZT, barwy i utlenialności ścieków oraz ocena ekonomicznej efektywności tych metod.

Jako elementy rozwiązania tego generalnego problemu ustalono następujące wymagające podjęcia problemy cząstkowe :

1. Zbadanie efektywności procesu wydzielonej koagulacji ścieków biologicznie oczyszczonych w zakresie podwyższenia efektu oczyszczania ścieków celulozowych.
2. Zbadanie efektywności procesu koagulacji symultanicznej /jednoczesnej z procesem osadu czynnego/ w zakresie podwyższenia efektu oczyszczania, przy uwzględnieniu wpływu tego procesu na aktywność osadu czynnego.

3. Zbadanie efektywności dwustopniowego oczyszczania ścieków z zastosowaniem oczyszczania chemicznego w I-szym etapie i oczyszczania biologicznego w II-gim stopniu.
4. Zbadanie efektywności zastosowania czystego tlenu w procesie osadu czynnego przy oczyszczaniu ścieków celulozowych /z produkcji celulozy siarczanowej/.
5. Przeprowadzenie porównawczej analizy ekonomicznej efektywności badanych metod podwyższenia efektu oczyszczania ścieków celulozowych z uwzględnieniem konsekwencji w zakresie przeróbki wydzielanych w procesie oczyszczania osadów ściekowych.

Dobór wymienionych wyżej problemów cząstkowych składających się na rozwiązanie problemu generalnego dokonano na podstawie aktualnych możliwości wdrożenia do praktyki krajowej poszczególnych metod i procesów. W związku z tym badaniami nie objęto metod i procesów, które wymagałyby zastosowania rozwiązań licencyjnych, czy też zakupu wyposażenia z importu.



#### 4. BADANIA NAD EFEKTYWNOŚCIĄ DOCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW METODA, WYDZIELONEJ KOAGULACJI

##### 4.1. Przegląd dotychczasowych badań

Procesom otrzymywania mas celulozowych towarzyszy powstawanie znacznych ilości ścieków, które cechuje wysokie chemiczne i biochemiczne zapotrzebowanie tlenu, wysoka utlenialność oraz żółto-brunatne zabarwienie. Zabarwienie ścieków celulozowych spowodowane jest obecnością związków alkali<sup>li</sup>gninowych. Zabarwienie ścieków celulozowych jest trudno usuwane w procesach ich biologicznego oczyszczania. Ze względu na trudności usuwania barwy ścieków celulozowych, zagadnieniu temu poświęca się dużo uwagi. Substancje powodujące zabarwienie w ściekach są szkodliwe dla odbiornika do którego są odprowadzane. Mogą być przyczyną pogorszenia się smaku wody, zwiększenia zapotrzebowania chloru lub dawek koagulantów przy późniejszym uzdatnianiu wody, oraz trudności w metodach kolorymetrycznego badania wody. Substancje barwne ścieków celulozowych mogą być nawet toksyczne dla niższych organizmów wodnych powodując zachwianie równowagi ekologicznej odbiornika [14]. Ładunek barwy w ściekach celulozowych zależy w znacznym stopniu od rodzaju przerabianego drewna i sposobu jego przetwarzania [15] [16]. Zdaniem wielu badaczy barwę ściekom celulozowym nadają związki pochodne ligniny [17]. Badania Mc. Glassona [18] wykazały, że w obojętnym i alkalicznym zakresie odczynu substancje barwne w ściekach posiarczanowych znajdują się głównie w postaci roztworu rzeczywistego. Zabarwienie ścieków celulozowych wynika z ich zdolności absorbowania

promieniowania widzialnego. Zdolność absorpcji światła przez ścieki celulozowe zależy w znacznym stopniu od ich odczynu. Warner i Miller [19] wykazali na przykładzie ścieków z chlorowania masy celulozowej siarczanowej, że zwiększenie odczynu tych ścieków z pH 2,0 do 11,0 powoduje ponad pięciokrotny wzrost intensywności ich barwy.

Badania zmian barwy ścieków celulozowych w procesach ich oczyszczania biologicznego były przedmiotem zainteresowania kilku badaczy. Buldoc [20] stwierdził, że barwne związki w ściekach z produkcji celulozy siarczanowej nie ulegają rozkładowi w procesach biologicznego oczyszczania, a tym samym barwa ścieków nie ulega zmianie. Podobnie Bebin [21] podaje, że substancje ligninowe w ściekach celulozowych wykazują wysokie ChZT, są odporne na rozkład biologiczny i z praktycznego punktu widzenia nie można stosować biologicznego oczyszczania dla ich usuwania.

Leszczyński i Zieliński [22] [23] badali wpływ różnych czynników technologicznych na zmianę barwy ścieków posiarczynowych i posiarczanowych. Wykazali oni między innymi, że zmiany odczynu ścieków zmieniają w istotny sposób intensywność ich barwy, którą można oznaczać w skali platynowo-kobaltowej. Powoduje to konieczność dokonywania pomiarów barwy ścieków przy określonym standardowym odczynie. Autorzy proponują dokonywanie pomiaru barwy ścieków przy odczynie pH = 7,6, jako najbardziej zbliżonym do normalnego odczynu wód w odbiornikach naturalnych.

Leszczyński [24] zbadał zastosowanie szeregu metod technologicznych do odbarwienia i oczyszczania ścieków celulozowych. Badania przeprowadzone były w skali laboratoryjnej i obejmowały



zastosowanie różnych koagulantów w procesie oczyszczania tych ścieków.

Olthof i Eckenfelder omówili [25] wyniki badań laboratoryjnych nad odbarwianiem ścieków z trzech fabryk celulozowo - papierowniczych /metoda siarczanowa/. Dla trzech stosowanych koagulantów: siarczanu glinowego, siarczanu żelazowego i tlenku wapniowego określono optymalny odczyn procesu koagulacji, optymalną dawkę reagentów, ilości i własności powstających osadów, oraz dokonano analizy ekonomicznej skutków stosowania wymienionych metod. Z badań wynikało, że użycie soli żelaza było konkurencyjne w stosunku do użycia rozpowszechnionego w praktyce przemysłowej tlenku wapniowego [26-27]. Przeprowadzona analiza uwzględniała poziom cen w USA z 1973 r.

Biuro Projektów Gospodarki Wodno - Ściekowej "Prosan" w Warszawie w 1975 r. opracowało założenia techniczno - ekonomiczne rozbudowy oczyszczalni ścieków celulozowych w Ostrołęce. W ramach prac związanych z opracowaniem ZTE przeprowadzono szczegółowe badania nad oczyszczaniem ścieków z Ostrołęckich Zakładów Celulozowo - Papierniczych metodami mechaniczno-chemicznymi [27]. Badania laboratoryjne oczyszczania ścieków celulozowych metodą koagulacji przeprowadzone były w stosunku do ścieków przed biologicznym oczyszczaniem i w stosunku do ścieków po biologicznym oczyszczaniu.

Badano proces koagulacji ścieków za pomocą siarczanu glinowego, siarczanu żelazowego, chlorku żelazowego i tlenku wapniowego. Oprócz tego badano właściwości osadów powstających w wyniku stosowanych procesów chemicznego oczyszczania ścieków.

Żołnowski [28] przeprowadził badania oczyszczania ścieków celulozowych z Ostrołęckich Zakładów Celulozowo - Papierniczych metodą saturowanej koagulacji. Uzyskiwane efekty zmniejszenia wskaźników zanieczyszczenia ścieków były zbliżone do efektów uzyskiwanych przy samej koagulacji siarczanem żelazawym i tlenkiem wapniowym, mniejsza była natomiast ilość powstających osadów.

#### 4.2. Metodyka i zakres badań własnych

Badania oczyszczania ścieków celulozowych metodą koagulacji przeprowadzono na przykładzie ścieków z produkcji celulozy wytwarzanej metodą siarczanową. Ścieki do badań pobierane były po osadniku wtórnym biologicznej oczyszczalni ścieków Ostrołęckich Zakładów Celulozowo - Papierniczych. Badania obejmowały zastosowanie metody koagulacji przy użyciu różnych koagulantów w celu doczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu. Badania nie obejmowały procesów oczyszczania ścieków celulozowych surowych metodą koagulacji, gdyż szczegółowo badania tego rodzaju zostały już przeprowadzone [27,28]. Ponadto jak wynikało z przeprowadzonych badań, proces chemicznego oczyszczania ścieków celulozowych pozwalał na maksymalne usunięcie BZT<sub>5</sub> ścieków celulozowych w granicach 50 %, co było niedostateczne z punktu widzenia wymagań stawianym ściekom odprowadzanym do odbiornika. Z tego względu proces chemicznego oczyszczania ścieków nie może być traktowany jako jedyny proces ich oczyszczania. Należy go połączyć z procesem oczyszczania biologicznego lub doczyszczać ścieki po oczyszczaniu biologicznym.



W badanych ściekach oznaczono odczyn, barwę metodą wizualną, chemiczne zapotrzebowanie tlenu metodą dwugodzinną standartową, BZT<sub>5</sub> metodą rozcieńczeń, utlenialność metodą nadmanganianową, suchą pozostałość, pozostałość po prażeniu i straty po prażeniu. Ponadto oznaczano własności fizyczno-chemiczne powstających osadów pokoagulacyjnych, ich zdolności do zagęszczania się i do odwadniania.

Badania były prowadzone w skali laboratoryjnej, a zakres ich obejmował :

- badanie procesu oczyszczania ścieków metodą koagulacji za pomocą siarczanu glinow<sup>wego</sup> bez korekty odczynu
- badanie wpływu odczynu na efekty oczyszczania ścieków metodą koagulacji przy użyciu siarczanu glinowego
- badanie wpływu flokulantów krajowych i zagranicznych na polepszenie efektów oczyszczania w procesie koagulacji ścieków siarczanem glinowym
- badanie procesu oczyszczania ścieków metodą koagulacji przy użyciu siarczanu żelazawego
- badanie procesu oczyszczania ścieków metodą koagulacji przy użyciu tlenku wapniowego
- oznaczanie własności fizyczno-chemicznych osadów pokoagulacyjnych, oznaczanie ich zdolności do zagęszczania grawitacyjnego, oraz odwadniania na drodze filtracji próżniowej i odwirowania.

Badania przeprowadzono w temperaturze 18 °C. Zastosowano zestaw do koagulacji składający się z mechanicznych mieszadeł o regulowanej liczbie obrotów i zlewek szklanych o pojemności 1 dm<sup>3</sup>. Po dodaniu odczynników zawartość zlewki mieszano szybko

przez okres 1 minuty. Następujące po mieszaniu szybkim mieszanie wolne trwało 15 minut /ilość obrotów 45 - 30 na minutę/. Po mieszaniu wolnym następował 2 godzinny okres sedymentacji, i wtedy odczytywano ilości powstającego zagęszczonego osadu, oraz przeprowadzano analizę fizyko-chemiczną ścieków w zakresie zbliżonym do analizy ścieków pobranych w oczyszczalni ścieków Ostrołęckich Zakładów Celulozowo - Papierniczych. Badania właściwości fizyczno-chemicznych osadów przeprowadzano według obowiązującej metodyki [297]. Opór filtracji oznaczano na tkaninie filtracyjnej BT-45 przy podciśnieniu  $p = 0,6$  bara. Czas ssania kapilarnego CSK oznaczano według metodyki Firmy Allied Colloid [307] stosując bibułę typu Wattman 4. Proces zagęszczania grawitacyjnego przeprowadzano w cylindrach o objętości  $0,5 \text{ dm}^3$ .

#### 4.3. Charakterystyka ścieków poddawanych oczyszczaniu

Pobierane do badań ścieki celulozowe pochodziły z produkcji celulozy niebielonej wytwarzanej metodą siarczanową. Były one poddane biologicznemu oczyszczaniu metodą osadu czynnego w komorach typu Inka, a następnie sedymentacji w osadnikach wtórnych. Pomimo dobrze pracującej oczyszczalni biologicznej, ścieki po przejściu przez oczyszczalnię posiadały pomarańczowo - brunatne zabarwienie, wysokie ChZT i utlenialność.

Przykładowe wyniki badań własności ścieków po biologicznym oczyszczaniu podane są w tablicy 4-1.

Jak wynika z danych zawartych w tablicy 4-1 ścieki pocelulozowe po biologicznym oczyszczaniu [327], [337] posiadały wysoką barwę rzędu  $1000 \text{ mg Pt/dm}^3$ , utlenialność powyżej  $300 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ .



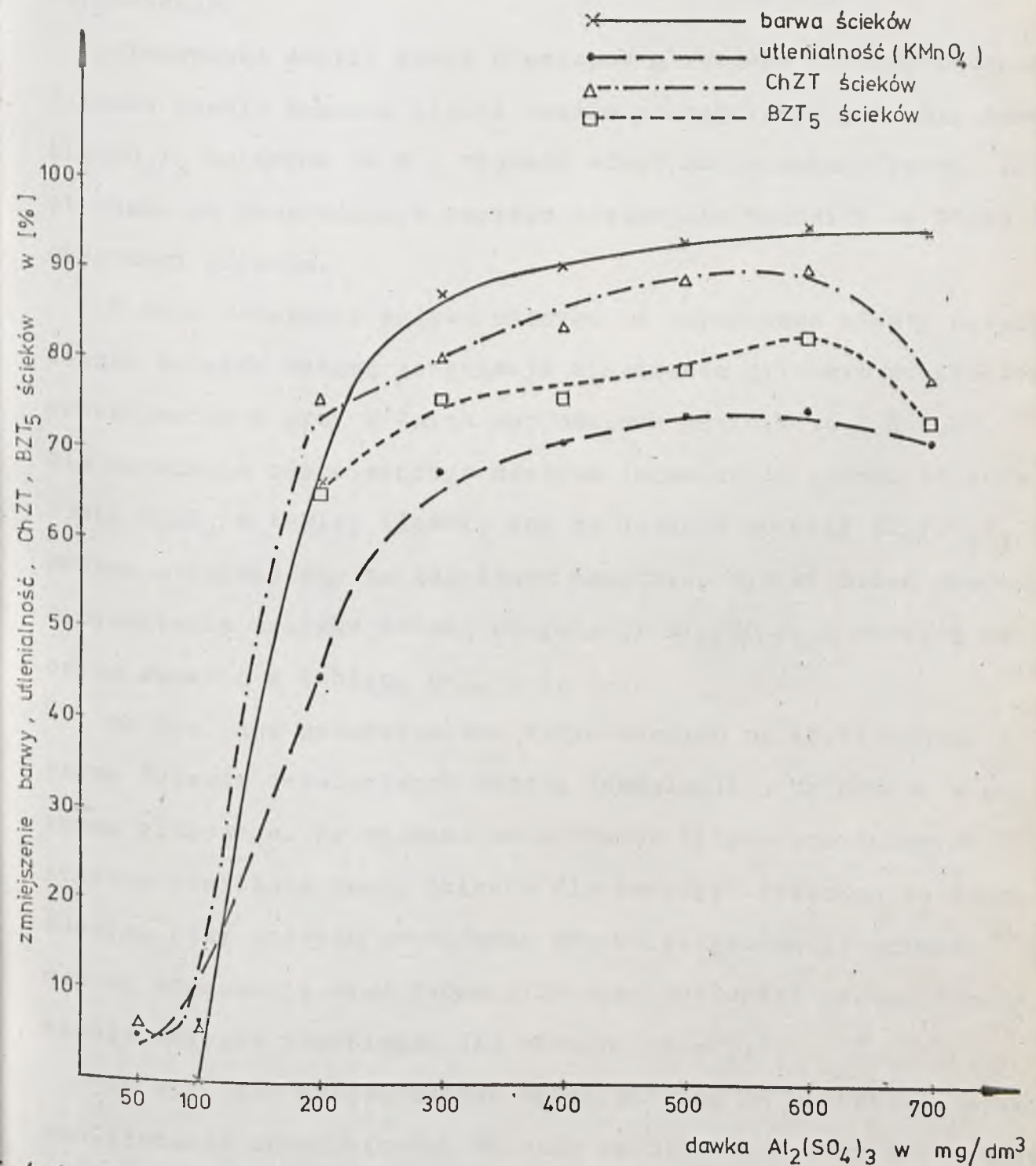
Wysokie było także ChZT, oraz sucha pozostałość w której około 25 % stanowiły substancje organiczne. Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu było niewielkie, co świadczyło o tym, że zanieczyszczenia powodujące barwę i ChZT ścieków celulozowych były bardzo trudno rozkładalne na drodze biologicznej.

#### 4.4. Wyniki badań

##### 4.4.1. Badanie procesu oczyszczania ścieków metodą koagulacji za pomocą siarczanu glinowego

Do kolejnych próbek ścieków dodawano wzrastające dawki siarczanu glinowego. Zakres dawek obejmował przedział 50-700 mg  $\text{Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$  w przeliczeniu na substancję czystą nieuwodnioną. Wyniki badań oraz obliczone procenty zmniejszenia w stosunku do wartości wskaźników zanieczyszczeń ścieków po biologicznym oczyszczeniu podano w tablicy 4-2. Wpływ koagulacji siarczanem glinowym zaznaczał się przy dawkach 200 mg  $\text{Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$ . Wzrastające dawki koagulantu polepszały uzyskiwane efekty oczyszczania ścieków, przy czym wpływ wzrastających dawek  $\text{Al}_2/\text{SO}_4/3$  był coraz mniejszy. Przy dawce siarczanu glinowego około 600 mg  $\text{Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$  uzyskiwało się 95 % zmniejszenia barwy, 74,5 % zmniejszenia utlenialności, 91 % zmniejszenia ChZT i 83 % zmniejszenia BZT<sub>5</sub>. Dalszy wzrost dawki siarczanu glinowego powodował pogorszenie procesu odbarwiania i oczyszczania ścieków celulozowych.

Na wykresie na rysunku 4-1 przedstawiono zmniejszenie barwy, utlenialności, ChZT i BZT<sub>5</sub> ścieków w zależności od dawki siarczanu glinowego dla próby ścieków z 18.X.1974 r. Wykres został spo-



4-1. ZALEŻNOŚĆ ZMNIJSZENIA BARWY, UTLENIALNOŚCI, ChZT, BZT<sub>5</sub>, ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH OD DAWKI KOAGULANTU SIARCZANU GLINOWEGO. (próba ścieków z 18. X. 1974.)



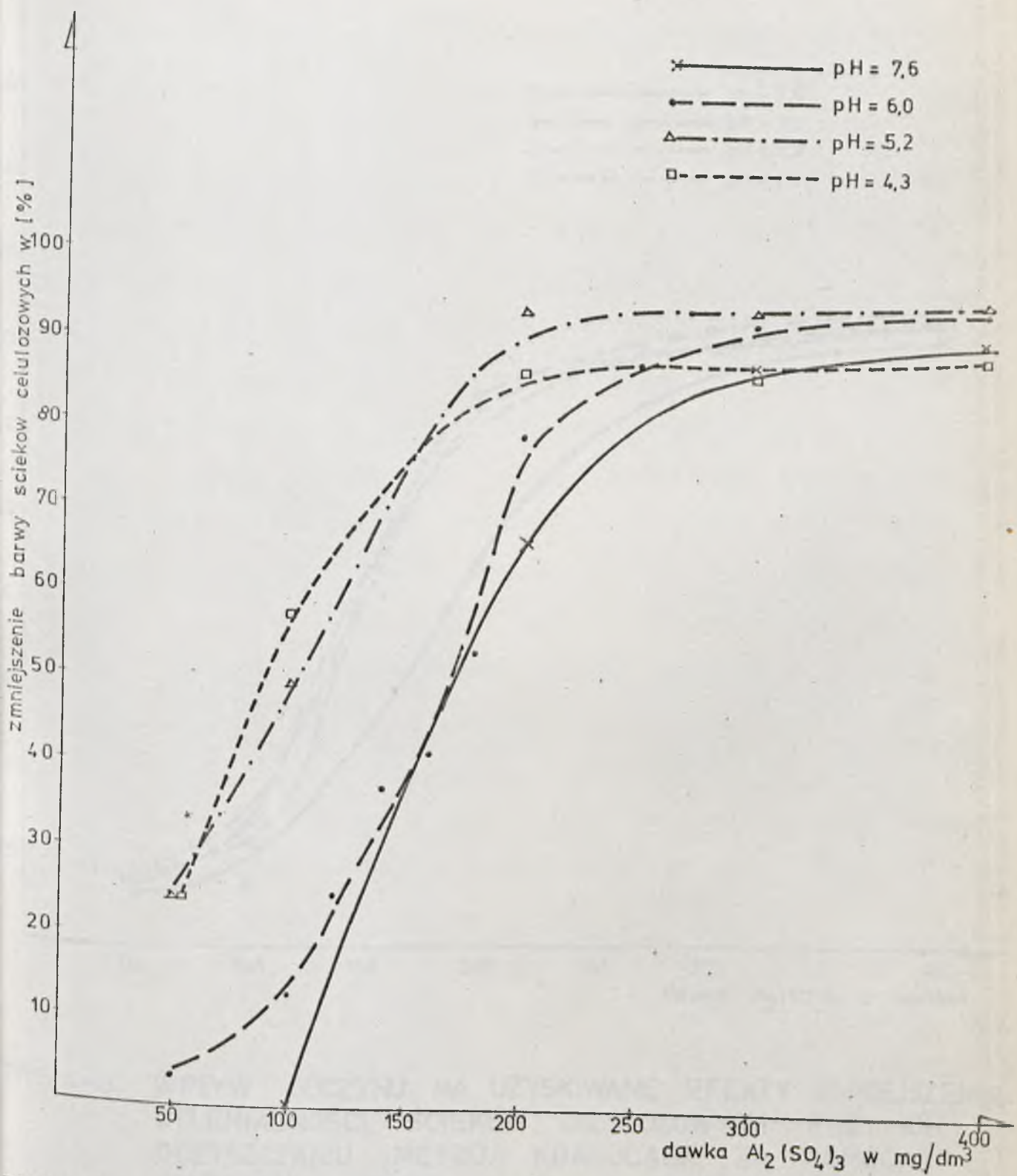
rzędzony na podstawie danych zawartych w tablicy 4-2. Przebieg procesu oczyszczania ścieków za pomocą koagulacji siarczanem glinowym był podobny dla wszystkich wymienionych wskaźników zanieczyszczenia.

Stosowanie dużych dawek siarczanu glinowego do oczyszczania ścieków dawało znaczne ilości osadów pokoagulacyjnych. Dla dawek  $Al_2/SO_4/3$  dających 90 % i większy efekt zmniejszenia barwy, ilości osadu po dwugodzinnym okresie odstawania wynosiły od 20-25 % objętości ścieków.

W celu ustalenia wpływu odczynu na uzyskiwane efekty oczyszczania ścieków metodą koagulacji siarczanem glinowym proces ten przeprowadzono przy różnych wartościach pH: 6,1 5,2 i 4,2 . Dla ustalenia odpowiedniego odczynu dodawano do próbki ścieków dawkę  $H_2SO_4$  w takiej ilości, aby po dodaniu do niej  $Al_2/SO_4/3$  odczyn utrzymał się na założonym poziomie. Wyniki badań procesu oczyszczania ścieków metodą koagulacji  $Al_2/SO_4/3$  z korektą odczynu zawarto w tablicy 4-3, 4-4, 4-5.

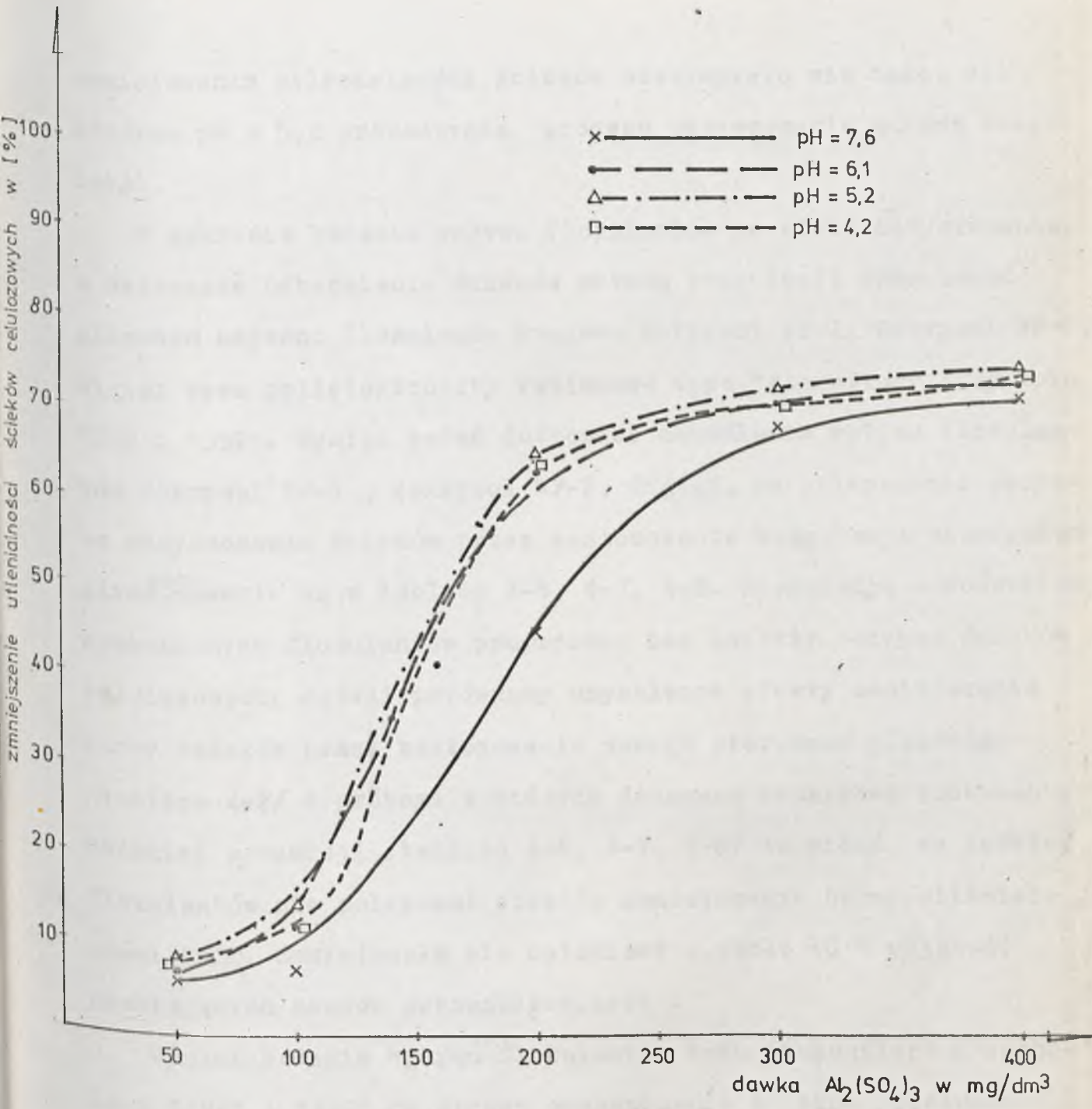
Na rys. 4-2 przedstawiono wpływ odczynu na efekt usuwania barwy ścieków celulozowych metodą koagulacji przy pomocy siarczanu glinowego. Na rysunku umieszczono krzywe procentowych efektów obniżenia barwy ścieków dla badanych czterech wartości odczynu przy których prowadzono proces oczyszczania ścieków metodą koagulacji siarczanem glinowym. Najlepiej proces odbarwiania ścieków przebiegał dla odczynu pH = 5,2.

Na rys. 4-3 przedstawiono wpływ odczynu na uzyskiwane efekty zmniejszenia utlenialności ścieków celulozowych przy ich oczyszczaniu metodą koagulacji siarczanem glin<sup>ym</sup>. Najlepsze efekty



RYS.4-2. WPŁYW ODCZYNU NA UZYSKIWANE EFEKTY ZMNIEJSZENIA BARWY ŚCIEKÓW PRZY PROWADZENIU PROCESU KOAGULACJI SIARCZANEM GLINOWYM. (próby ścieków z 18.X.74.)





RYS.4-3. WPŁYW ODCZYNU NA UZYSKIWANE EFEKTY ZMNIEJSZENIA UTLENIALNOŚCI ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH PRZY ICH OCZYSZCZANIU METODĄ KOAGULACJI ZA POMOCĄ SIARCZANU GLINU ( próby ścieków z 18.X.74.)

zmniejszenia utlenialności ścieków otrzymywało się także dla odczynu  $\text{pH} = 5,2$  prowadzenia procesu oczyszczania metodą koagulacji.

W zakresie badania wpływu flokulantów na efekt oczyszczania, a zwłaszcza odbarwiania ścieków metodą koagulacji siarczanem glinowym używano flokulanty krajowe Rokrysol WF-1, Rokrysol WF-2, Gigtar oraz polielektrolity kationowe typu "Magnafloc" o symbolu "292" i "352". Wyniki badań dotyczące określenia wpływu flokulantów Rokrysol WF-1, Rokrysol WF-2, Gigtar, na polepszenie procesu oczyszczania ścieków przez zastosowanie koagulacji siarczanem glinowym <sup>wym</sup> zawarte są w tablicy 4-6, 4-7, 4-8. Koagulację z dodatkiem wymienionych flokulantów prowadzono bez korekty odczynu ścieków celulozowych. Jeżeli porównamy uzyskiwane efekty zmniejszenia barwy ścieków przez zastosowanie samego siarczanu glinowego /tablica 4-2/ z próbami w których dodawano dodatkowo flokulanty polskiej produkcji /tablica 4-6, 4-7, 4-8/ to widać, że dodatek flokulantów nie polepszał efektów zmniejszenia barwy, utlenialności, ChZT. Zmniejszała się natomiast o około 10 % objętość powstających osadów pokoagulacyjnych.

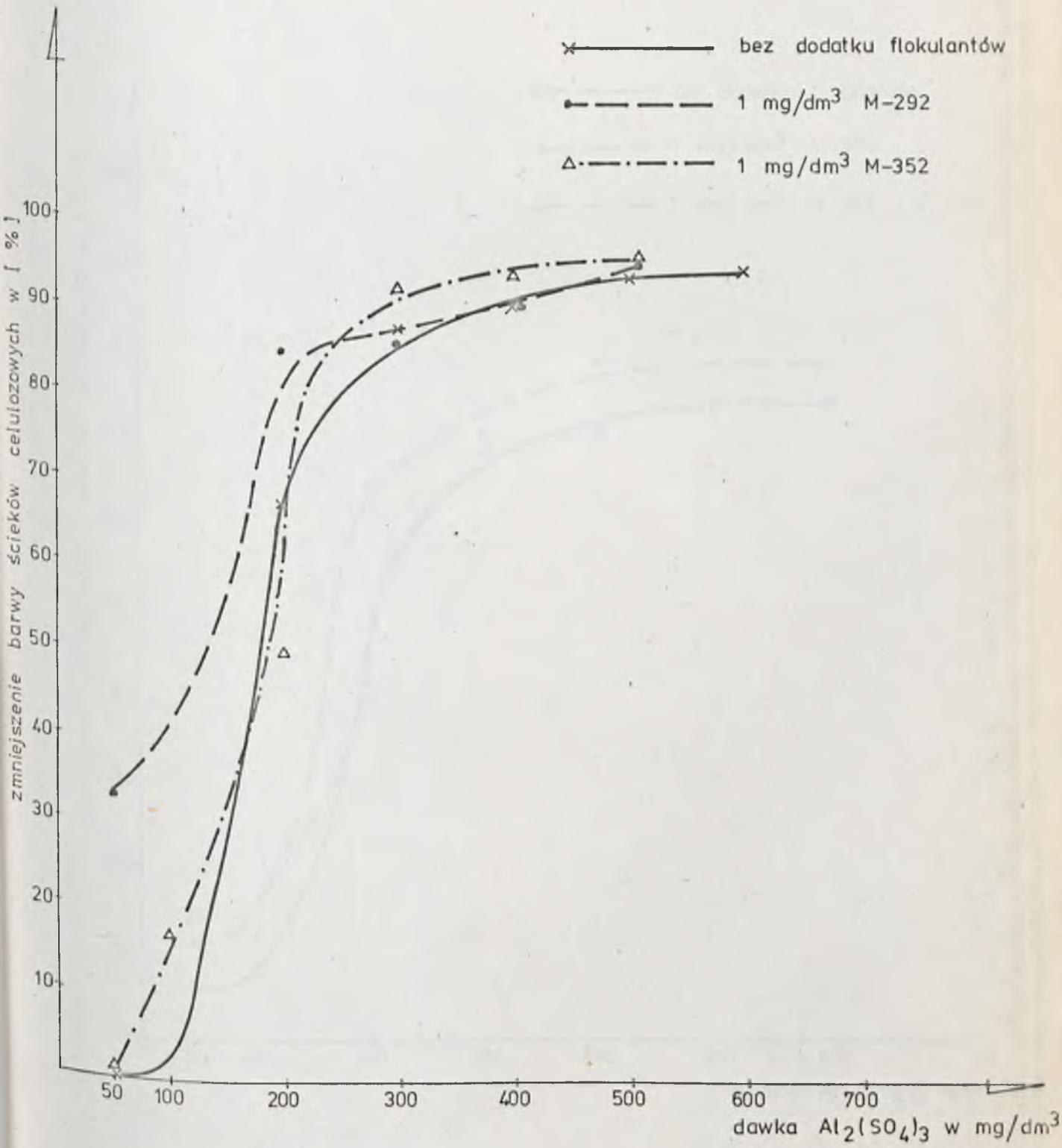
Wyniki badania wpływu flokulantów typu "Magnafloc" o symbolach "292" i "352" na proces oczyszczania ścieków pocelulozowych metodą koagulacji siarczanem glinowym zawarto w tablicy 4-9 i 4-10. Badano także wpływ wielkości dawek flokulantów na uzyskiwane efekty oczyszczania. Z porównania danych zawartych w tablicy 4-2 i w tablicach 4-9 i 4-10 wynika, że zarówno flokulanty "Magnafloc 292" jak i "Magnafloc 352" polepszały uzyskiwane efekty oczyszczania ścieków w porównaniu z próbami koagu-



lacji z samym siarczanem glinowym, przy czym wpływ flokulantów zaznaczał się raczej przy niskich dawkach siarczanu glinowego. Przy dawkach powyżej  $300 \text{ mg Al}_2/\text{SO}_4/3 /\text{dm}^3$  wpływ flokulantów był niewielki. Optymalną dawką flokulantów okazała się dawka  $1 \text{ mg}/\text{dm}^3$ . Powiększenie dawki flokulantu powodowało nieznaczne polepszenie efektów zmniejszenia barwy i innych wskaźników, niewspółmiernie jednak do stopnia wzrostu dawki. Dodatek flokulantów "Magnafloc" podobnie jak flokulantów krajowych zmniejszał o kilkanaście procent objętość powstających osadów pokoagulacyjnych.

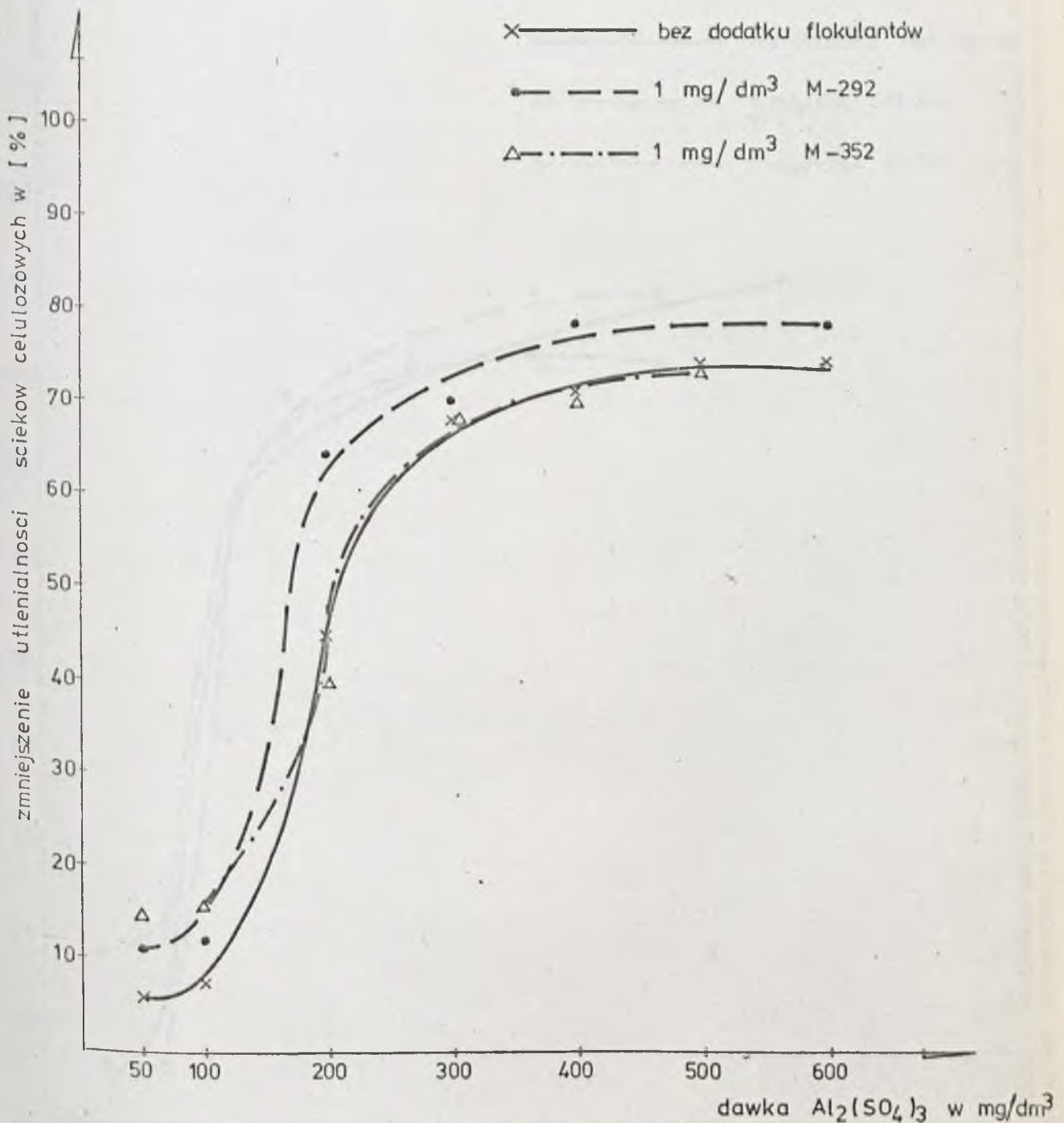
Na rysunku nr 4-4, 4-5, 4-6 przedstawiono zależność zmniejszenia barwy, utlenialności, i ChZT ścieków celulozowych od dawki siarczanu glinowego przy dodaniu flokulantów "Magnafloc 352" i "Magnafloc 292" w ilości  $1 \text{ mg}/\text{dm}^3$ . Na rysunku nr 4-4, 4-5, 4-6 zamieszczono również krzywe zmniejszenia wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych w zależności od dawek samego siarczanu glinowego. Pozwalało to na porównanie efektów polepszenia procesu oczyszczania ścieków uzyskanych przez zastosowanie wymienionych flokulantów.

Badano także wpływ polielektrolitów Rokrysol WF-1 i Rokrysol WF-2 przy obniżonych odczynach ścieków, na proces oczyszczania ścieków celulozowych. Odczyn prowadzenia procesu oczyszczania ścieków celulozowych utrzymywano na stałym poziomie  $\text{pH} = 6,2$  i w drugim przypadku  $\text{pH} = 5,2$ . Dawkowano przy tym flokulanty w ilości  $1$  i  $5 \text{ mg}/\text{dm}^3$ . Wyniki badań w zakresie obniżenia barwy, utlenialności i ChZT zawarto w tablicach 4-11, 4-12, 4-13, 4-14, a także przedstawiono na wykresach podanych na rys. 4-7, 4-8, 4-9, 4-10.

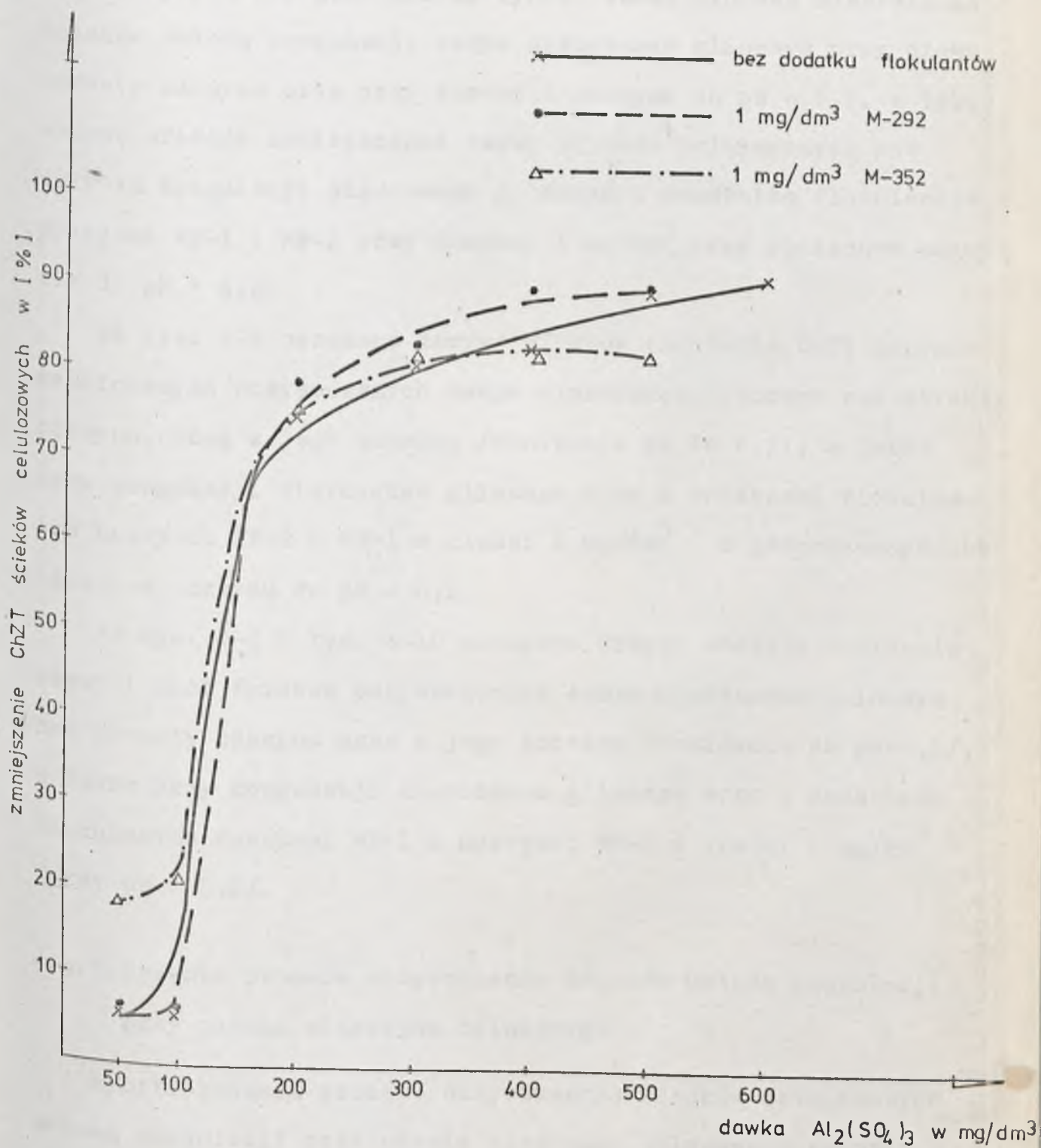


RYG. 4-4. WPŁYW DODATKU FLOKULANTÓW TYPU „MAGNAFLOC” NA UZYSKIWANE EFEKTY ZMNIEJSZENIA BARWY ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH PRZY ICH OCZYSZCZANIU METODĄ KOAGULACJI ZA POMOCĄ SIARCZANU GLINU. ( próby ścieków z 18. X. 74. )





RYS. 4-5. WPŁYW DODATKU FLOKULANTÓW TYPU „MAGNAFLOC” NA UZYSKIWANE EFEKTY ZMNIEJSZENIA UTLENIALNOŚCI ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH PRZY ICH OCZYSZCZANIU METODĄ KOAGULACJI ZA POMOCĄ SIARCZANU GLINU. (proby ścieków z 18.X.74.)



RYS. 4-6. WPŁYW DODATKU FLOKULANTÓW TYPU „MAGNAFLOC” NA UZYSKIWANE EFEKTY ZMNIEJSZENIA ChZT ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH PRZY ICH OCZYSZCZANIU METODĄ KOAGULACJI ZA POMOCĄ SIARCZANU GLINU.



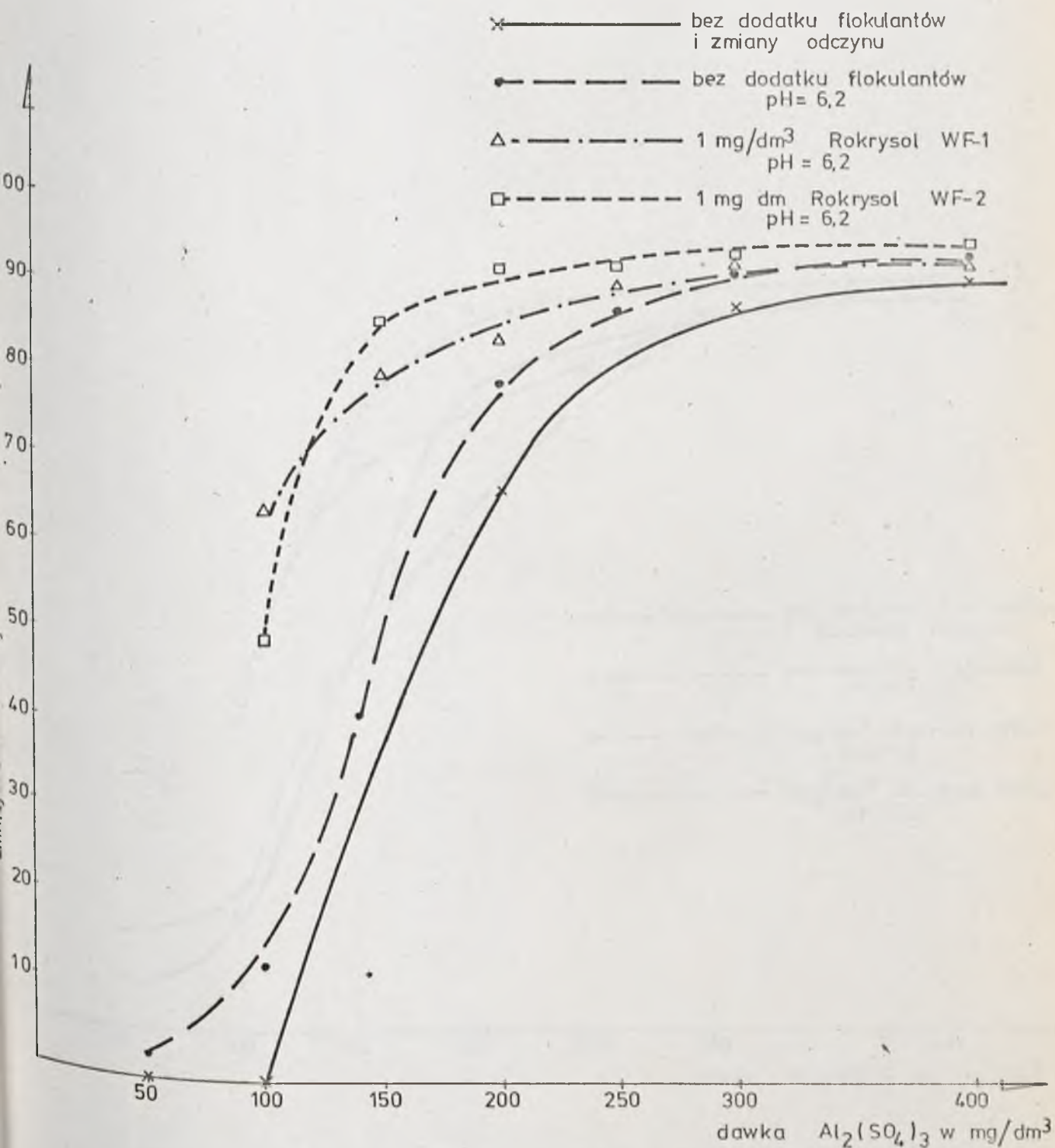
Na rys. 4-7 przedstawiono wyniki badań procesu odbarwiania ścieków metodą koagulacji samym siarczanem glinowym przy braku korekty odczynu oraz przy korekcie odczynu do  $\text{pH} = 6,2$ , a także krzywe efektów zmniejszenia barwy ścieków celulozowych pod wpływem koagulacji siarczanem glinowym z dodatkiem flokulantów Rokrysol WF-1 i WF-2 przy dawkach  $1 \text{ mg/dm}^3$ , przy obniżonym odczynie do  $\text{pH} = 6,2$ .

Na rys. 4-8 pokazano krzywe efektów obniżenia ChZT ścieków celulozowych oczyszczanych samym siarczanem glinowym bez korekty odczynu, oraz z jego korektą /obniżenie  $\text{pH}$  do  $6,2$ /, a także przy koagulacji siarczanem glinowym wraz z dodatkami flokulantów Rokrysol WF-2 i WF-1 w ilości  $1 \text{ mg/dm}^3$  z jednoczesnym obniżeniem odczynu do  $\text{pH} = 6,2$ .

Na rys. 4-9 i rys. 4-10 pokazano krzywe efektów obniżenia barwy i ChZT ścieków oczyszczonych samym siarczanem glinowym bez korekty odczynu oraz z jego korektą /obniżenie do  $\text{pH} = 5,2$ /, a także przy koagulacji siarczanem glinowym wraz z dodatkiem flokulantów Rokrysol WF-1 i Rokrysol WF-2 w ilości  $1 \text{ mg/dm}^3$  /przy  $\text{pH} = 5,2$ /.

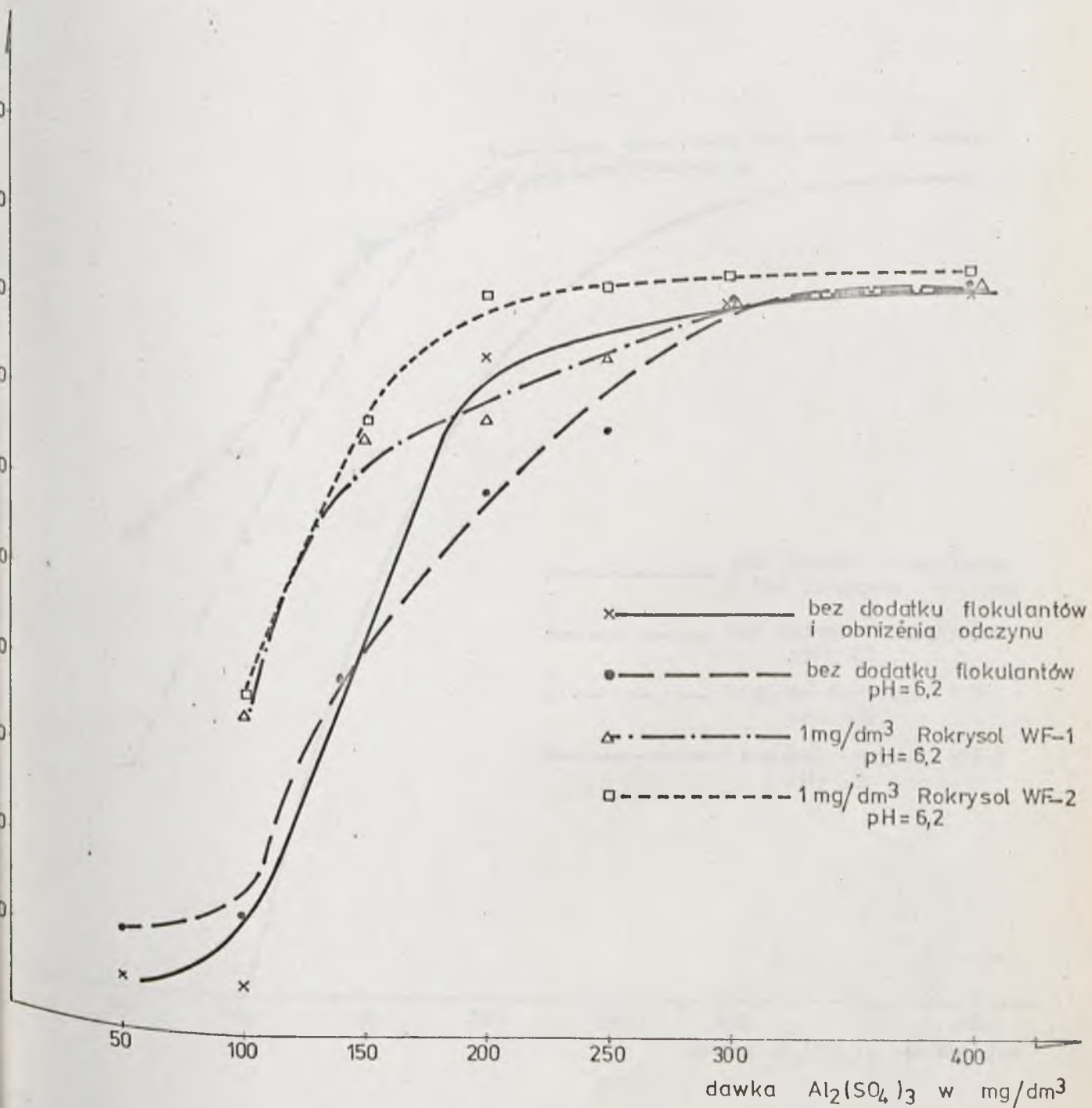
#### 4.4.2. Badania procesu oczyszczania ścieków metodą koagulacji przy użyciu siarczanu żelazawego .

Wyniki badania procesu oczyszczania ścieków celulozowych metodą koagulacji przy użyciu siarczanu żelazawego zawarto w tablicy 4-15 i 4-16. Odczyn ścieków w trakcie koagulacji utrzymywany był zasadniczo w zakresie wartości  $8,2 - 8,6 \text{ pH}$ . W tym celu do ścieków dodawano odpowiednie dawki tlenu wapniowego  $\text{CaO}$ .

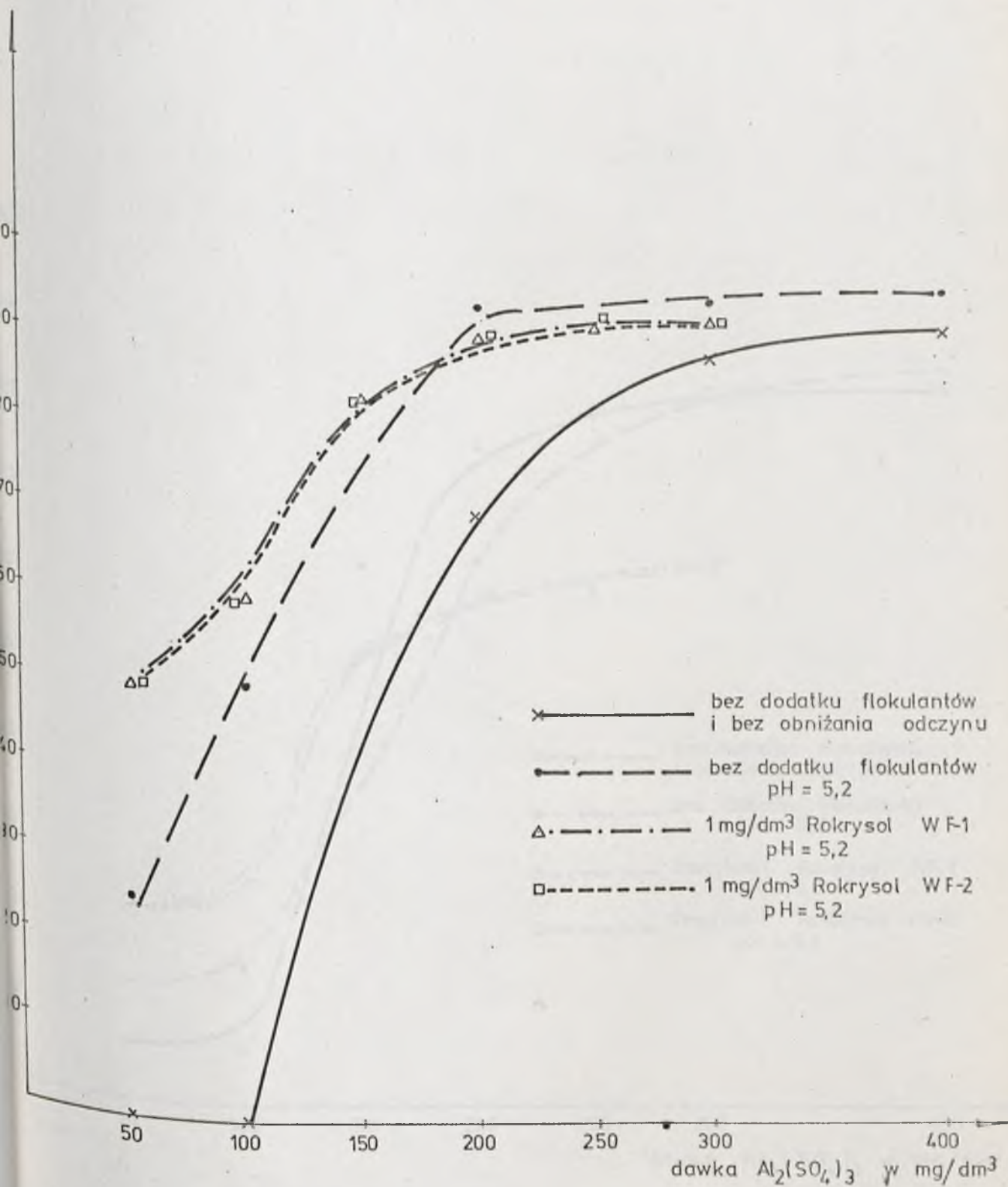


RYS. 4-7. WPŁYW DODATKU FLOKULANTÓW I OBNIŻENIA ODCZYNU DO pH=6,2 NA UZYSKIWANE EFEKTY ZMNIEJSZENIA BARWY ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH PRZY ICH OCZYSZCZANIU METODĄ KOAGULACJI ZA POMOCĄ SIARCZANU GLINU, (próba ścieków z 14. XI.74.)



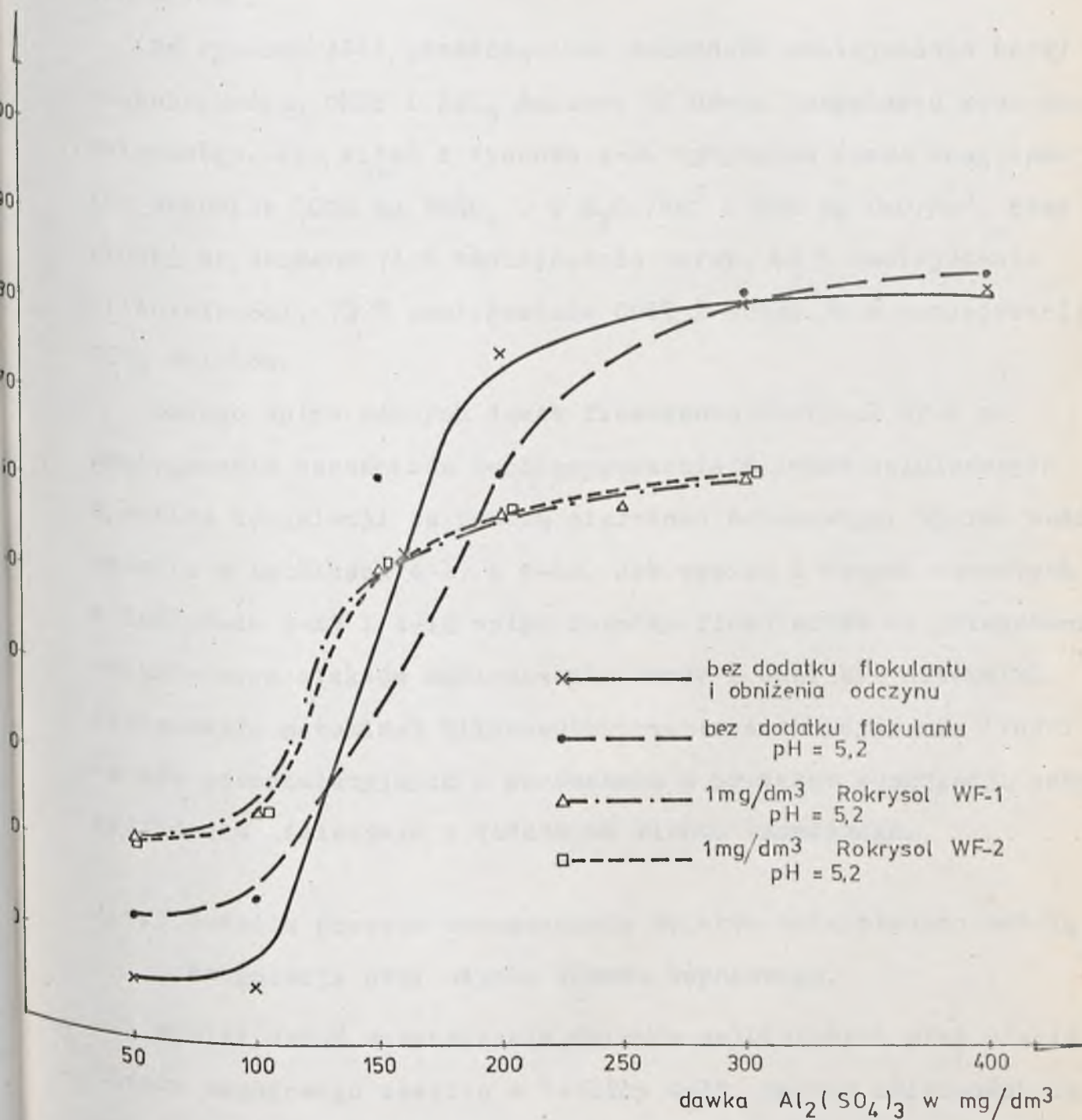


YS. 4-8. WPŁYW DODATKU FLOKULANTÓW I OBNIŻENIA ODCZYNU DO pH=6,2 NA UZYSKIWANE EFEKTY ZMNIEJSZENIA ChZT ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH PRZY ICH OCZYSZCZANIU METODĄ KOAGULACJI ZA POMOCĄ SIARCZANU GLINU. ( próba ścieków z 14.XI.74. )



RYŚ. 4-9. WPŁYW DODATKU FLOKULANTÓW I OBNIŻENIA ODCZYNU DO pH=5,2 NA UZYSKIWANE EFEKTY ZMNIEJSZENIA BARWY ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH PRZY ICH OCZYSZCZANIU METODĄ KOAGULACJI ZA POMOCĄ SIARCZANU GLINU. (próba ścieków z 11. XI. 74.)





S.4-10. WPŁYW DODATKU FLOKULANTÓW I OBNIŻENIA ODCZYNU DO pH=5,2 NA UZYSKIWANE EFEKTY ZMNIEJSZENIA ChZT ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH PRZY ICH OCZYSZCZANIU METODĄ KOAGULACJI ZA POMOCĄ SIARCZANU GLINU. (próba ścieków z 14. XI. 74.)

Koagulację przeprowadzono przy dawkach siarczanu żelazawego od 500 do 1200 mg/dm<sup>3</sup> i dawkach tlenu wapniowego od 200 do 500 mg/dm<sup>3</sup>.

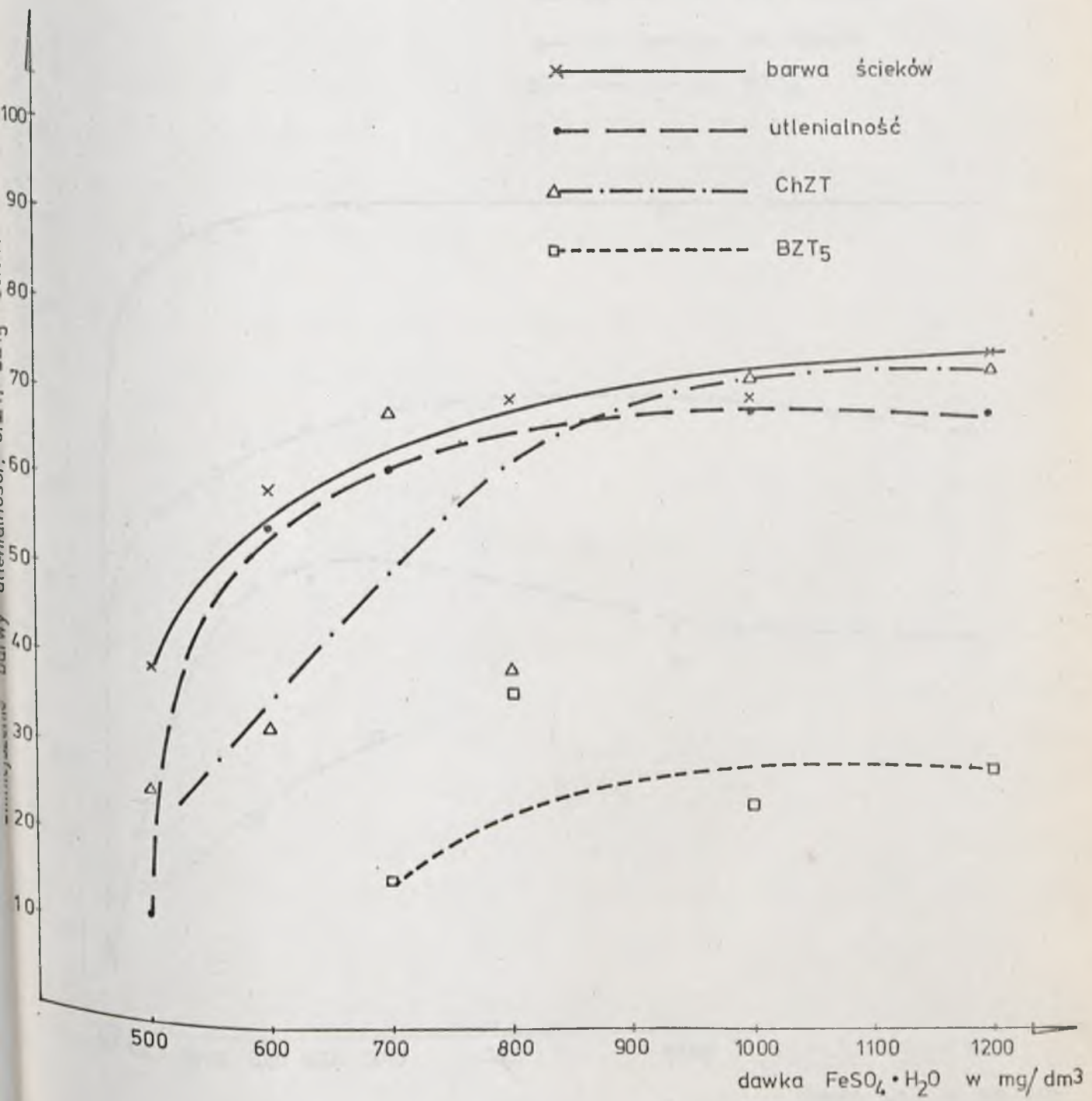
Na rysunku 4-11 przedstawiono zależność zmniejszenia barwy utlenialności, ChZT i BZT<sub>5</sub> ścieków od dawki koagulantu siarczanu żelazawego. Jak widać z rysunku 4-16 optymalna dawka koagulantów wynosiła 1000 mg FeSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O /dm<sup>3</sup> i 250 mg CaO/dm<sup>3</sup>, przy której uzyskiwano 74 % zmniejszenia barwy, 68 % zmniejszenia utlenialności, 73 % zmniejszenia ChZT i około 30 % zmniejszenia BZT<sub>5</sub> ścieków.

Badano wpływ różnych dawek flokulantu Rokrysol WF-2 na zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych w wyniku koagulacji za pomocą siarczanu żelazawego. Wyniki badań zawarto w tablicach 4-17 i 4-18. Jak wynika z danych zawartych w tablicach 4-17 i 4-18 wpływ dodatku flokulantów na polepszenie uzyskiwanych efektów zmniejszenia barwy i ChZT był niewielki. Następowo natomiast kilkunastoprocentowe zmniejszenie ilości osadów pokoagulacyjnych w porównaniu z procesem koagulacji samym siarczanem żelazawym z dodatkiem tlenu wapniowego.

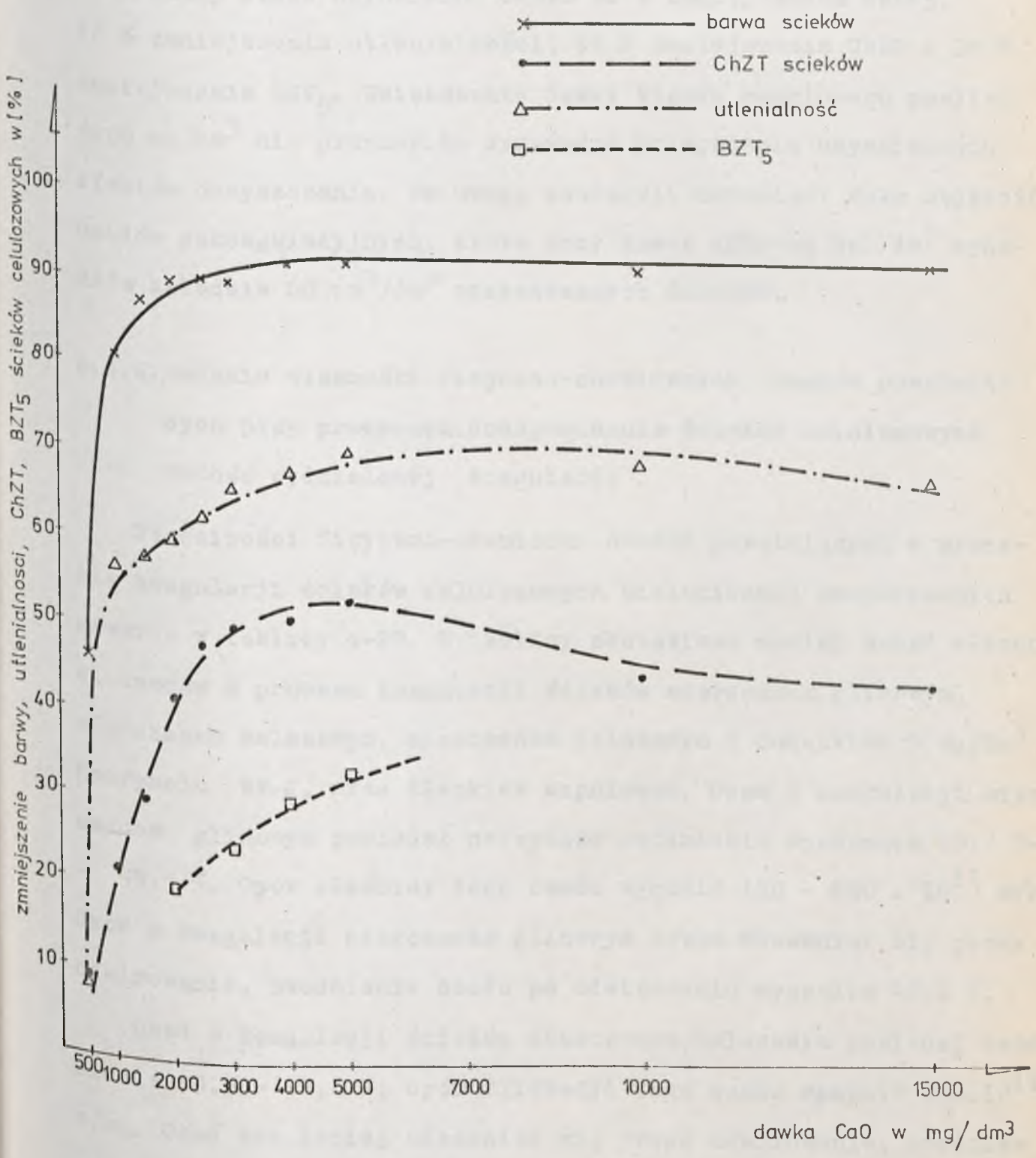
#### 4.4.3. Badania procesu oczyszczania ścieków celulozowych metodą koagulacji przy użyciu tlenu wapniowego.

Wyniki badań oczyszczania ścieków celulozowych przy użyciu tlenu wapniowego zawarto w tablicy 4-19. Zakres zmienności dawek był bardzo szeroki i wynosił od 500 do 15 000 mg CaO/dm<sup>3</sup>. Zależność zmniejszenia barwy, utlenialności, ChZT i BZT<sub>5</sub> ścieków od dawki tlenu wapniowego przedstawiono na rysunku 4-12.





RYS. 4-11. ZALEŻNOŚĆ ZMNIEJSZENIA BARWY, UTLENIALNOŚCI, ChZT, BZT<sub>5</sub> ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH OD DAWKI KOAGULANTU SIARCZANU ŻELAZAWEGO. ( ODCZYN PROCESU 8,2-8,6 pH USTALONY ZA POMOCĄ ODPOWIEDNICH DAWEK CaO ).



RYS.4-12. ZALEŻNOŚĆ ZMNIJSZENIA BARWY, UTLENIALNOŚCI, ChZT, BZT<sub>5</sub>, ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH OD DAWKI KOAGULANTU TLENKU WAPNIOWEGO.



Optymalna dawka koagulantu wynosiła około  $4000 \text{ mg CaO/dm}^3$ . Przy optymalnej dawce uzyskiwano około 92 % zmniejszenia barwy, 68 % zmniejszenia utlenialności, 54 % zmniejszenia ChZT i 30 % zmniejszenia BZT<sub>5</sub>. Zwiększenie dawki tlenu wapniowego powyżej  $4000 \text{ mg/dm}^3$  nie przynosiło wyraźnego polepszenia uzyskiwanych efektów oczyszczania. Na uwagę zasługuje natomiast mała objętość osadów pokoagulacyjnych, która przy dawce  $4000 \text{ mg CaO/dm}^3$  wynosiła zaledwie  $60 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$  oczyszczanych ścieków.

#### 4.4.4. Badania własności fizyczno-chemicznych osadów powstających przy procesach dożyzszczania ścieków celulozowych metodą wydzielonej koagulacji .

Właściwości fizyczno-chemiczne osadów powstających w procesie koagulacji ścieków celulozowych biologicznie oczyszczonych zawarto w tablicy 4-20. W tablicy zestawiono wyniki badań własności osadów z procesu koagulacji ścieków siarczanem glinowym, siarczanem żelazawym, siarczanem żelazawym z dodatkiem  $5 \text{ mg/dm}^3$  Rokrysolu WF-2, oraz tlenkiem wapniowym. Osad z koagulacji siarczanem glinowym posiadał najwyższe uwodnienie wynoszące 99,7 % - 99,5 %. Opór właściwy tego osadu wynosił  $150 - 690 \cdot 10^{11} \text{ m/kg}$ . Osad z koagulacji siarczanem glinowym słabo odwadniał się przez odwirowanie, uwodnienie osadu po odwirowaniu wynosiło 98,1 %.

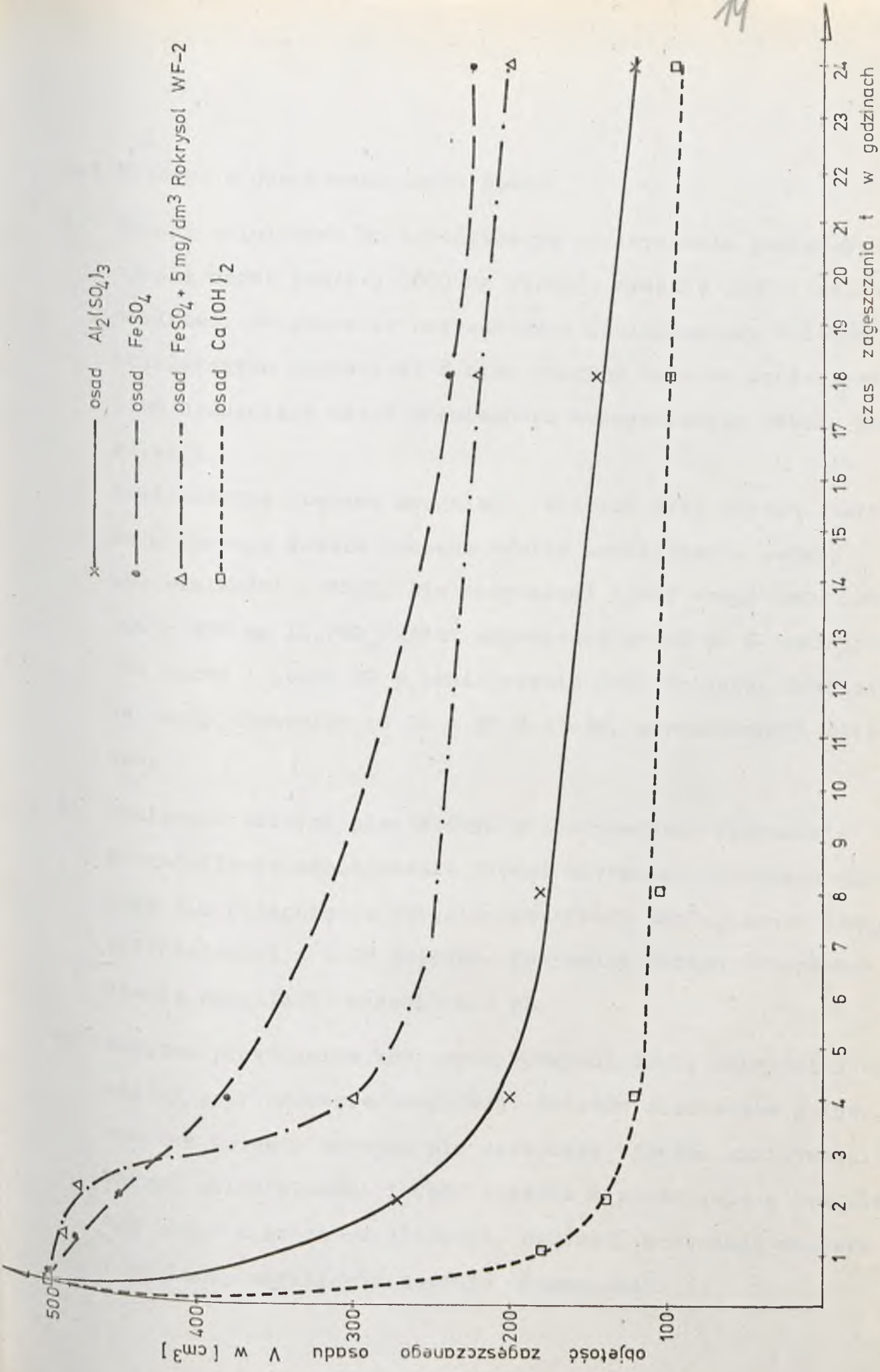
Osad z koagulacji ścieków siarczanem żelazawym posiadał uwodnienie 99,3 - 99,4 %, opór filtracji tego osadu wynosił  $280 \cdot 10^{11} \text{ m/kg}$ . Osad ten lepiej odwadniał się przez odwirowanie, uwodnienie osadu wynosiło 91,2 %. Dodatek flokulantu Rokrysolu WF-2 w ilości  $5 \text{ mg/dm}^3$  w trakcie koagulacji ścieków polepszał nie -

znacznie własności osadu pokoagulacyjnego. Zmniejszyło się uwodnienie początkowe tego osadu i obniżał się opór filtracji w porównaniu z osadem samego siarczanu żelazawego.

Bardzo korzystne właściwości z punktu <sup>widzenia,</sup> późniejszych procesów odwadniania, posiadał osad z koagulacji ścieków celulozowych tlenkiem wapniowym. Osad ten charakteryzował się niskim uwodnieniem wynoszącym 95,4 %. Był to osad składający się w głównej mierze ze składników mineralnych. Opór właściwy tego osadu wynosił  $23 \cdot 10^{11}$  m/kg, co świadczyło o możliwości odwadniania go na drodze filtracji próżniowej. Osad z procesu koagulacji ścieków tlenkiem wapniowym odwadniał się także skutecznie przez odwirowanie.

Osady których właściwości fizyczno-chemiczne zawarto w tablicy 4-20 poddawano zagęszczaniu grawitacyjnemu w cylindrach o pojemności  $500 \text{ cm}^3$ . Przebieg procesu grawitacyjnego zagęszczania osadów pokoagulacyjnych powstałych przy chemicznym oczyszczaniu ścieków celulozowych zestawiono w tablicy 4-21. Natomiast na rys. 4-13 przedstawiono krzywe zależności zmniejszenia objętości tych osadów od czasu zagęszczania. Najlepiej i najszybciej zagęszczał się osad z koagulacji ścieków tlenkiem wapniowym. Przy wyjściowej objętości  $500 \text{ cm}^3$  osadu, objętość osadu wapiennego po 1 godzinie zagęszczania wynosiła  $180 \text{ cm}^3$ , nastąpiło więc przeszło dwu i półkrotne zmniejszenie objętości tego osadu. Dla innych osadów w ciągu analogicznego <sup>okresu</sup> wystąpiło zaledwie kilkunastu lub kilkudziesięcioprocentowe zmniejszenie objętości. Stosunkowo szybko zagęszczał się osad z koagulacji ścieków siarczanem glinowym, który charakteryzował się wysokim uwodnieniem wyjściowym.





RYS.4-13. PRZEBIEG PROCESU ZAGĘSZCZANIA OSADÓW POKOAGULACYJNYCH Z OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH.

## 4.5. Wnioski z przeprowadzonych badań.

- 1/ Ścieki celulozowe po biologicznym oczyszczaniu posiadały wysoką barwę powyżej  $1000 \text{ mg Pt/dm}^3$ , wysokie ChZT i utlenialność. Po procesie oczyszczania biologicznego ścieków celulozowych pozostawał w nich znaczny ładunek zanieczyszczeń wymagający metod chemicznego doczyszczania metodą koagulacji.
- 2/ Zastosowanie procesu koagulacji ścieków przy użyciu siarczanu glinowego dawało znaczne efekty zmniejszenia barwy, utlenialności i ChZT. Dla optymalnej dawki koagulantu około  $300 - 400 \text{ mg Al}_2\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$  uzyskiwano ponad 90 % zmniejszenia barwy i ponad 80 % zmniejszenia ChZT ścieków. Powstające osady stanowiły od 20 ÷ 25 % ilości oczyszczanych ścieków.
- 3/ Obniżenie odczynu przy którym przeprowadzano koagulację prowadziło do zmniejszenia ilości używanego siarczanu glinowego dla osiągnięcia określonego efektu zmniejszenia barwy, utlenialności i ChZT ścieków. Optymalny odczyn przeprowadzenia koagulacji wynosił 5.2 pH.
- 4/ Dodatek flokulantów krajowych: Rokrysol WF-1, Rokrysol WF-2, Gigtar, przy procesie koagulacji ścieków siarczanem glinowym bez korekty odczynu nie polepszał efektów zmniejszenia barwy, utlenialności i ChZT ścieków w porównaniu z koagulacją samym siarczanem glinowym. Bardziej skuteczne okazały się flokulanty angielskie z grupy "Magnafloc".



- 5/ Dodatek flokulantów Rokrysol WF-1 i Rokrysol WF-2 polepszał efekty usuwania barwy, utlenialności i ChZT ścieków przy obniżonym odczynie prowadzenia procesu koagulacji do pH=6,2 w stosunku do efektów uzyskiwanych na drodze koagulacji samym siarczanem glinowym przy obniżonym odczynie.
- 6/ Przy stosowaniu siarczanu żelazawego do oczyszczania ścieków celulozowych optymalna dawka koagulantów wynosiła 1000mg  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}/\text{dm}^3 + 250 \text{ mg CaO}/\text{dm}^3$ . Dla dawki optymalnej uzyskiwało się 74 % zmniejszenia barwy i 72 % zmniejszenia ChZT ścieków. Powstające osady pokoagulacyjne stanowiły około 20 % objętości oczyszczanych ścieków.
- 7/ Dodatek flokulantu Rokrysol WF-2 nie polepszał wyraźnie efektów oczyszczania ścieków w porównaniu z procesem przeprowadzonym przy użyciu samego siarczanu żelazawego z tlenkiem wapniowym. Zmniejszała się natomiast o około 15 % objętość powstających osadów pokoagulacyjnych.
- 8/ Przy stosowaniu tlenku wapniowego do oczyszczania ścieków celulozowych optymalna dawka wynosiła 3000 - 4000 mg  $\text{CaO}/\text{dm}^3$ . Dla dawki optymalnej uzyskiwało się przeszło 90 % zmniejszenia barwy i 53 % zmniejszenia ChZT ścieków. Ilość powstających osadów stanowiły około 6 % objętości oczyszczanych ścieków.
- 9/ Najkorzystniejsze własności fizyczno-chemiczne z punktu widzenia procesów odwadniania posiadał osad z koagulacji ścieków tlenkiem wapniowym. Opór filtracji tego osadu wynosił  $23 \cdot 10^{11} \text{ m/kg}$ , i był przeszło dziesięciokrotnie niższy

od oporów filtracji osadów z koagulacji ścieków siarczanem glinowym i siarczanem żelazawym.

- 10/ Najlepsze zdolności do zagęszczania grawitacyjnego posiadał osad z koagulacji ścieków tlenkiem wapniowym. Długo trwał czas zagęszczania się osadów z koagulacji ścieków siarczanem glinowym i siarczanem żelazawym.



## 5. BADANIA OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW METODĄ KOAGULACJI SYMULTANICZNEJ.

### 5.1. Cel i zakres badań

Metoda koagulacji symultanicznej, czyli jednoczesnej z procesem osadu czynnego, została rozwinięta przez Thomasa /34/ i polegała na wprowadzeniu chemikalii /soli glinu lub żelaza/ do ścieków z osadem czynnym w komorze napowietrzania. Wytwarzała się mieszanina osadu chemicznego i osadu czynnego o znacznych zdolnościach sorpcyjnych, która po sedymentacji w osadniku wtórnym powracała do obiegu. Metoda ta jest coraz częściej stosowana w niektórych krajach [34, 35, 36, 37] do usuwania związków fosforu ze ścieków. Pozwala ona na kilkudziesięcioprocentowe zmniejszenie dawki reagentu w porównaniu z procesem wtórnego wytrącania fosforu z oczyszczonych ścieków i nie wymaga dodatkowych komór reakcji. Dotychczas nie stosowano natomiast metody koagulacji symultanicznej do odbarwiania i doczyszczania ścieków celulozowych. Brak jest także doniesień na ten temat w piśmiennictwie krajowym i zagranicznym.

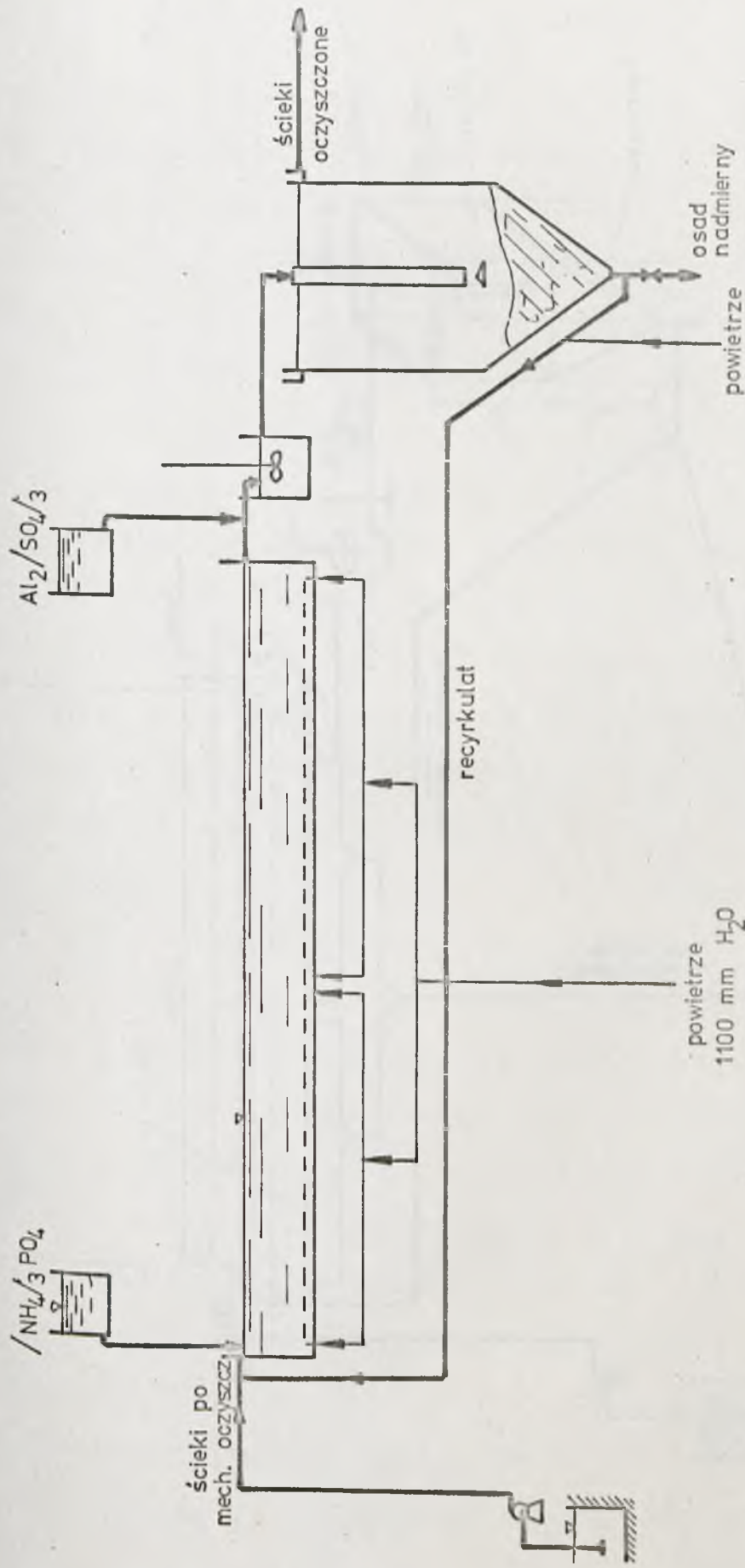
Celem badań było określenie warunków przebiegania procesu koagulacji symultanicznej przy oczyszczaniu ścieków celulozowych w Ostrołęckich Zakładach Celulozowo - Papierniczych metodą osadu czynnego, a także określenie wpływu różnych dawek siarczanu glinowego dodawanego w końcowej części komory osadu czynnego na efekty obniżania ChZT, utlenialności, BZT<sub>5</sub> i barwy ścieków celulozowych. Jednocześnie badano wpływ wzrastających dawek siarczanu glinowego na właściwości osadu czynnego takie jak

indeks osadowy, przyrost osadu w komorze napowietrzania, aktywność oddechową osadu czynnego i skład biologiczny osadu czynnego.

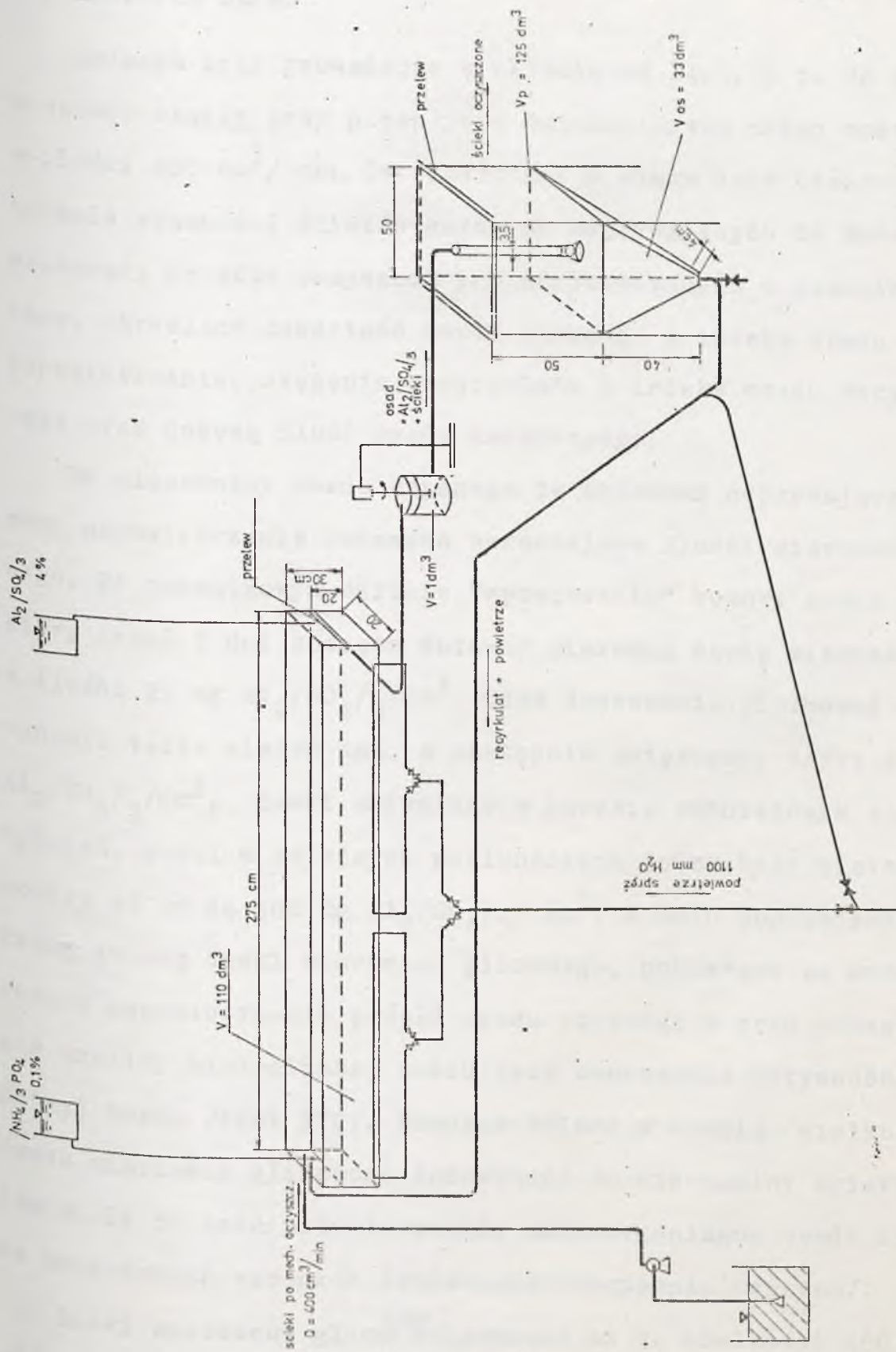
## 5.2. Opis modelu badawczego

Badania procesu koagulacji symultanicznej przeprowadzone były w warunkach laboratoryjnych w modelu przepływowym odzwierciedlającym proces i urządzenia występujące w biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych w Ostrołęce. Model obejmował komorę osadu czynnego i osadnik wtórny o czasach przetrzymywania ścieków podobnych jakie występują w oczyszczalni technicznej. Schemat układu laboratoryjnego jest przedstawiony na rys. 5-1 i 5-2. Do przedniej części komory osadu czynnego doprowadzone były ścieki celulozowe oczyszczone mechanicznie pobierane z kanału doprowadzającego ścieki do oczyszczalni, a także dawkowano w odpowiedniej ilości substancje pożywkowe. Ścieki napowietrzano w komorze osadu czynnego /czas natleniania 4,6h/, a następnie dodawano do wypływającej z komory mieszaniny oczyszczanych ścieków z osadem czynnym odpowiednio wzrastające dawki siarczanu glinowego. Przed odprowadzeniem do osadnika wtórnego ścieki, osad i koagulant mieszano w komorze szybkiego mieszania, mieszanie wolne zachodziło w rurze środkowej osadnika pionowego pracującego jako osadnik wtórny /czas sedimentacji  $t = 4h$ /. Sklarowane w osadniku oczyszczone ścieki odprowadzono do kanalizacji, zagęszczony osad z dna osadnika recyrkulowano z powrotem do komory napowietrzania ścieków. Nadmiar osadu odprowadzano, okresowo mierząc jego ilość.





RYS. 5-1 . SCHEMAT UKŁADU BADAWCZEGO OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH METODĄ KOAGULACJI SYMULTANICZNEJ.



16

RYŚ. 5-2. UKŁAD MODELU BADAWCZEGO WYKORZYSTYWANEGO DO PRZEPROWADZENIA PROCESU KOAGULACJI SYMULTANICZNEJ



### 5.3. Metodyka badań

Badania były prowadzone w okresie od 14.3.75 r. do 19.5.1975r. w sposób ciągły, przy przepływie ścieków przez układ modelowy [38] w ilości  $400 \text{ cm}^3 / \text{min}$ . Czterokrotnie w ciągu doby przeprowadzono badania własności ścieków surowych dopływających do modelu, własności ścieków oczyszczonych odprowadzanych z osadnika wtórnego, określano zawartość osadu czynnego i indeks osadu w komorze napowietrzania, stężenia recyrkulatu i indeks osadu recyrkulowanego oraz dobową ilość osadu nadmiernego.

Do mieszaniny osadu czynnego ze ściekami odpływającej z komory napowietrzania dodawano wzrastające ilości siarczanu glinowego. Po początkowym okresie "wpracowania" komory osadu czynnego, który trwał 7 dni zaczęto dodawać pierwszą dawkę siarczanu glinowego w ilości  $25 \text{ mg Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$ . Czas dawkowania pierwszej dawki wynosił także siedem dni, a następnie zwiększono dawkę do  $50 \text{ mg Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$ . Dawki zmieniano w okresie późniejszym także co tydzień, skoki w kolejnych wielkościach dawek były większe, wynosiły od 50 do  $100 \text{ mg Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$ . W dniu poprzedzającym każdą zmianę dawki siarczanu glinowego, pobierano ze środka komory napowietrzania próbki osadu czynnego w celu przeprowadzenia analizy biologicznej osadu oraz oznaczenia aktywności oddechowej osadu /test TTC/. Powolne zmiany w czasie wielkości dawek siarczanu glinowego dodawanego do mieszaniny ścieków z osadem miały na celu przystosowanie mikroorganizmów osadu czynnego do zmienionych warunków środowiska /obniżenie odczynu/.

Dawki siarczanu glinowego zwiększono aż do wielkości  $450 \text{ mg Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$ , czyli do momentu pełnego wystąpienia procesu

koagulacji zanieczyszczeń zawartych w ściekach celulozowych po biologicznym oczyszczaniu. Wpływu większych dawek koagulantu na proces odbarwiania i oczyszczania ścieków celulozowych nie badano ze względu na zbytne obniżenie odczynu ścieków pod wpływem dużych dawek koagulantu.

Badania własności ścieków surowych doprowadzanych do komory osadu czynnego obejmowały oznaczenia :

- chemicznego zapotrzebowania <sup>tlenu</sup> ścieków /ChZT/ metodą skróconą tzw. "na zimno" według metodyki stosowanej przez laboratorium badawcze OZCP [317] i oznaczenie ChZT na gorąco według metody znornalizowanej /przeprowadzane okresowo / [297]
- oznaczanie utlenialności ścieków metodą nadmanganiową <sup>dn</sup>
- oznaczanie biochemicznego pięciodniowego zapotrzebowania tlenu /BZT<sub>5</sub>/ metodą rozcieńczeń
- oznaczanie barwy ścieków metodą wizualną przez porównanie ze skalą wzorców Pt-Co, z doprowadzeniem odczynu badanych ścieków do znornalizowanej wartości pH = 7,6
- oznaczanie odczynu ścieków metodą potencjometryczną .

Badania własności ścieków oczyszczanych po osadniku obejmowały oznaczenie tych samych wskaźników jak w ściekach surowych , dodatkowo oznaczano zawartość zawiesin metodą wagową na sączkach średnio twardych przy przeprowadzaniu procesu sączenia na lejku próżniowym i na lejku zwykłym.

Badania fizyczne własności osadu czynnego z komory obejmowały oznaczenia stężenia osadu czynnego w komorze napowietrzania, opadalności i indeksu osadowego, oraz okresowo zawartości tlenu w komorze osadu czynnego. Oznaczano także stężenie osadu w recyr-



kulacie i opadalności tego osadu oraz ilość odprowadzanego osadu nadmiernego i jego stężenie. Dodatkowo przeprowadzono badania odwadnialności osadów powstających w procesie koagulacji symultanicznej przy dawce  $450 \text{ mg Al}_2/\text{SO}_4/3$  i porównano z wynikami odwadnialności osadu czynnego do którego nie dodawano koagulantu.

Zakres badań biologicznych obejmował oznaczenie aktywności dehydrogenazowej osadu czynnego oraz analizę biologiczną osadu. Aktywność dehydrogenazową osadu czynnego oznaczano metodą testu TTC - stosując metodę Forda zmodyfikowaną w Instytucie Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej. Uwzględniono także zalecenia Lelonkiewicz dotyczące sposobu wykonania testu TTC [397]. Badano aktywność osadu przy oddychaniu endogennym oraz aktywność w stosunku do glukozy jako łatworozkładalnego substratu, jedyne źródła węgla.

Badania taksonomiczne ilościowe organizmów osadu czynnego prowadzono w komorach do liczenia, stosowanych w Zakładzie Inżynierijno - Sanitarnej Ochrony Środowiska Politechniki Warszawskiej. Liczbę organizmów podawano w przeliczeniu na  $1 \text{ cm}^3$  osadu.

#### 5.4. Wyniki badań

Zestawienie wszystkich wyników badań fizyko-chemicznych ścieków surowych i oczyszczonych, a także badań osadu w komorze napowietrzania i w recyrkulacie zostało umieszczone w tablicy 5-1. Badania były wykonywane czterokrotnie w ciągu doby pominiwszy początkowy okres wpracowywania się komory osadu czynnego wynoszący siedem dni kiedy nie dodawano do ścieków siarczanu glinowego.

Tablica obejmuje 237 wyników badań własności ścieków surowych i oczyszczonych oraz własności osadu w komorze i osadu recyrkulowanego. W miarę zwiększenia dawki, zmianie ulegały uzyskiwane efekty oczyszczania ścieków i własności osadu czynnego. Dawki siarczanu glinowego  $Al_2/SO_4/3$  dodawane w końcowej części komory napowietrzania zmieniano w odstępach tygodniowych i dawki te wynosiły 25, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 400 i 450 mg  $Al_2/SO_4/3/dm^3$ .

Na podstawie wyników badań zawartych w tablicy 5-1 sporządzono tablicę 5-2 i 5-3, zawierającą wyniki badań własności ścieków i własności osadu czynnego w postaci wartości średnio - dobowych. Tablica nr 5-2 zawiera średnio-dobowe wartości oznaczeń ścieków i osadu w komorze napowietrzania, recyrkulatu i osadu nadmiernego odprowadzanego z osadnika. Na podstawie danych zawartych w tablicy 5-2 widać, że własności ścieków surowych doprowadzanych do modelowej komory napowietrzania ulegały znacznym wahaniom jeśli chodzi o wartości ChZT, utlenialności, barwy i odczynu. Wartości ChZT wahały się zazwyczaj w granicach 600 do 1100 mg  $O_2/dm^3$ . Wartości utlenialności ścieków surowych w ciągu okresu badawczego wahały się w granicach od 300 do 670 mg  $O_2/dm^3$ ,  $BZT_5$  ścieków wahało się od 170 do 465 mg  $O_2/dm^3$ , a barwa ścieków zmieniała się w zakresie od 650 do 1230 mg Pt/ $dm^3$ . Odczyn ścieków surowych zmieniał się w granicach od 7 do 9 pH przy czym w końcowym okresie badawczym /ostatnie 2 tygodnie/ miał tendencje spadkowe /poniżej pH - 8/. Należy nadmienić, że wahania wartości poszczególnych wskaźników dla ścieków surowych miały charakter skokowy wynikający z procesu produkcyjnego w OZCP.



Ścieki oczyszczone biologicznie odprowadzane z osadnika wtórnego charakteryzowały się zmniejszonymi wartościami ChZT, utlenialności, BZT<sub>5</sub>, barwy i odczynu. Wartości ChZT w ściekach oczyszczonych w ciągu okresu badawczego wykazywały znaczne wahania. Zależały one w pierwszym rzędzie od zanieczyszczenia ścieków dopływających do komory napowietrzenia, a także od dawki siarczanu glinowego <sup>węgl.</sup> używanego do koagulacji symultanicznej. Podobnie wyglądała sytuacja jeśli chodzi o pozostałe wskaźniki zanieczyszczenia ścieków celulozowych.

W tablicy 5-4 zawarto wyliczone stopnie redukcji ChZT, BZT<sub>5</sub>, utlenialności, barwy i zmiany odczynu ścieków surowych w wyniku procesu biologicznego oczyszczania oraz w wyniku prowadzenia koagulacji symultanicznej. Efekty zmniejszenia ChZT w początkowym okresie badawczym były znaczne i wahały się w granicach 40 - 50 %, a nawet okresowo więcej. Odpowiadały tym okresom dawki siarczanu glinowego <sup>węgl.</sup> 25, 50, 100 i 150 mg Al<sub>2</sub>/SO<sub>4</sub>/3/dm<sup>3</sup>. W momencie rozpoczęcia dawkowania siarczanu glinowego <sup>węgl.</sup> w ilości 200mg Al<sub>2</sub>/SO<sub>4</sub>/3/dm<sup>3</sup> rozpoczął się postój celulozowni, a model badawczy zasilany był ściekami celulozowymi uprzednio zgromadzonymi w zbiorniku. Efekty zmniejszenia ChZT ścieków w okresie zasilania modelu ściekami zmagazynowanymi uległy wyraźnemu zmniejszeniu osiągając wartości poniżej 30 %. Sytuacja poprawiła się po zakończeniu okresu postoju celulozowni i przy zwiększeniu dawek siarczanu glinowego do wartości 400 mg Al<sub>2</sub>/SO<sub>4</sub>/3/dm<sup>3</sup>. Przy dawkach siarczanu glinowego <sup>węgl.</sup> rzędu 450 mg Al<sub>2</sub>/SO<sub>4</sub>/3/dm<sup>3</sup> zachodził proces koagulacji trudno rozkładalnych zanieczyszczeń ściekowych celulozowych i średnie efekty zmniejszenia ChZT wzrosły do 68 %.

Podobnie jak dla ChZT zmieniały się uzyskiwane efekty zmniejszenia utlenialności. Uzyskiwane efekty zmniejszenia utlenialności ścieków były zbliżone do efektów obniżenia ChZT. Najmniejsze uzyskiwane wartości utlenialności ścieków oczyszczonych wynosiły  $96 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ .

Efekty zmniejszenia  $\text{BZT}_5$  były wysokie przekraczające 90 %, dla dawek siarczanu glinow<sup>wego</sup> 25, 50, 100 i 150  $\text{mg Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$ . W okresie postoju celulozowni uzyskiwane efekty znacznie spadły /poniżej 60 %/, by po zakończeniu okresu i przejściu na zasila- nie modelu badawczego świeżymi ściekami poprodukcyjnymi znowu wzrosnąć. Przy dawkach siarczanu glinow<sup>wego</sup> 250, 300 i 400  $\text{mg Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$  efekty zmniejszenia  $\text{BZT}_5$  wynosiły przeciętnie 80 - 88%. Podczas zachodzenia procesu koagulacji symultanicznej uzyskano efekty obniżenia  $\text{BZT}_5$  ścieków rzędu 95,5 %.

Natomiast efekty zmniejszenia barwy ścieków celulozowych wzrastały wyraźnie w zależności od wielkości stosowanej dawki siarczanu glinowego. Największe efekty uzyskano dla dawki 450  $\text{mg Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$  i dochodziły one do 90 % zmniejszenia barwy ścieków.

W tabelicy 5-3 zawarto średnie dobowe wyniki badań fizyko - chemicznych właściwości osadu czynnego z komory napowietrzania, osadu recyrkulowanego i osadu nadmiernego. Stężenie osadu czynnego w komorze napowietrzania było utrzymywane w trakcie prze- prowadzania badań w przybliżeniu na stałym poziomie wynoszącym około  $3,5 \text{ g}/\text{dm}^3$ . Wahania stężenia osadu czynnego w komorze napo- wietrzania wynosiły  $2,15 \div 5,34 \text{ g}/\text{dm}^3$  przy czym odchylenia od wartości średniej były sporadyczne. Opadalność osadu po 0,5 h



na 100 cm<sup>3</sup> ścieków w początkowym okresie badań przy dawkach 25, 50, 100 i 150 mg Al<sub>2</sub>/SO<sub>4</sub>/<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup> wynosiła od 72 - 90 cm<sup>3</sup>. Przy dawkach 200, 250 i 300 mg Al<sub>2</sub>/SO<sub>4</sub>/<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup> opadalność sukcesywnie polepszała się osiągając najmniejsze wartości rzędu 40 cm<sup>3</sup>. Przy dalszym wzroście dawek siarczanu glinow<sup>więcej</sup> opadalność pogarszała się. Obliczone wartości indeksu osadowego były wysokie przekraczające przy początkowych dawkach siarczanu glinowego rząd 250 cm<sup>3</sup>/g. Przy dawkach siarczanu glinowego rzędu 250 i 300 mg Al<sub>2</sub>/SO<sub>4</sub>/<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup> indeks osadowy znacznie obniżył się osiągając wartość poniżej 100 cm<sup>3</sup>/g, by przy dalszym wzroście dawek siarczanu glinow<sup>więcej</sup> ulec szybkiemu zwiększeniu nawet do wielkości 340 cm<sup>3</sup>/g /dawka 450 mg Al<sub>2</sub>/SO<sub>4</sub>/<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup> - zachodzący proces koagulacji/. Stężenie zawiesin osadu czynnego w recyrkulacji w początkowym okresie badań wahało się od 6 do 11 g/dm<sup>3</sup>. Przy dawkach siarczanu glinow<sup>więcej</sup> rzędu 250 i 300 mg Al<sub>2</sub>/SO<sub>4</sub>/<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup> stężenie recyrkulatu wzrosło osiągając wartości nawet przekraczające 19 g/dm<sup>3</sup>. Podczas zachodzącego procesu koagulacji ścieków przy dawkach 450 mg Al<sub>2</sub>/SO<sub>4</sub>/<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup>, stężenie recyrkulatu wahało się w granicach wartości 4 - 15 g/dm<sup>3</sup>. Opadalność zawiesin osadu czynnego w recyrkulacji w całym okresie badawczym wynosiła od 75 do 99 cm<sup>3</sup> na 100 cm<sup>3</sup> ścieków po 0,5 h okresie sedymentacji.

Osad nadmierny odprowadzano z osadnika okresowo, oznaczając stężenie tego osadu, ilość odprowadzanego osadu w dm<sup>3</sup> na dobę oraz wyliczano ilość odprowadzanego osadu w ciągu doby. Stężenie odprowadzanego osadu nadmiernego zmieniało się podobnie jak stężenie recyrkulatu osiągając w przybliżeniu te same wartości, mając ten sam charakter zmienności. Ilości odprowadzanego

osadu nadmiernego przez długi okres czasu były takie same i wynosiły  $14 \text{ dm}^3$  osadu na dobę.

Dla dawek siarczanu glinowego 400 i 450  $\text{mg Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$ , ilość odprowadzanego osadu wzrosła dwukrotnie i więcej w porównaniu z początkowymi wielkościami. Odprowadzana dobową ilość osadu nadmiernego w przeliczeniu na suchą masę zmieniała się w przedziale od 48 do 217 g/dobę.

Podczas badań procesu koagulacji symultanicznej stosowano zmienny stopień recyrkulacji osadu czynnego z osadnika do komory napowietrzania. W okresie pierwszych 4 tygodni przy dawkach 25, 50, 100 i 150  $\text{mg Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$  stosowano recyrkulację równą 100 %. W okresie postoju celulozowni, gdy układ badawczy zasilałno ściekami uprzednio zgromadzonymi w zbiorniku stosowano 50 % recyrkulację osadu czynnego. Po zakończeniu postoju celulozowni do końca badań czyli do 19.05.1975 r. stosowano 75 % stopień recyrkulacji.

Chemiczne zapotrzebowanie tlenu ChZT oznaczano w ściekach surowych i w ściekach odpływających z osadnika wtórnego dwoma metodami. Oznaczano czterokrotnie w ciągu doby dla całego okresu badawczego ChZT metodą skróconą tzw. na "zimno" według metodyki opracowanej i stosowanej w Laboratorium OZCP, oraz sporadycznie według metody standartowej. Wykonanie oznaczenia ChZT według dwóch metod miało na celu znalezienie zależności między wynikami uzyskiwanymi przy stosowaniu oznaczeń metodą skróconą i metodą standartową. Wyniki oznaczeń ChZT ścieków surowych i ścieków odpływających z osadnika wykonywane dwoma metodami zawarto w tablicy 5-5. Na podstawie danych zawartych w tablicy 5-5



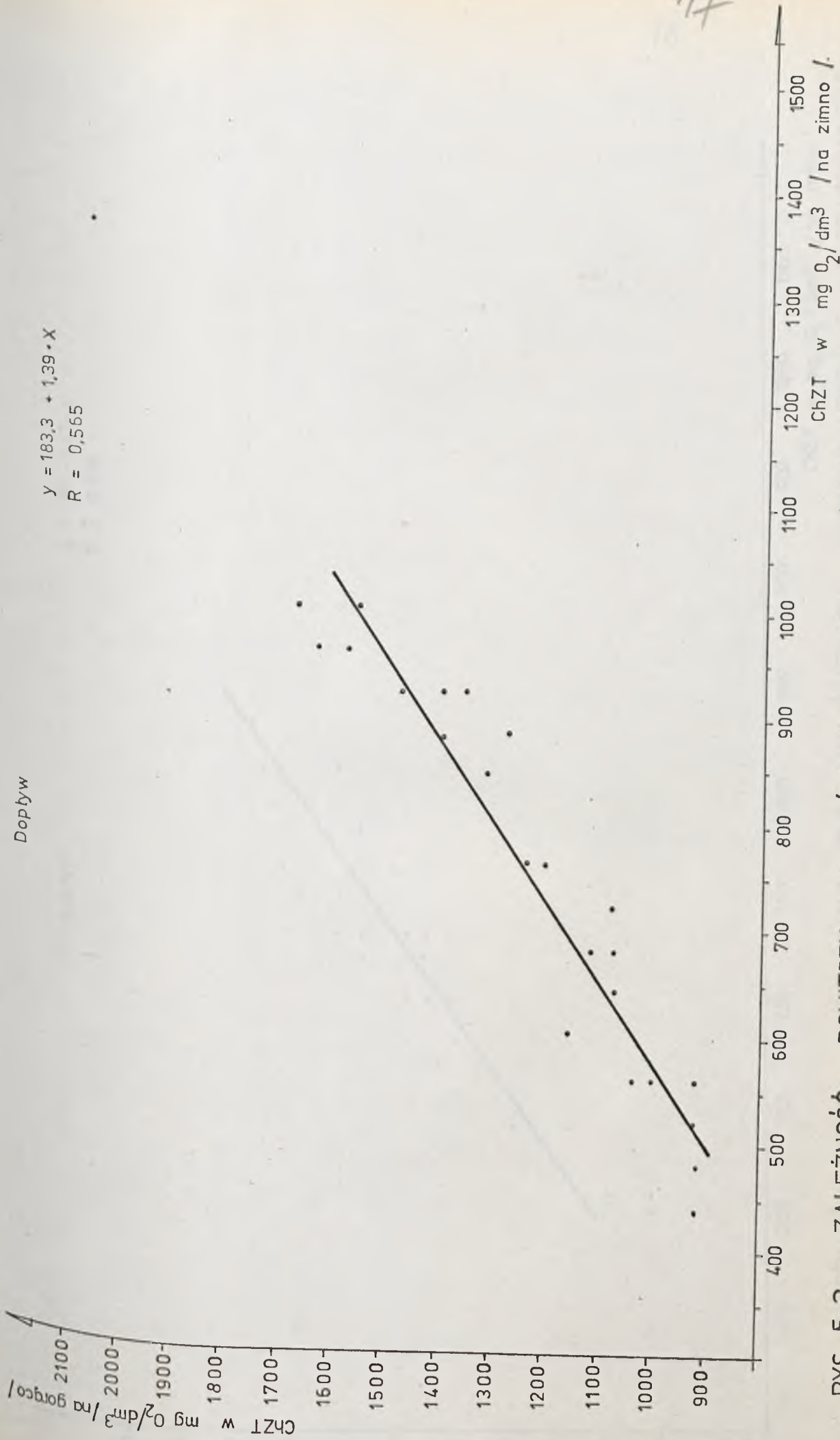
sporządzono dwa wykresy zależności ChZT wykonywanego metodą standartową do ChZT przy oznaczeniach metodą skróconą na "zimno" dla ścieków surowych i ścieków po osadniku. Zależności te w postaci zbiorów punktów przedstawiono na rys. 5-3 i rys. 5-4. Zastosowano metodę matematycznej obróbki wyników badań i sformułowano funkcje opisujące zależność ChZT standartowego od ChZT na "zimno" dla ścieków surowych i dla ścieków po osadniku wtórnym. Obliczono także współczynnik korelacji R dla dwóch danych zbiorów.

Wyniki badań odwadnialności osadów z procesu koagulacji symultanicznej i osadu czynnego do którego nie dodawano koagulantu przedstawiono w tablicy 5-6. Jak wynika z danych zawartych w tablicy 5-6 uwodnienie osadu z procesu koagulacji symultanicznej było wysokie i wynosiło 99,32 %. Uwodnienie osadu czynnego nie koagulowanego było nieco niższe i wynosiło 99,04 %. Występowały bardzo duże różnice jeśli chodzi o uwodnienie osadu po filtracji próżniowej. Osad z procesu symultanicznego uzyskiwał uwodnienie 84 %, natomiast osad czynny bez dodatku koagulantu posiadał uwodnienie około 95 %. Obliczony opór właściwy filtracji osadu z procesu koagulacji symultanicznej wynosił  $128,8 \cdot 10^{11}$  m/kg, natomiast osad bez koagulantu posiadał opór prawie ośmiokrotnie wyższy i wynosił  $1002 \cdot 10^{11}$  m/kg.

Wyniki badań aktywności dehydrogenazowej osadu czynnego /test TTC/ zostały zawarte w tablicy 5-7. Badany osad wykazywał różną aktywność dehydrogenazową zarówno przy oddychaniu endogennym, jak i z glukozą jako substratem oddechowym. Aktywność osadu dla dawki siarczanu glinowego  $50 \text{ mg Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$  osiągała

Dopływ

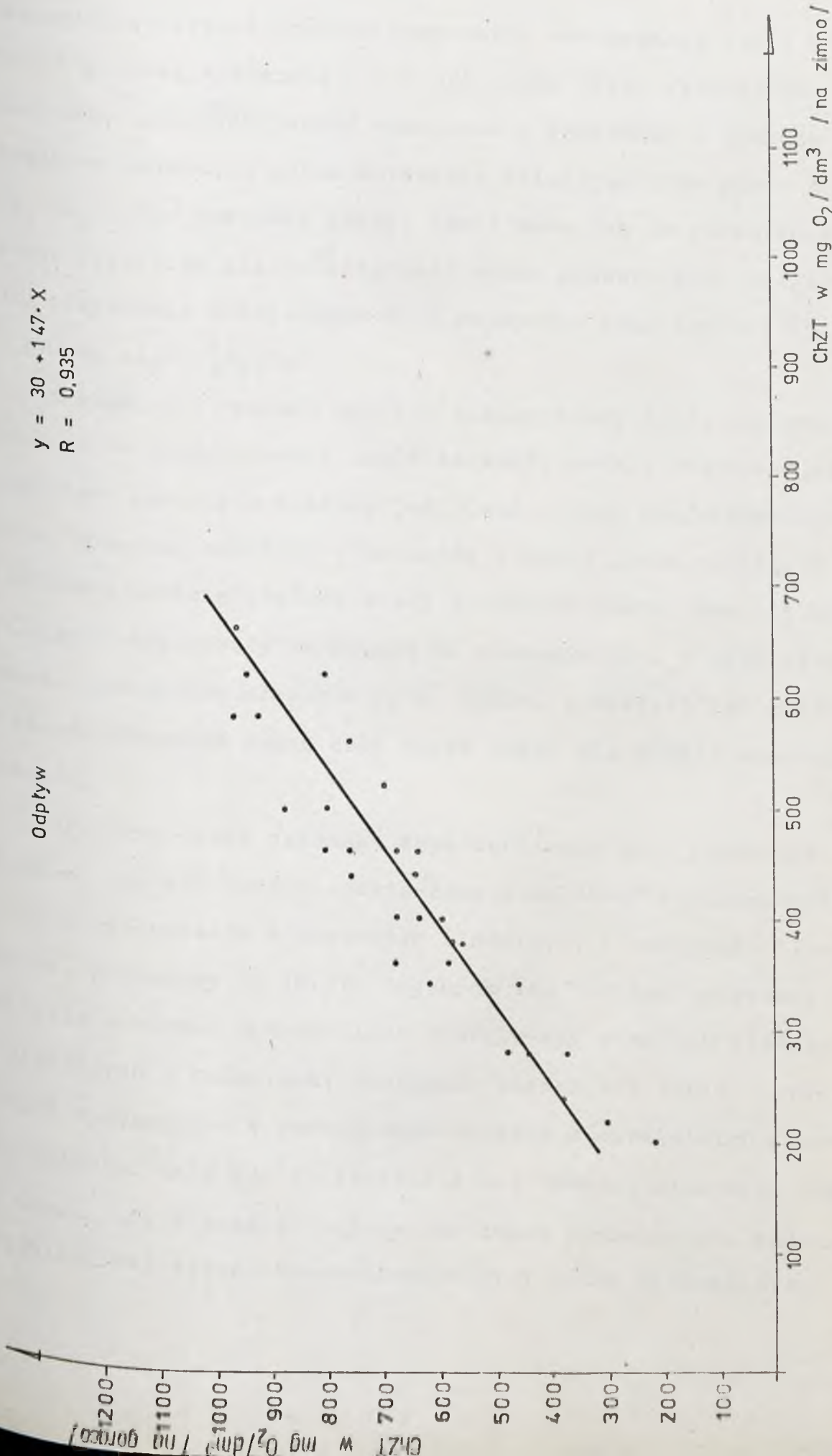
$$y = 183,3 + 1,39 \cdot X$$
$$R = 0,565$$



RYS. 5-3 . ZALEŻNOŚĆ POMIĘDZY WARTOŚCIAMI ChZT W ŚCIEKACH SUROWYCH OZNACZONYCH DWOMA METODAMI ; NA „ZIMNO” I NA „GORĄCO” WG. METODYKI STANDARTOWEJ



$y = 30 + 1.47 \cdot X$   
 $R = 0,935$



RYS. 5-4. ZALEŻNOŚĆ MIĘDZY WARTOŚCIAMI ChZT W ŚCIEKACH ODPLYWAJĄCYCH Z LABORATORYJNEGO UKŁADU BADAWCZEGO OZNACZONEGO DWOMA METODAMI / NA „ZIMNO” I NA „GORĄCO” /

maksymalną wartość zarówno oddychania endogennego jak i oddychania z glukozą wynoszącą 134 i 142  $\mu\text{mol TF/g}$ . Przy wzroście dawki siarczanu glinow<sup>wego</sup>aktywność endogenna i aktywność z glukozą początkowo malała, a potem wzrastała osiągając przy dawce 450 mg  $\text{Al}_2\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$  wartości prawie takie same jak na początku dawkowania siarczanu glinow<sup>ego</sup>. Aktywność wobec glukozy przy uwzględnieniu oddychania endogennego była najwyższa przy dawkach 25,200 i 450 mg  $\text{Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$ .

Zestawienie wyników analizy biologicznej osadu czynnego pobranego ze środka komory napowietrzania modelu oczyszczalni w Ostrołęce zawarto w tablicy 5-8. Osad czynny charakteryzował się barwą brunatną lub rudo - brunatną i słabą opadalnością. W początkowym okresie kłaczkii miały strukturę luźną, kształt nieregularny i wykazywały tendencję do zlewania się. W późniejszym okresie struktura kłaczek była zbita, a kształt ich wydłużony. Wielkość kłaczek przez cały okres badań nie uległa większym zmianom.

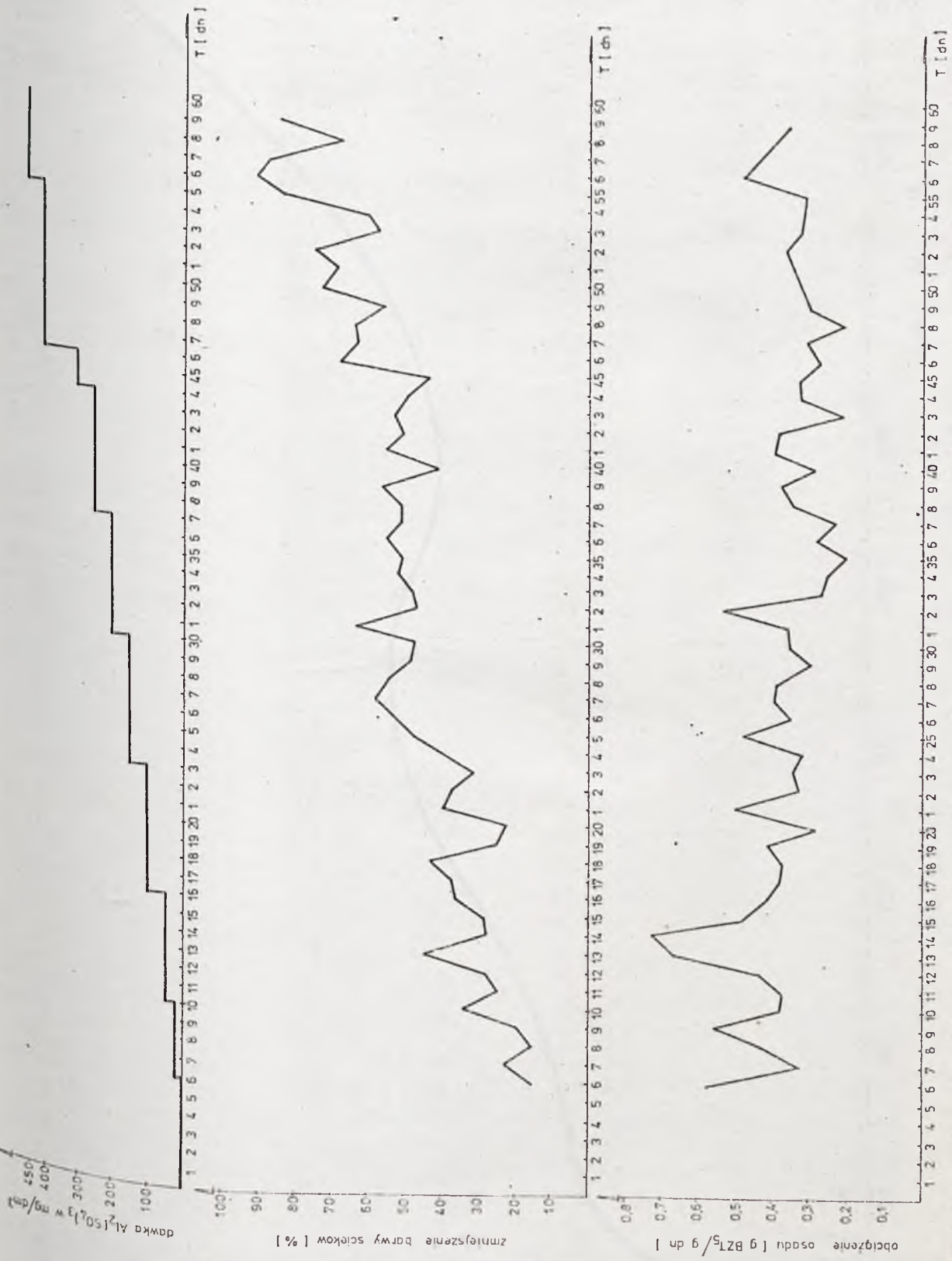
Organizmy osadu czynnego reprezentowane były przez nieliczne gatunki. Spośród Bacteriophyta-"Beggiatoa Alba" w pierwszych 2 badaniach występowała w znacznych ilościach, a następnie ilość jej spadała, począwszy od 16.IV. organizm ten nie był wykrywany. Bakterie z rodz. Sphaerotilus występowały w małych ilościach w pierwszych 2 badaniach, następnie liczba ich bardzo wzrosła. Grzyby występujące w początkowym okresie w niewielkich ilościach począwszy od dnia 23.IV. rozwinęły się masowo, stanowiąc organizmy dominujące w osadzie czynnym do końca prowadzonych badań. Organizmy zwierzęce reprezentowane były przez wiciowe oraz



orzęski z rozzd. *Litonotus*, *Epistylis*, *Opercularia* i *Vorticella*. Wiciowe występowały przez cały okres badań w niewielkich zmien-nych ilościach. Należy podkreślić, że w okresie masowego rozwoju grzybów obserwowano zarówno zanik bakterii nitkowatych jak i 3 rodzajów orzęsków. Jedynymi organizmami zwierzęcymi były wiciowe i orzęski osiadłe z rozzd. *Vorticella*.

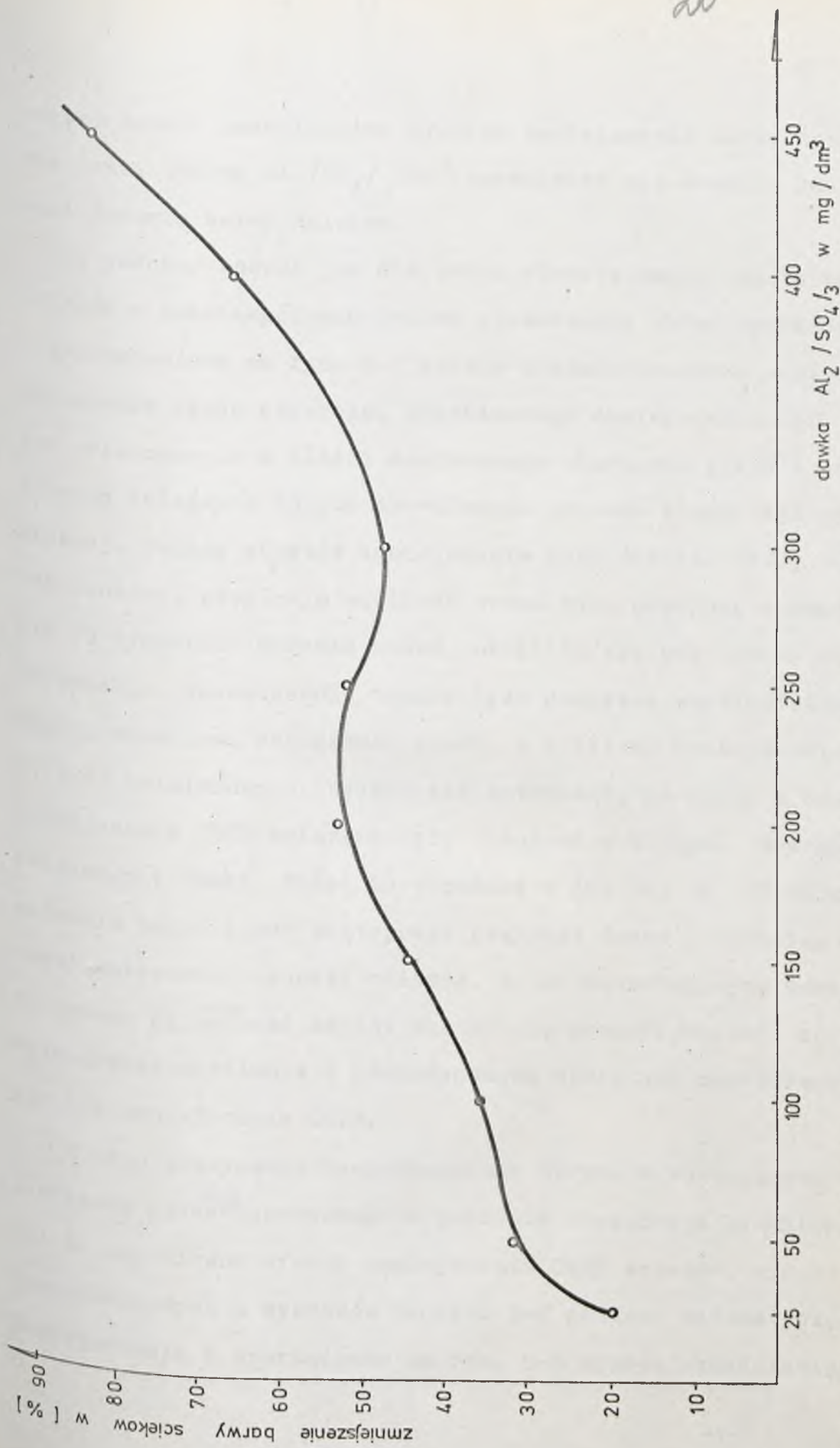
### 5.5. Interpretacja wyników badań

Na podstawie wyników badań zawartych w tablicy 5-2 i 5-3 sporządzono wykres zmiany średniodobowych wartości obciążenia osadu czynnego, uzyskiwanego zmniejszenia barwy ścieków celulozowych i ilości dawkowanego siarczanu glinow<sup>wego</sup> w poszczególnych kolejnych dniach prowadzenia procesu koagulacji symultanicznej. Przebieg wymienionych wskaźników w czasie badań został umieszczony na rysunku nr 5-5. Obciążenie osadu czynnego w trakcie badań ulegało znacznym wahaniom. Zaznaczał się skokowy charakter zmian. W miarę wzrostu dawki siarczanu glinowego dawkowanego do komory osadu czynnego wzrastały uzyskiwane efekty zmniejszenia barwy ścieków. Zmiana efektów zmniejszenia barwy ścieków miała także charakter skokowy. W celu wyraźniejszego uchwycenia wpływu wzrastających dawek siarczanu glinow<sup>wego</sup> na efekt zmniejszenia barwy ścieków celulozowych, wyniki badań średniodobowych poddano obróbce matematycznej i naniesiono w układzie bezpośredniej zależności od dawki  $Al_2/SO_4/3$  na rys. 5-6. W miarę wzrostu dawki siarczanu glinow<sup>wego</sup> następował przyrost uzyskiwanych efektów zmniejszenia barwy przy czym zależność ta nie miała charakteru prostoliniowego. Począwszy od dawki  $300\text{ mg } Al_2/SO_4/3/dm^3$  obserwowano



RYS. 5-5 ZMIANA ŚREDNIODOBOWYCH WARTOŚCI OBCIĄŻENIA OSADU CZYNNEGO, UZYSKIWANEGO ZMNIJSZENIA BARWY ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH I ILOŚCI DAWKOWANEGO SIARCZANU GLINU W POSZCZEGÓLNYCH KOLEJNYCH DNIACH PROWADZENIA PROCESU KOAGULACJI SYMULTANICZNEJ.





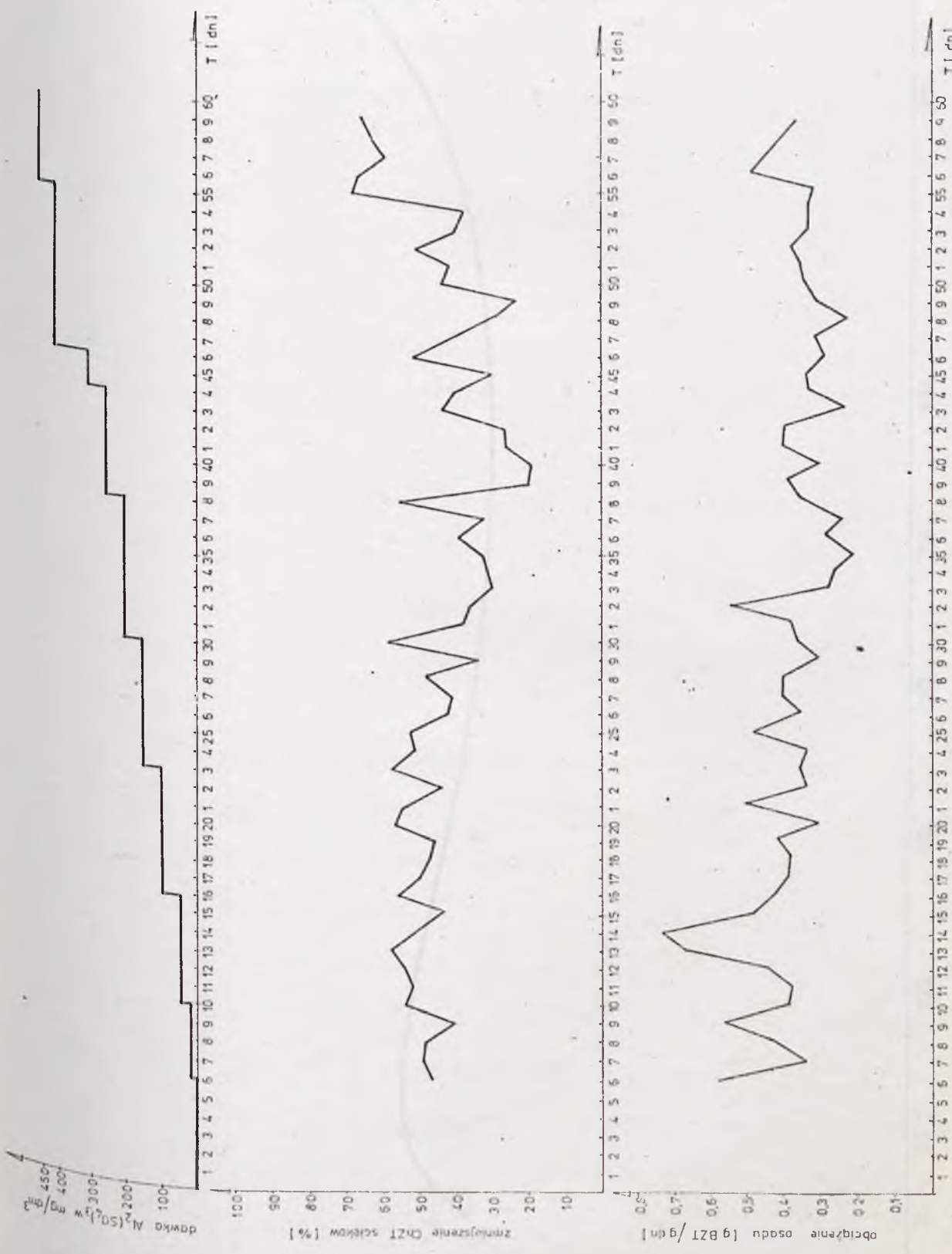
RYS. 5-6. ZALEŻNOŚĆ EFEKTÓW ZMNIJSZENIA BARWY ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH W % OD DAWKI SIARCZANU GLINU DODAWANEGO W PROCESIE KOAGULACJI SYMULTANICZNEJ PRZEPROWADZONEJ W MODELU BADAWCZYM W OSTROŁĘCE.

szybki wzrost uzyskiwanych efektów zmniejszenia barwy ścieków. Dla dawki  $450 \text{ mg Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$  uzyskiwało się średnio ponad 84 % zmniejszenia barwy ścieków.

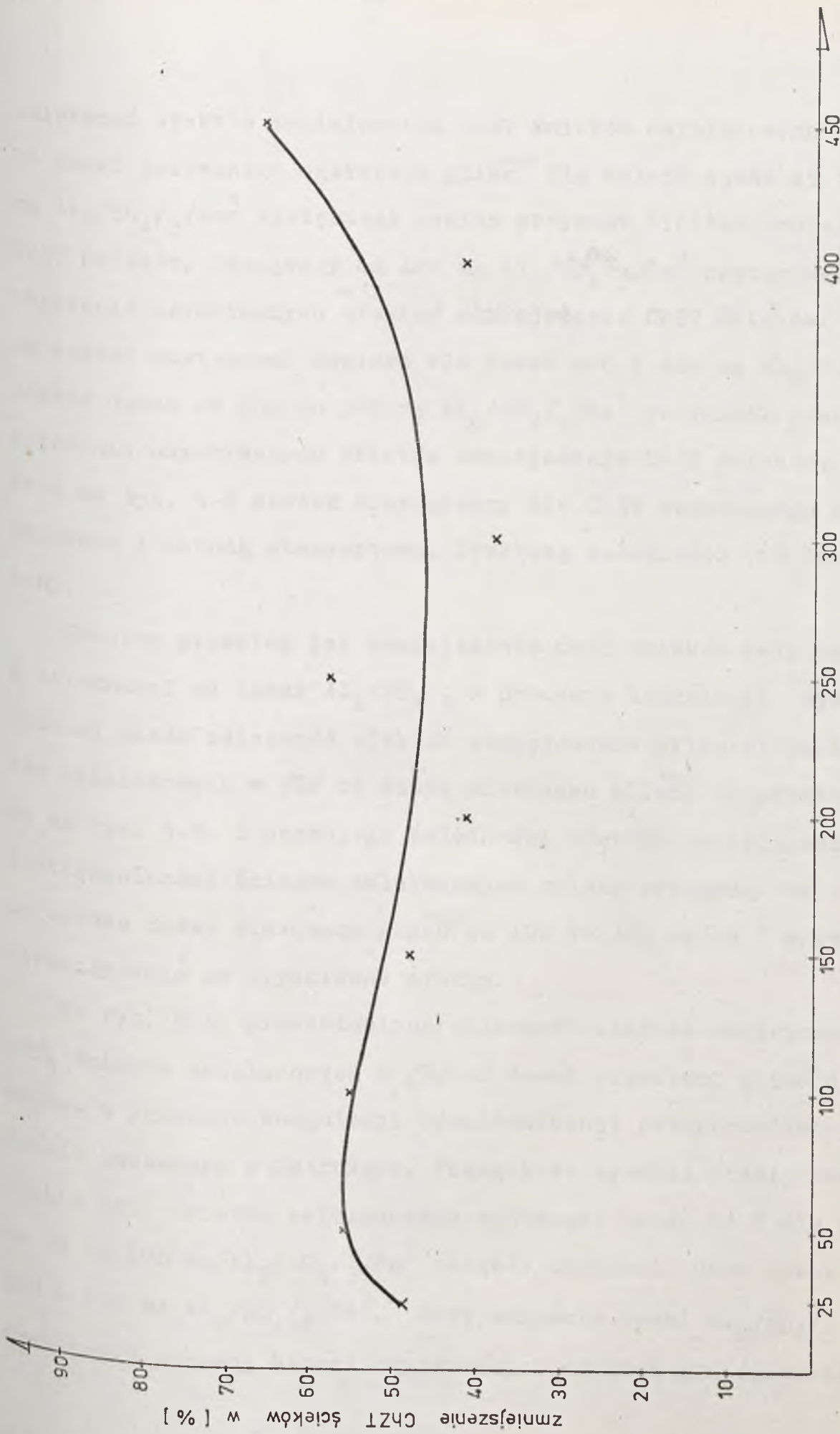
W podobny sposób jak dla zmian efektów zmniejszenia barwy ścieków w poszczególnych dniach prowadzenia badań sporządzono i przedstawiono na rys. 5-7 zmianę średnio-dobowych wartości obciążenia osadu czynnego, uzyskiwanego zmniejszenia ChZT ścieków celulozowych i ilości dawkowanego siarczanu glin<sup>wego</sup> w poszczególnych kolejnych dniach prowadzenia procesu koagulacji symultanicznej. Zmiany efektów zmniejszenia ChZT ścieków miały charakter skokowy, przy czym wielkość wahań była mniejsza w początkowym /3 tygodnie/ okresie badań, nasiliła się pod koniec okresu badawczego. Jednocześnie trudno było dostrzec współzależność między wahaniami obciążenia osadu, a efektami zmniejszenia ChZT ścieków celulozowych. Wydaje się natomiast, że skoki w efektach zmniejszenia ChZT związane były z dniami w których następowało zwiększenie dawki. Widać to wyraźnie w 30, 38, 46, 55 dniu prowadzenia badań kiedy następował przyrost dawek. Przebieg opisywanej zależności nasuwał wniosek, że do wzrastających dawek siarczanu glin<sup>wego</sup> osad czynny musiał się przystosowywać, co znajdowało odzwierciedlenie w periodycznych waniach uzyskiwanych efektów zmniejszenia ChZT.

W celu uchwycenia bezpośredniego wpływu wzrastających dawek siarczanu glin<sup>wego</sup> stosowanego w procesie koagulacji symultanicznej na uzyskiwane efekty zmniejszenia ChZT ścieków, wyniki badań średniodobowych z wykresów na rys. 5-7 poddano matematycznej interpretacji i sporządzono na rys. 5-8 wykres przedstawiający





RYS. 5-7  
 ZMIANA ŚREDNIODOBOWYCH WARTOŚCI OBCIĄŻENIA OSADU CZYNNEGO, UZYSKIWANEGO ZMNIEJSZENIA ChZT ŚCIEKÓW  
 CELULOZOWYCH I ILOŚCI DAWKOWANEGO SIARCZANU GLINU W POSZCZEGÓLNYCH KOLEJNYCH DNIACH PROWADZENIA  
 PROCESU KOAGULACJI SYMULTANICZNEJ.



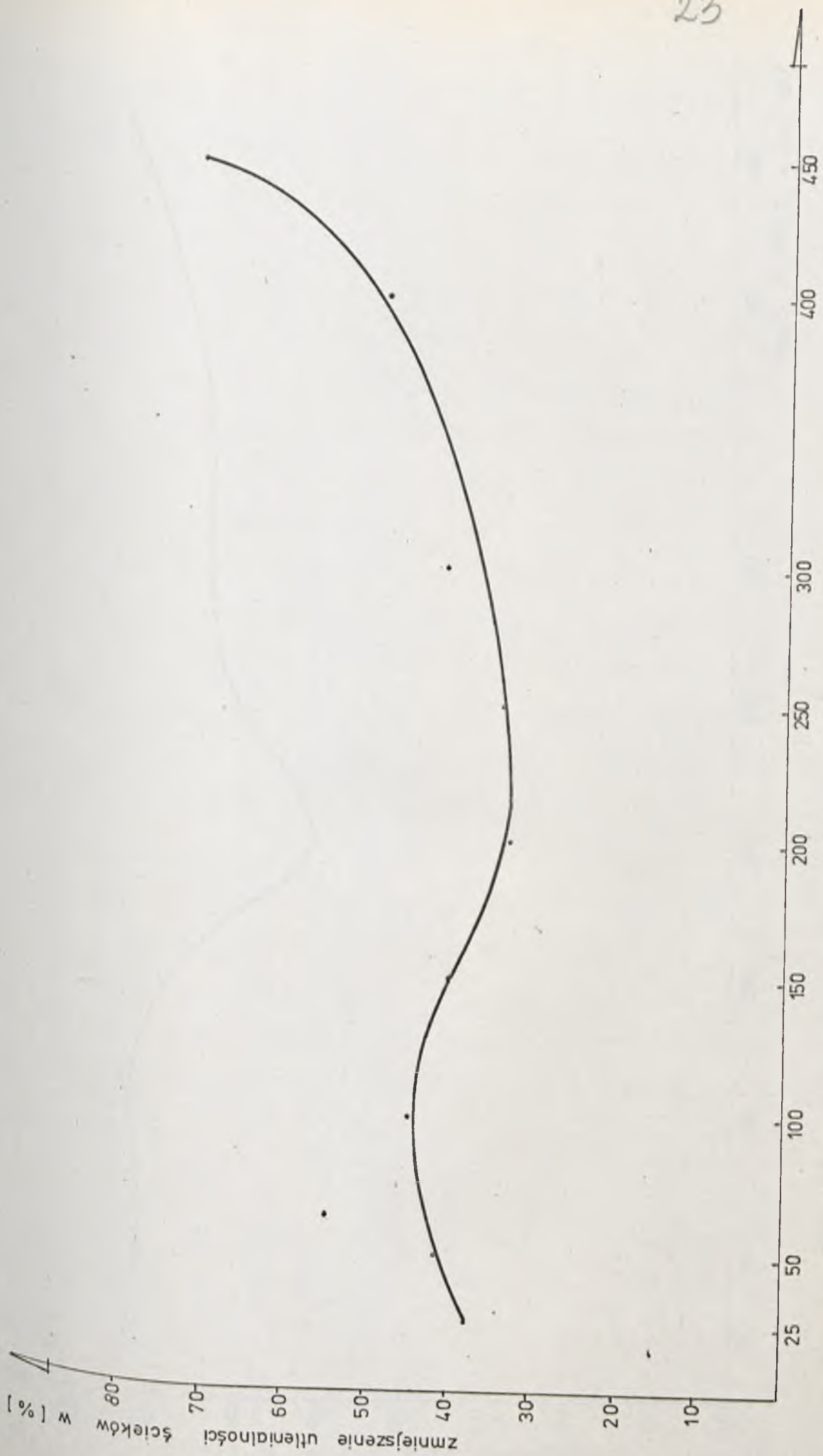
RYS. 5-8. ZALEŻNOŚĆ EFEKTÓW ZMNIEJSZENIA ChZT ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH W % OD DAWKI SIARCZANU GLINU DODAWANEGO W PROCESIE KOAGULACJI SYMULTANICZNEJ PROWADZONEJ W MODELU BADAWCZYM W OSTROŁĘCE.



zależność efektów zmniejszenia ChZT ścieków celulozowych w %/ od dawki dodawanego siarczanu glin<sup>wego</sup>. Dla małych dawek 25 i 50 mg  $Al_2/SO_4/3/dm^3$  występował pewien przyrost efektów zmniejszenia ChZT ścieków. Począwszy od 100 mg  $Al_2/SO_4/3/dm^3$  następowało obniżenie uzyskiwanych efektów zmniejszenia ChZT ścieków. Wyraźny wzrost następował dopiero dla dawek 400 i 450 mg  $Al_2/SO_4/3/dm^3$ . Zakres dawek od 200 do 300 mg  $Al_2/SO_4/3/dm^3$  przynosił pewne pogorszenie uzyskiwanych efektów zmniejszenia ChZT ścieków. Wykres na rys. 5-8 został sporządzony dla ChZT oznaczanego metodą skróconą i metodą standartową. Przebieg zależności był identyczny.

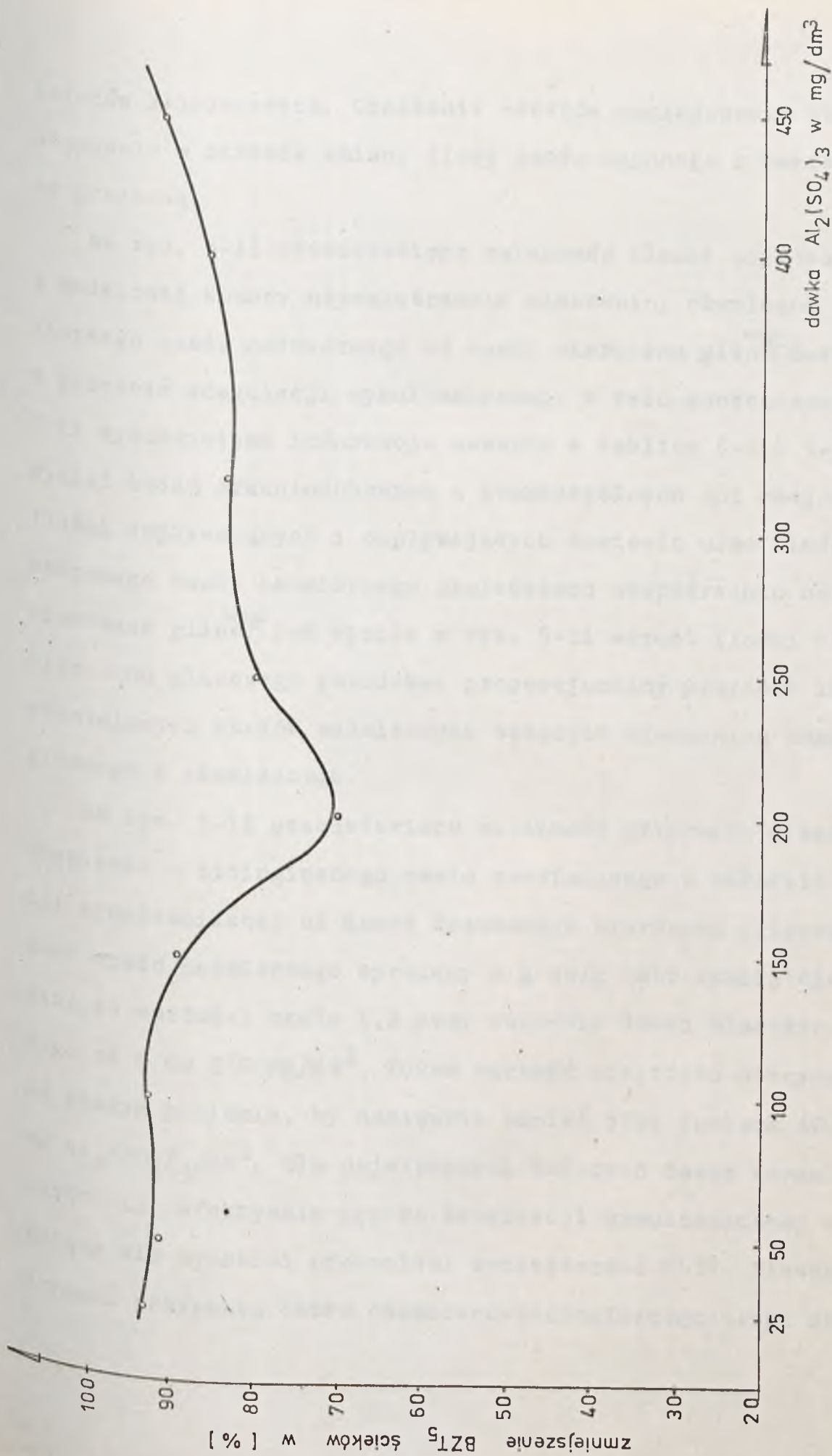
Podobny przebieg jak zmniejszenie ChZT ścieków celulozowych w zależności od dawki  $Al_2/SO_4/3$  w procesie koagulacji symultanicznej miała zależność efektów zmniejszenia utlenialności ścieków celulozowych w %/ od dawki siarczanu glin<sup>wego</sup>, co przedstawiono na rys. 5-9. Z przebiegu zależności efektów zmniejszenia ChZT i utlenialności ścieków celulozowych należy wyciągnąć wniosek, że zakres dawek siarczanu glin<sup>wego</sup> od 100 do 300 mg/dm<sup>3</sup> wpływał niekorzystnie na uzyskiwane efekty.

Na rys. 5-10 przedstawiono zależność efektów zmniejszenia BZT<sub>5</sub> ścieków celulozowych w %/ od dawki siarczanu glin<sup>wego</sup> dodawanego w procesie koagulacji symultanicznej przeprowadzonej w modelu badawczym w Ostrołęce. Początkowe wysokie efekty zmniejszenia BZT<sub>5</sub> ścieków celulozowych wynoszące około 93 % dla dawek od 25 do 100 mg/ $Al_2/SO_4/3/dm^3$  ulegały obniżeniu przy dawce około 200 - 250 mg  $Al_2/SO_4/3/dm^3$ . Przy wzroście dawki  $Al_2/SO_4/3$  następował ponowny wzrost uzyskiwanych efektów zmniejszenia BZT<sub>5</sub>



RYS. 5-9. ZALEŻNOŚĆ EFEKTÓW ZMNIEJSZENIA UTLENIALNOŚCI ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH W % OD DAWKI SIARCZANU GLINU DODAWANEGO W PROCESIE KOAGULACJI SYMULTANICZNEJ PRZEPROWADZANEJ W MODELU BADAWCZYM W OSTROŁĘCE.





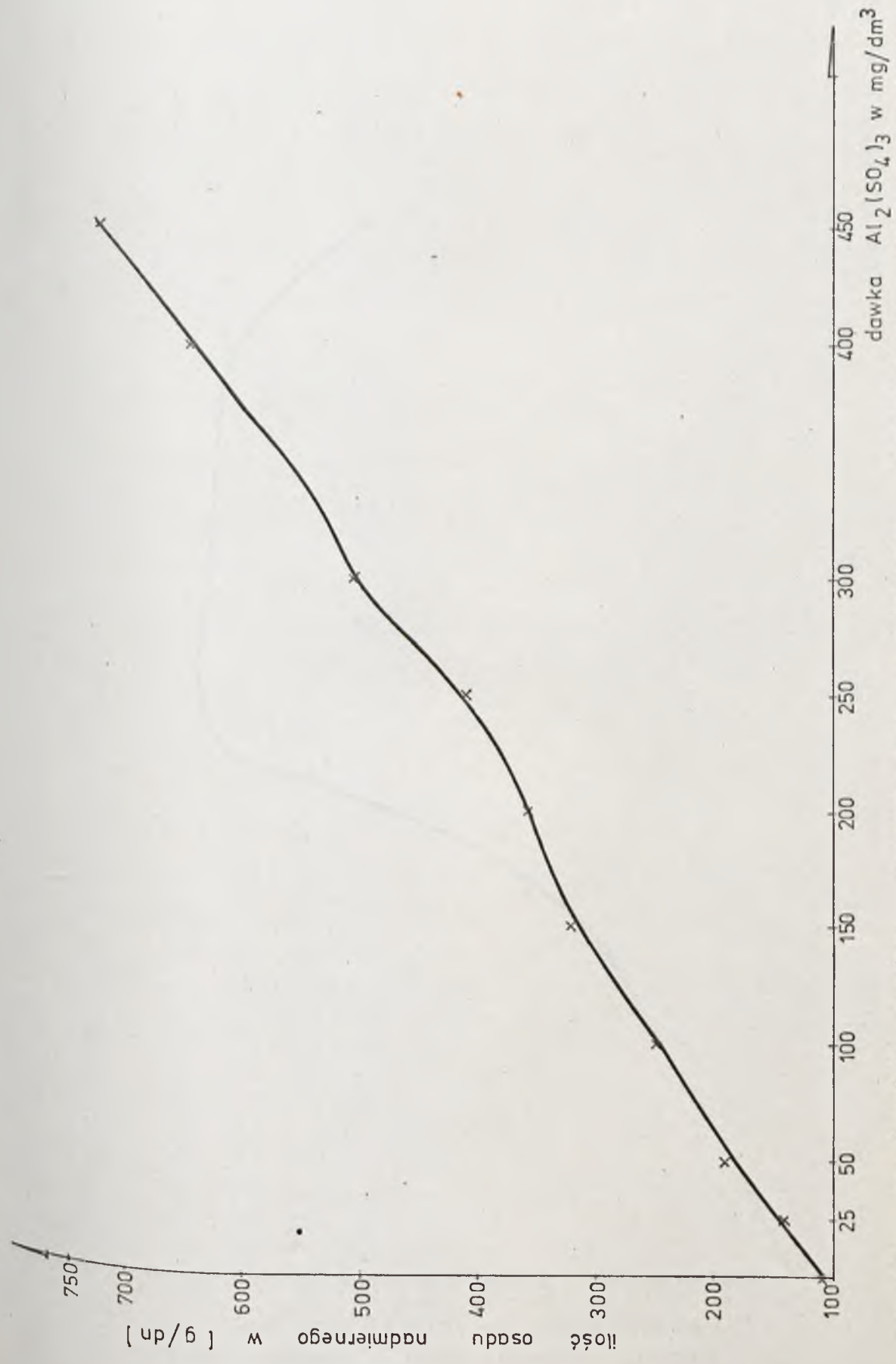
RYS. 5-10. ZALEŻNOŚĆ EFEKTÓW ZMNIJSZENIA BZT<sub>5</sub> ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH W % OD DAWKI SIARCZANU GLINU DODAWANEGO W PROCESIE KOAGULACJI SYMULTANICZNEJ PRZEPROWADZONEJ W MODELU BADAWCZYM W OSTROŁĘCE.

ścieków celulozowych. Obniżenie efektów zmniejszenia  $BZT_5$  następowało w okresie zmiany flory osadu czynnego z bakteryjnej na grzybową.

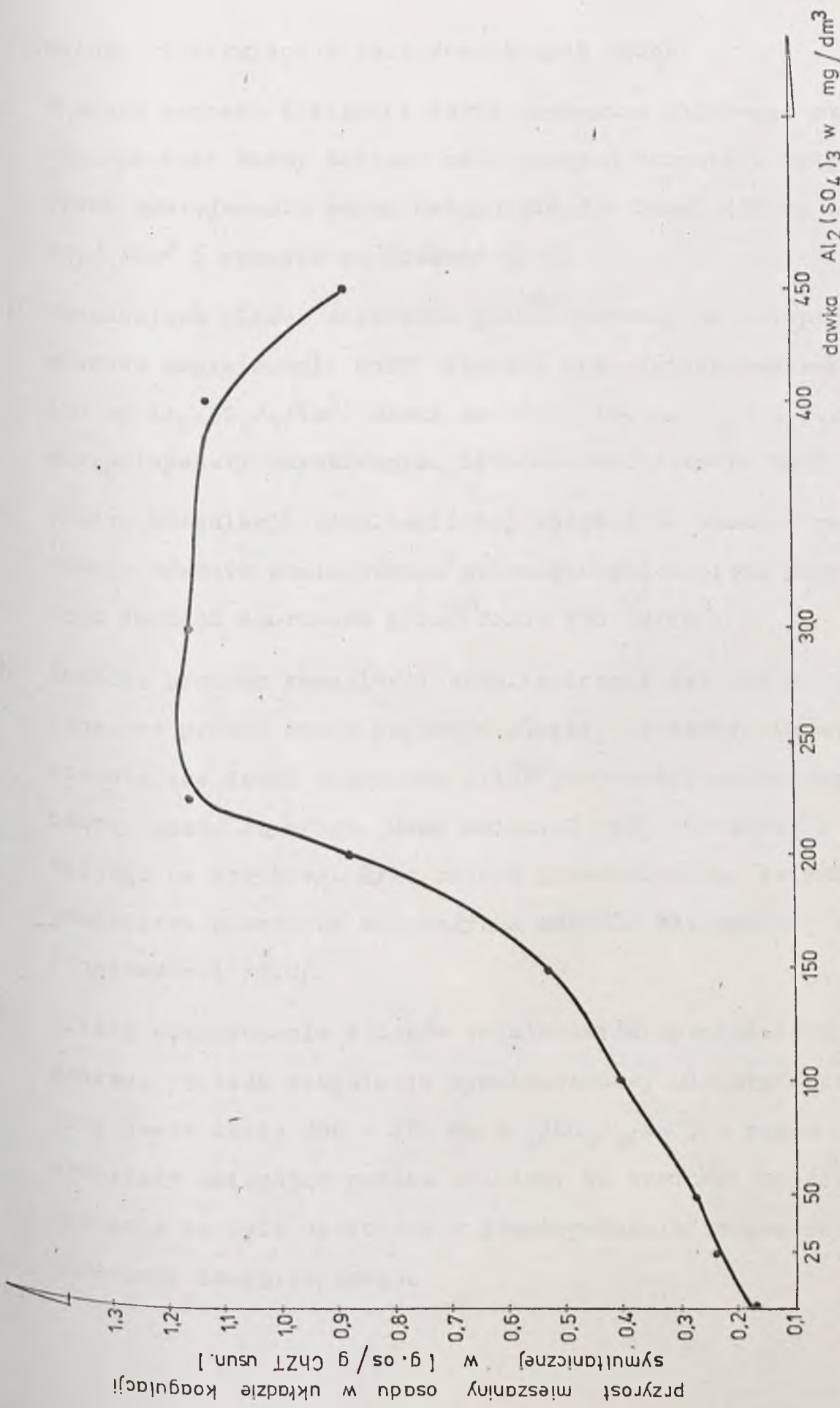
Na rys. 5-11 przedstawiono zależność ilości odprowadzanej z modelowej komory napowietrzania mieszaniny chemiczno - biologicznego osadu nadmiernego od dawki siarczanu glinow<sup>wego</sup> dodawanego w procesie koagulacji symultanicznej. W celu sporządzenia rys. 5-11 wykorzystano informacje zawarte w tablicy 5-2 i 5-3. Wyniki badań średniodobowych z poszczególnych dni obejmujące ilości dopływających i odpływających zawiesin oraz ilości odprowadzanego osadu nadmiernego uzależniono bezpośrednio od dawki siarczanu glinow<sup>wego</sup>. Jak wynika z rys. 5-11 wzrost ilości dawkowanego siarczanu glinowego powodował proporcjonalny przyrost ilości powstających osadów nadmiernych będących mieszaniną osadu biologicznego i chemicznego.

Na rys. 5-12 przedstawiono zależność przyrostu mieszaniny chemiczno - biologicznego osadu powstającego w układzie koagulacji symultanicznej od dawki dozowanego siarczanu glinowego. Przyrost osadu nadmiernego wyrażony w g os/g ChZT usuniętego wzrastał do wartości około 1,2 przy wzroście dawki siarczanu glinowego od 0 do  $250 \text{ mg/dm}^3$ . Potem wartość przyrostu utrzymywała się na stałym poziomie, by następnie zmaleć przy dawkach 400 - 450  $\text{mg Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$ . Dla największych badanych dawek koagulantu zachodził efektywnie proces koagulacji symultanicznej charakteryzujący się wysokimi procentami zmniejszenia ChZT. Dlatego współczynnik przyrostu osadu chemiczno-biologicznego uległ obniżeniu.





RYS. 5-11. ZALEŻNOŚĆ ILOŚCI USUWANEGO Z UKŁADU KOAGULACJI SYMULTANICZNEJ OSADU NADMIERNEGO OD DAWKI DOZOWANEGO SIARCZANU GLINU.



RYS. 5-12. ZALEŻNOŚĆ PRZYROSTU MIESZANINY OSADU CHEMICZNO-BIOLOGICZNEGO POWSTAJĄCEGO W UKŁADZIE KOAGULACJI SYMULTANICZNEJ OD DAWKI DOZOWANEGO SIARCZANU GLINU.



### 5.6. Wnioski wynikające z przeprowadzonych badań

1. W miarę wzrostu wielkości dawki siarczanu glinowego stopień zmniejszenia barwy ścieków celulozowych wzrastał. Optymalny efekt zmniejszenia barwy osiągnięto dla dawki  $450 \text{ mg Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$  i wynosił on średnio 83 %.
2. Wzrastające ilości siarczanu glin<sup>wego</sup> wpływały na polepszenie efektów zmniejszenia ChZT dopiero przy dużych dawkach rzędu  $450 \text{ mg Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$ . Dawki od 100 - 400  $\text{mg Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$  nie polepszały uzyskiwanych efektów zmniejszenia ChZT.
3. Proces koagulacji symultanicznej wpływał na znaczne polepszenie efektów zmniejszenia utlenialności dopiero przy znacznych dawkach siarczanu glin<sup>wego</sup> rzędu  $450 \text{ mg}/\text{dm}^3$ .
4. Podczas procesu koagulacji symultanicznej aktywności dehydrogenazowe próbek osadu czynnego ulegały okresowym wahaniom. Wzrastające dawki siarczanu glin<sup>wego</sup> powodowały przemiany biocenozy osadu czynnego. Osad zmieniał swój charakter z bakteryjnego na grzybowy. Było rzeczą prawdopodobną, że zmiany charakteru biocenozy wpływały na wahania aktywności dehydrogenazowej /TTC/.
5. Efekty oczyszczania ścieków celulozowych wyrażone  $\text{BZT}_5$  podczas procesu koagulacji symultanicznej ulegały obniżeniu przy dawce około 200 - 250  $\text{mg Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$ , a potem wzrastały osiągając poziom zbliżony do wartości wyjściowych. Sytuacja ta była spowodowana prawdopodobnie zmianą charakteru biocenozy osadu czynnego.

6. W trakcie procesu koagulacji symultanicznej ilości osadu nadmiernego odprowadzanego z komory napowietrzania ulegały ciągłemu wzrostowi. Przy zachodzącym  $/450 \text{ mg Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3/$  procesie, ilość osadu nadmiernego wzrastała znacznie w porównaniu z ilością osadu powstającego przy procesie oczyszczania ścieków bez dodatku siarczanu glinowego.
7. Właściwości filtracyjne osadu nadmiernego przy prowadzeniu procesu koagulacji symultanicznej ulegały polepszeniu w porównaniu z właściwościami osadu nadmiernego z komory bez dodawania siarczanu glinowego. Opór filtracji osadu czynnego przy koagulacji symultanicznej był ośmiokrotnie mniejszy niż opór filtracji dla osadu bez dodatku  $\text{Al}_2/\text{SO}_4/3$ .
8. Przedstawione wyniki wskazują na przydatność procesu koagulacji symultanicznej z użyciem siarczanu glinowego<sup>węgo</sup> do oczyszczania ścieków celulozowych, a zwłaszcza usuwania barwy tych ścieków. Metoda ta może być wprowadzana do eksploatacji bez dodatkowych nakładów inwestycyjnych, ale proces koagulacji symultanicznej wymaga dużych dawek siarczanu glinowego<sup>węgo</sup>/przykładowo  $450 \text{ mg}/\text{dm}^3$  dla badanych ścieków/. Ponadto w wyniku wprowadzenia siarczanu glinowego<sup>węgo</sup> bezpośrednio do komory osadu czynnego duże dawki koagulantu wpływały na pracę osadu czynnego. Proponowany proces był wrażliwy na zmiany stężenia ścieków surowych i przy rozwiązaniu technicznym będzie wymagał wprowadzenia uśrednienia ścieków lub też automatycznego dawkowania ilości  $\text{Al}_2/\text{SO}_4/3$  w zależności od parametrów dopływających ścieków. Ilość dawkowanego siarczanu glinowego<sup>węgo</sup> zależała także od odczynu ścieków oraz od ChZT tych ścieków.



## 6. BADANIA NAD EFEKTYWNOŚCIĄ OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH W UKŁADZIE DWUSTOPNIOWYM CHEMICZNO-BIOLOGICZNYM

### 6.1. Przegląd dotychczasowych badań

Z przeglądu piśmiennictwa oraz z badań własnych opisanych w rozdziale 4 pracy wynika, że czynnikiem ograniczającym zastosowanie klasycznych koagulantów takich jak siarczan glinowy i siarczan żelazawy był fakt powstawania znacznych ilości trudno odwadnialnych osadów. Dlatego powstała koncepcja zastosowania do oczyszczania surowych ścieków celulozowych z Ostrołęckich Zakładów Celulozowo - Papierniczych tlenku wapniowego i następującego po tym oczyszczania biologicznego skoagulowanych ścieków, metodą osadu czynnego. W przypadku zastosowania tlenku wapniowego do wstępnego oczyszczania ścieków, powstający osad łatwo odwadnia się, a ponadto może on być poddany procesowi regeneracji przez wypalanie.

Zastosowanie tlenku wapniowego do oczyszczania ścieków celulozowych było przedmiotem wielu opracowań laboratoryjnych. Zrealizowano także kilka instalacji tego procesu na skalę techniczną /głównie w USA/.

W swoim artykule dotyczącym praktyki usuwania barwy ścieków posiarczanowych Leszczyński [40] opisał kilka instalacji technicznych do stosowania tlenku wapniowego przy odbarwianiu ścieków celulozowych.

Spruil [41] opisał pracę technicznej instalacji odbarwiania ścieków celulozowych za pomocą tlenku wapniowego /USA Louisiana/. Budowa oczyszczalni ścieków dla zakładu produkcji, niebielonej,

siarczanowej celulozy, była poprzedzona badaniami w skali pół-technicznej. Instalację techniczną wybudowano w 1971 r. W układzie przewidziano mechaniczne oczyszczanie ścieków /piaskownik i sito/, następnie dodawano do ścieków surowych 10 % roztwór mleka wapiennego w ilości około  $1000 \text{ mg CaO/dm}^3$ . Mieszanka ścieków z mlekiem wapiennym była bezpośrednio kierowana do osadnika z pominięciem komory mieszania. W osadniku następował proces rozdzielania oczyszczonych ścieków od osadu wapiennego. Ścieki były następnie kierowane do karbonizatora, gdzie następował proces saturacji ścieków za pomocą gazów spalinowych do  $\text{pH } 9,5 \div 10,5$ . Z karbonizatora ścieki kierowano do osadnika wtórnego, gdzie wytrącał się osad węglanu wapnia. Wapnowanie ścieków w opisanym układzie dawało 80 - 90 % zmniejszenia barwy i około 30 % zmniejszenia  $\text{BZT}_5$  ścieków dopływających. Do oczyszczania biologicznego ścieków po stopniu chemicznym zaprojektowano wielkie stawy biologiczne.

Wright, Oswalt i Land [42] opisali pracę pilotowej stacji odbarwiania i oczyszczania ścieków celulozowych metodą tzw. masowej obróbki wapnem. Ścieki z produkcji celulozy metodą siarczanową i z procesu bielenia, o bardzo wysokiej barwie /np.  $20\ 000 \text{ mg Pt/dm}^3$  były traktowane tlenkiem wapniowym w ilości około  $20 \text{ g CaO/dm}^3$  /.

Rapson i Sullivan [43] badali proces usuwania barwy ścieków celulozowych za pomocą  $\text{Ca(OH)}_2$  z dodatkiem wody morskiej w ilości 10 - 20 % ilości ścieków, która znacznie polepszała efekt odbarwiania w porównaniu ze stosowaniem samego  $\text{Ca(OH)}_2$ .



Trubacek [447] opisał badania nad chemicznym oczyszczaniem ścieków celulozowych /posiarczanowych/ za pomocą wapna które w drugim stopniu były oczyszczane biologicznie. W artykule zwrócono uwagę na konieczność prawidłowego saturowania ścieków po koagulacji wapnem. Saturacja powinna być prowadzona dwu - stopniowo, a mianowicie ścieki skoagulowane wapnem o pH około 12 nasycano się  $\text{CO}_2$  do pH = 10,7 i oddzielało wytrącony  $\text{CaCO}_3$ , a ścieki sklarowane w drugim stopniu nasycano się  $\text{CO}_2$  do pH około 7,0 .

## 6.2. Cel i zakres badań

Celem badań było określenie warunków przebiegu procesu chemicznego oczyszczania ścieków celulozowych za pomocą tlenku wapniowego i określenie możliwości, a także parametrów pracy układu późniejszego biologicznego oczyszczania tych ścieków metodą osadu czynnego.

Zakres badań obejmuje :

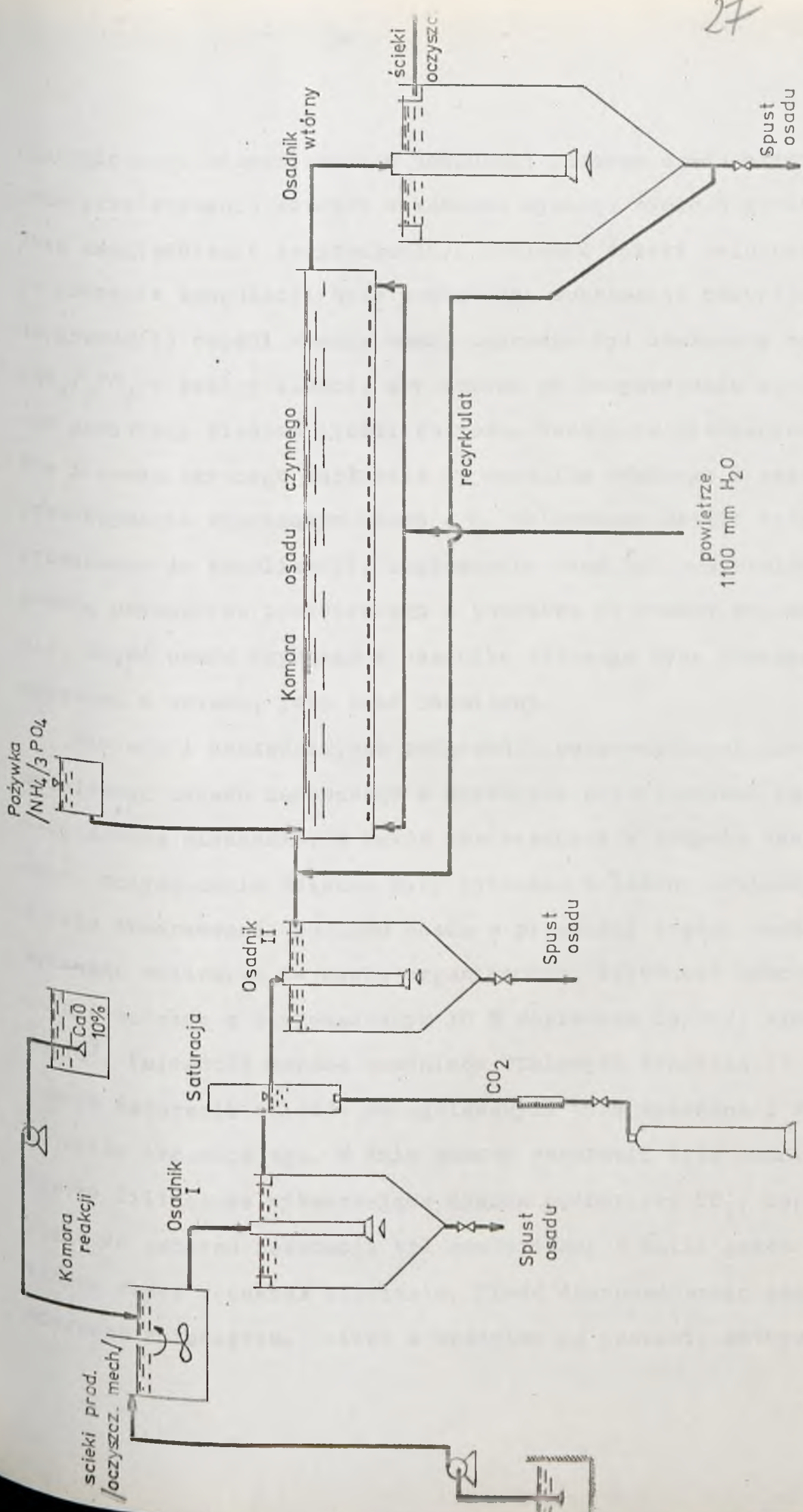
- ustalenie optymalnej dawki  $\text{CaO}$  do oczyszczania ścieków celulozowych w warunkach laboratoryjnych,
- oczyszczanie ścieków celulozowych dawką optymalną w warunkach przepływowych /skala ćwierćtechniczna/,
- określenie możliwości biologicznego oczyszczania ścieków celulozowych po koagulacji za pomocą tlenku wapniowego metodą osadu czynnego dla zakresu konwencjonalnych obciążeń osadu ładunkiem zanieczyszczeń,
- określenie wpływu procesu oczyszczania ścieków na biocenozę i aktywność enzymatyczną osadu czynnego,

- określenie właściwości filtracyjnych osadów powstających w poszczególnych etapach procesu oczyszczania ścieków celulozowych.

### 6.3. Opis modelu badawczego

Badania procesu oczyszczania ścieków celulozowych z Ostrołęckich Zakładów Celulozowo - Papierniczych za pomocą tlenu wapniowego i określenie możliwości ich późniejszego oczyszczania biologicznego metodą osadu czynnego, były przeprowadzone w przepływowym układzie badawczym, którego schemat jest przedstawiony na rys. 6-1. Ścieki celulozowe po mechanicznym oczyszczaniu z kanału oczyszczalni Ostrołęckich Zakładów Celulozowo - Papierniczych były podawane pompą odśrodkową do komory wyposażonej w mieszadło obrotowe. W komorze reakcji następowało wymieszanie ścieków z doprowadzonym 10 % mlekiem wapiennym. Czas przetrzymywania ścieków w komorze reakcji wynosił 40 - 50 minut. Następnie ścieki przepływały do osadnika, gdzie następowało oddzielenie podczyszczonych chemicznie ścieków od osadu wapiennego. Czas przetrzymania ścieków w osadniku wynosił około 1,5 h. Sklarowane ścieki przepływały następnie do saturatora w celu obniżenia odczynu ścieków i wytrącenia rozpuszczalnych związków wapna w postaci węglanów. Ścieki były poddawane saturacji w oddzielnym zbiorniku. Czas nasycania ścieków czystym dwutlenkiem węgla z butli wynosił 2-3 minut. Ścieki po saturacji przepływały do kolejnego osadnika, o czasie przetrzymania wynoszącym 1,5 h w trakcie badań wstępnych i 9 h w drugiej serii badań. Skoagulowane i zobojętnione ścieki były następnie poddawane procesowi





27

RYS. 6-1 SCHEMAT UKŁADU BADAWCZEGO OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW W UKŁADZIE DWUSTOPNIOWYM CHEMICZNIE ZA POMOCĄ TLENKU WAPNIOWEGO I BIOLOGICZNIE METODĄ OSADU CZYNNEGO.

biologicznego oczyszczania w podłużnej komorze osadu czynnego. Czas przetrzymania ścieków w komorze wynosił około 5 godzin /bez uwzględnienia recyrkulacji/. Ponieważ ścieki celulozowe po procesie koagulacji były pozbawione substancji pożywkowych, do przedniej części komory osadu czynnego był dawkowany roztwór  $\text{NH}_4/3\text{PO}_4$  w takiej ilości, aby ścieki po oczyszczaniu biologicznym zawierały śladowe ilości fosforu. Następnie mieszanina ścieków i osadu czynnego odpływała do osadnika wtórnego o czasie przetrzymania wynoszącym około 4 h. Sklarowane ścieki były odprowadzane do kanalizacji, zagęszczony osad był recyrkulowany za pomocą podnośnika powietrznego z powrotem do komory napowietrzania. Część osadu czynnego z osadnika wtórnego była usuwana okresowo z układu, jako osad nadmierny.

Wymiary i dokładniejsze połączenia poszczególnych urządzeń modelowego układu badawczego w Ostrołęce przedstawiono na rys. 6-2. Komora mieszania, a także dwa osadniki w stopniu chemicznego oczyszczania ścieków były wykonane z blachy stalowej. W celu obserwowania poziomu osadu w przedniej części osadników wykonano wzierniki ze szkła organicznego. Pojemność komory mieszania ścieków z doprowadzonym 10 % roztworem  $\text{Ca}/\text{OH}/_2$  wynosiła  $20 \text{ dm}^3$ . Pojemność czynna osadników stalowych wynosiła  $37 \text{ dm}^3$ . Komora saturacji ścieków skoagulowanych była wykonana z rury ze szkła organicznego. W dnie komory saturacji była wmontowana kostka filtrosowa wytwarzająca drobne pęcherzyki  $\text{CO}_2$ . Dwutlenek węgla do procesu saturacji był dostarczany z butli gazów technicznych przez reduktor ciśnienia. Ilość doprowadzanego gazu była mierzona rotametrem. Ścieki z osadnika po procesie saturacji





przepływały do komory osadu czynnego, wykonanej z kątowników i szkła organicznego. Komora miała długość 2,85 m, szerokość 0,2 m i wysokość 0,3 m. Pojemność robocza komory osadu czynnego wynosiła 110 dm<sup>3</sup>. Jako urządzenie napowietrzające zastosowano dwa odcinki perforowanego przewodu ze szkła organicznego, ułożone na dnie komory przy jednej z dłuższych ścian bocznych. Z komory osadu czynnego mieszanina ścieków z osadem była odprowadzana do osadnika wtórnego. Osadnik wtórny był wykonany jako osadnik pionowy o kwadratowym kształcie w planie. Do budowy osadnika użyto kątowników stalowych i szkła organicznego. Objętość części przepływowej osadnika wynosiła 25 dm<sup>3</sup>, a objętość części osadowej 33 dm<sup>3</sup>. Opisany model był stosowany podczas pierwszej serii badań wstępnych. Podczas drugiej części badań doświadczenia były prowadzone w tym samym przepływowym układzie badawczym, który przedstawiono na rys. 6-1 i 6-2, z tym że wprowadzono do układu modelowego zmianę polegającą na zwiększeniu objętości osadnika posaturacyjnego do 220 dm<sup>3</sup>, co pociągnęło za sobą wzrost czasu sedymentacji dla ścieków po saturacji do około 9 godzin. Pozostałe parametry pozostały bez zmiany. Przepływ ścieków przez układ badawczy wynosił 400 cm<sup>3</sup>/min.

#### 6.4. Metodyka badań

Uruchomienie modelu badawczego w układzie jak pokazano na rys. 6-2 poprzedziło wyznaczenie optymalnej dawki tlenu wapniowego oraz wyznaczenie optymalnego odczynu prowadzenia saturacji ścieków. Badania te wykonywano dwukrotnie, dla prób ścieków celulozowych pobranych na początku lipca i pod koniec sierpnia 1975 r. Następnie po uruchomieniu instalacji doświadczalnej,



badania wstępne były prowadzone w okresie od 4.X. do 8.XI.1975 r. w sposób ciągły. Codziennie przeprowadzano badania właściwości ścieków surowych dopływających do modelu, właściwości ścieków skoagulowanych doprowadzanych do komory osadu czynnego i właściwości ścieków oczyszczonych biologicznie, odprowadzanych z osadnika wtórnego. Określano także ilości i właściwości osadów powstających w poszczególnych punktach układu badawczego, to znaczy w osadniku następującym po komorze reakcji przyjmującym mieszaninę ścieków z wodorotlenkiem wapnia<sup>wym</sup>, w osadniku po saturacji ścieków i osadniku wtórnym po komorze osadu czynnego. Dla części biologicznej układu określano zawartość osadu czynnego i indeks osadu w komorze napowietrzania, stężenie recyrkulatu i indeks osadu recyrkulowanego oraz dobową ilość osadu nadmiernego.

W okresie od 4.X. do 22.X.1975 r. stosowano dawkę  $3 \text{ g CaO/dm}^3$  ścieków i badania właściwości ścieków wykonywano czterokrotnie w ciągu doby. Od 23.X. do końca badań stosowano dawkę około  $2 \text{ g CaO/dm}^3$  ścieków i oznaczenia właściwości ścieków wykonywano jednorazowo w ciągu doby. Podczas cyklu badań właściwych w miesiącach marcu i kwietniu 1976 r. przez cały okres badawczy stosowano dawkę  $2 \text{ g CaO/dm}^3$  w procesie chemicznego oczyszczania ścieków celulozowych.

Badania właściwości ścieków surowych doprowadzanych do komory reakcji z wapnem, obejmowały oznaczenia :

chemicznego zapotrzebowania tlenu /ChZT/ według metodyki skróconej stosowanej przez laboratorium badawcze OZCP i sporadyczne oznaczenia ChZT na gorąco wg metodyki standartowej

- utlenialność ścieków metodą nadmanganianową,
- biochemicznego, pięciodniowego zapotrzebowania tlenu /BZT<sub>5</sub>/ metodą rozcieńczeń,
- barwy ścieków metodą wizualną przez porównanie ze skalą wzorców Pt-Co z doprowadzeniem odczynu badanych ścieków do znormalizowanej wartości pH = 7,6,
- odczynu ścieków metodą potencjometryczną,
- zasadowości „p” i „m” ścieków metodą miareczkową ,
- związków ligninowych metodą kolorymetryczną z zastosowaniem kwasu wolframowo - molibdenowo - fosforowego /42/ ,
- twardości ogólnej ścieków metodą wersenianową,
- azotu amonowego metodą kolorymetryczną,
- fosforanów metodą kolorymetryczną.

Badania właściwości ścieków skoagulowanych zasilających komorę osadu czynnego i ścieków oczyszczonych biologicznie obejmowały oznaczenia tych samych wskaźników, co w ściekach surowych. Dodatkowo oznaczano w ściekach z osadnika wtórnego po oczyszczaniu biologicznym, zawartość zawiesin metodą wagową na sączkach średnio twardych.

Badania fizyczne właściwości osadu czynnego z komory napowietrzania obejmowały oznaczenia stężenia osadu w komorze, opadalności i indeksu osadowego. Oznaczano także stężenie osadu w recyrkulacji, opadalność tego osadu, a także ilość odprowadzanego osadu nadmiernego i jego stężenie. W układzie oczyszczania chemicznego ścieków określano ilość osadów powstających w osadniku po komorze reakcji. Dodatkowo przeprowadzano badania odwadnialności powstających osadów, a także mieszaniny osadu wodorotlenku



wapniowego i osadu czynnego połączonych w odpowiedniej proporcji. Badania odwadnialności wykonywano za pomocą laboratoryjnego urządzenia do filtracji próżniowej, składającego się z lejka Buchnera, kolby szklanej i pompy próżniowej. Stosowano dwie tkaniny filtracyjne /BT-16 i PT-16/, a odwadnialność określano przy podciśnieniu 0,6 at.

Zakres badań biologicznych obejmował oznaczenie aktywności dehydrogenazowej /TTC/ oraz badania taksonomiczne osadu.

#### 6.5. Wyniki badań

Uruchomienie modelu badawczego poprzedziły badania laboratoryjne mające na celu ustalenie optymalnej dawki CaO w procesie koagulacji ścieków surowych po mechanicznym oczyszczaniu. Wyniki laboratoryjne badania procesu oczyszczania ścieków celulozowych z Ostrołęckich Zakładów Celulozowo - Papierniczych - skrót OZCP dla prób pochodzących z lipca 1976 r. są zawarte w tablicy 6-1. Do litrowych prób ścieków celulozowych przed biologicznym oczyszczeniem dodawano wzrastające dawki mleka wapiennego w zakresie od 250 do 20 000 mg CaO. Optymalna z punktu widzenia osiągniętych efektów wielkość dawki mleka wapiennego wynosiła 4000 - 5000 mg CaO/dm<sup>3</sup>. Barwa ścieków wynosiła wtedy około 90 mg Pt/dm<sup>3</sup> przy barwie ścieków surowych 1282 mg Pt/dm<sup>3</sup>, ChZT ulegało zmniejszeniu o przeszło 50 %, utlenialność o 70 %, BZT<sub>5</sub> o 30 % w porównaniu z wskaźnikami zanieczyszczenia ścieków surowych. Dalsze zwiększenie dawki aż do 20 000 mg CaO/dm<sup>3</sup> nie przynosiło polepszenia osiągniętych efektów,

Badania laboratoryjne mające na celu wyznaczenie optymal-

nej dawki wapna dla procesu odbarwienia i oczyszczania ścieków celulozowych, powtórzono we wrześniu tego roku. Wynikało to z faktu, że w sierpniu i na początku września przeprowadzano okresowy remont urządzeń celulozowni w Ostrołęce. Po zakończeniu remontu skład ścieków mógł się zmienić w stosunku do stanu z okresu poprzedniego. Wyniki badań laboratoryjnych określania optymalnej dawki CaO dla procesu oczyszczania ścieków pocelulozowych z OZCP we wrześniu, zestawiono w tablicy 6-2. Zakres dawek zmieniał się od 1 - 7 g CaO/dm<sup>3</sup>. Badania przeprowadzono dla siedmiu prób ścieków. Ścieki surowebrane do badań charakteryzowały się znacznie wyższą barwą w porównaniu ze ściekami z lipca. Z badań wynikało, że dla różnych prób ścieków optymalną okazała się dawka 3-4 g CaO/dm<sup>3</sup>. Ostatecznie przyjęto do badań dawkę 3 g CaO/dm<sup>3</sup> i stosowano ją przez długi okres prowadzenia doświadczeń w układzie modelowym w stopniu chemicznego oczyszczania ścieków.

Przeprowadzono także w warunkach laboratoryjnych badania wyboru optymalnego odczynu procesu saturacji. Stwierdzono, że w przypadku przyjęcia odczynu procesu saturacji w zakresie 10,5 - 9,5 pH wytrącające się związki wapnia tworzyły kłaczkę o znacznej objętości w stosunku do objętości ścieków. Zdecydowano się wobec tego na przeprowadzenie procesu saturacji przy odczynie niższym od optymalnego, pomimo, że dla tych warunków stopień usunięcia związków wapnia z roztworu był niższy [427]. Wytrącający się wtedy osad miał charakter krystaliczny, a jego objętość była niewielka. Prowadzenie procesu saturacji ścieków przy odczynie mniejszym od pH 9,0 pozwoliło na uniknięcie konieczności



ci stosowania saturacji dwustopniowej, co w istotny sposób upraszczało układ technologiczny oczyszczalni. Istniała jednak obawa, że prowadzenie procesu saturacji przy odczynie niższym od optymalnego może wpłynąć na pracę biologicznego stopnia oczyszczania ścieków celulozowych.

Pierwsza seria badań wstępnych miała dać odpowiedź na sformułowane w ten sposób pytanie.

Wyniki wstępnych badań właściwości ścieków oczyszczonych mechanicznie, ścieków po procesie koagulacji i po procesie oczyszczania biologicznego w modelowej stacji badawczej w Ostrołęce, zawarto w tablicy 6-3. Tablica obejmuje wyniki badań wykonywanych czterokrotnie w ciągu doby.

Duża ilość wyników badań zawarta w tablicy 6-3 utrudniała ich analizowanie. Dlatego też obliczono wartości średniodobowe wielkości przedstawionych w tablicy 6-3 i zebrano je w tablicy 6-4. Ponadto obliczono stopnie zmniejszenia ChZT, utlenialności, barwy,  $BZT_5$  i zasadowości w wyniku chemicznego i chemiczno - biologicznego oczyszczania ścieków. Wyniki obliczeń podano w tablicy 6-5.

Modelowa oczyszczalnia ścieków zasilana była ściekami produkcyjnymi pobieranymi z kanału doprowadzającego ścieki do istniejącej biologicznej oczyszczalni ścieków w Ostrołęce. Odczyn ścieków zmieniał się w zakresie 7,6 - 9,1 pH, ChZT ścieków w granicach od 607 do 1140  $mg O_2/dm^3$ , utlenialność od 326 do 595  $mg O_2/dm^3$ . Barwa ścieków surowych wahała się od 650 do 1325  $mg Pt/dm^3$   $BZT_5$  od 140 - 265  $mg O_2/dm^3$  zasadowość „m” od 7,0 - 11,5  $mval/dm^3$ . Ścieki po stopniu chemicznego oczyszczania wpływające

do komory osadu czynnego, miały odczyn wahający się w zakresie 6,9 - 8,1 pH, ChZT ścieków od 245 do 540 mg  $O_2/dm^3$ , utlenialność zmieniała się w granicach 70 - 260 mg  $O_2/dm^3$ , barwa od 42,5 - 95 mg Pt/ $dm^3$ , BZT<sub>5</sub> wahało się od 65 do 155 mg  $O_2/dm^3$ . Ponadto ścieki po stopniu chemicznego oczyszczania wykazywały zwiększoną zasadowość "m" wynoszącą 9,9 do 28,9 mval/ $dm^3$ .

Z danych zawartych w tablicy 6-4, 6-5 wynika, że koagulacja ścieków za pomocą tlenku wapniowego dawała wysokie efekty oczyszczania. Dla dawki tlenku wapniowego w ilości 3 g CaO/ $dm^3$  stopień zmniejszenia ChZT ścieków wynosił od 49,6 - 62,3 %, zmniejszenie utlenialności - 52,9 ÷ 76,7 %, zmniejszenie barwy - 88,8 - 96,5 %, BZT<sub>5</sub> - od 41,7 ÷ 64 %. Jednocześnie następował przyrost zasadowości ścieków w stosunku do zasadowości ścieków surowych, który wynosił od 30 ÷ 19,6 mval/ $dm^3$ . Proces chemicznego oczyszczania przez wapnowanie ścieków dawką 2 g CaO/ $dm^3$  dawał efekt zmniejszenia ChZT od 47 ÷ 69,4 %, utlenialności 53,1 ÷ 79,4 %, barwy ścieków 90,4 ÷ 95,5 %, BZT<sub>5</sub> ścieków 25 - 79,6 %. Przez bardzo krótki czas, bo tylko 2 dni, stosowano dawkę tlenku wapnia 1,5 g CaO/ $dm^3$ . Efekty zmniejszenia ChZT wynosiły 95,2 ÷ 50 %, a efekty zmniejszenia utlenialności od 50 ÷ 57,3 %.

Z danych zawartych w tablicach 6-3, 6-4 wynika, że ścieki po oczyszczaniu biologicznym charakteryzowały się odczynem wahającym się w granicach 6,7 ÷ 8,6 pH, ChZT ścieków wynosiło od 70 mg  $O_2/dm^3$  do 280 mg  $O_2/dm^3$ , utlenialność zmieniała się w zakresie 41,7 ÷ 140 mg  $O_2/dm^3$ , barwa wahała się w granicach 42,0 - ÷ 90 mg Pt  $dm^3$ , a BZT<sub>5</sub> ścieków oczyszczonych - od 9,2 mg  $O_2/dm^3$  do 86 mg  $O_2/dm^3$ .



W tablicy 6-5 podano efekty zmniejszenia podstawowych wskaźników zanieczyszczenia ścieków w wyniku zastosowania biologicznego oczyszczania metodą osadu czynnego. Stopień chemicznego i biologicznego oczyszczania ścieków dawał zmniejszenie ChZT rzędu  $66,7 \div 90,3 \%$ , utlenialności od  $68,2 \div 91,7 \%$ , barwy w zakresie  $88,8 \div 96,5 \%$ . Uzyskiwało się efekty zmniejszenia  $BZT_5$  ścieków w granicach od  $63,7 \%$  do  $96,9 \%$ . Zasadowość ścieków oczyszczonych biologicznie była większa od zasadowości ścieków surowych o wartości od  $0,9 \text{ mval/dm}^3$  do  $12,8 \text{ mval/dm}^3$ . Jednocześnie jednak następował pewien spadek w porównaniu z zasadowością ścieków dopływających do stopnia biologicznego oczyszczania po etapie wapnowania. W tablicy 6-5 zawarto obliczone wartości obciążenia osadu czynnego ładunkiem  $BZT_5$ . Wartości te zmieniały się w zakresie od  $0,059$  do  $0,226 \text{ g } BZT_5/\text{g dn}$ . Należy zwrócić uwagę, że efekty biologicznego oczyszczania ścieków wyrażone procentowym zmniejszeniem  $BZT_5$  ulegały zmianom w trakcie prowadzenia badań.

W tablicy 6-6 zawarto wyniki oznaczeń twardości ogólnej i zawartości związków ligninowych w ściekach surowych, w ściekach po procesie chemicznym i po procesie biologicznego oczyszczania. Badania te miały charakter orientacyjny, chodziło bowiem o ogólną znajomość wartości twardości ścieków i zawartości związków ligninowych po poszczególnych etapach oczyszczania.

Wyniki badań ilości i właściwości powstających w poszczególnych urządzeniach modelowej oczyszczalni ścieków podano w tablicy 6-7. Mierzono ilość osadu odprowadzanego z osadnika pionowego, w którym następował proces oddzielenia  $\text{Ca}/\text{OH}/_2$  z zaadsorbowanymi

substancjami ligninowymi. Dobowe ilości odprowadzanego osadu wynosiły od 21 do 56 dm<sup>3</sup> przy różnym uwodnieniu odprowadzanego osadu Ca/OH/2. Stężenie substancji stałych w odprowadzonym osadzie wahało się od 18 do 95 g/dm<sup>3</sup>. Średnio odprowadzano z osadem wapiennym w ciągu doby około 1500 g substancji stałych. Dwukrotnie w ciągu całego okresu badawczego opróżniano część osadową osadnika posaturacyjnego. Ogólna objętość usuniętego osadu, składającego się głównie z CaCO<sub>3</sub>, wynosiła około 40 dm<sup>3</sup>, a uwodnienie tego osadu - 90%. Koncentracja osadu czynnego w komorze napowietrzania wahała się w zakresie od 2 do 8 g/dm<sup>3</sup>, najczęściej utrzymywała się na poziomie 5 g/dm<sup>3</sup>. Opadalność i indeksy osadowe początkowo wysokie, w późniejszym okresie badań oscylowały wokół wartości 50-60 cm<sup>3</sup>/100 cm<sup>3</sup> ścieków i 100 cm<sup>3</sup>/g s.m. osadu. Osad czynny recyrkulowany miał dwu i trzykrotnie większą koncentrację w porównaniu z osadem czynnym znajdującym się w komorze napowietrzania. W tablicy 6-7 podano także wyniki badań ilości nadmiernego osadu czynnego. Codziennie, pominąwszy okres wstępnego wpracowania się komory usuwano z obiegu 6-7 dm<sup>3</sup> osadu nadmiernego, którego stężenie wahało się od 5 do 20 g/dm<sup>3</sup>. Ilość osadu nadmiernego w układzie biologicznego oczyszczania ścieków wynosiła średnio około 50 g/dn.,.

W tablicy 6-8 podano zbiorcze zestawienie wyników analizy biologicznej osadu czynnego pobranego z komory napowietrzania modelowej oczyszczalni ścieków w Ostrołęce. Z przedstawionej analizy biologicznej osadu czynnego trudno wyciągnąć jednoznaczne wnioski. Niewątpliwie w trakcie trwania badań zachodziły pewne niekorzystne procesy, gdyż następował wzrost ilości grzybów



w osadzie, które pod koniec /6.XI.75/ występowały masowo. Występujące także zarodniki grzybów świadczyły dodatkowo o pogarszaniu się warunków życia mikroorganizmów. Ponadto zaobserwowano tendencję do zmniejszania się ilości kłaczków w  $1 \text{ cm}^3$ , a także zmniejszała się ilość pierwotniaków i orzęsków.

Tablica 6-9 zawiera wyniki oznaczeń aktywności oddechowej metodą testu TTC osadu czynnego pobieranego co tydzień z modelowej oczyszczalni ścieków w Ostrołęce. Aktywność bez substratu, określająca oddychanie endogenne komórek osadu czynnego, dla poszczególnych prób wykazywała pewien spadek. Aktywność osadu czynnego wobec glukozy wyraźnie się zmniejszała w czasie trwania badań. Wartości aktywności właściwej, reprezentujące faktyczną zdolność osadu czynnego do rozkładania zanieczyszczeń w ściekach, początkowo wynosiły  $23,3 \mu\text{mol TF/g s.m.}$  pod koniec badań spadały do wartości  $1,9$  i  $3,1 \mu\text{mol TF/g s.m.}$  Wszystkie trzy rodzaje aktywności zmniejszały się w miarę upływu czasu. Fakt ten tłumaczy występujące obniżenie efektów redukcji  $\text{BZT}_5$  układu biologicznego oczyszczania ścieków.

Tablica 6-10 zawiera wyniki badań właściwości filtracyjnych osadów powstających w urządzeniach modelowej stacji oczyszczania ścieków, a także zestawienie wyników analizy składu fizykochemicznego osadu czynnego z komory napowietrzania.

W tablicy 6-10 zestawiono także wyniki badań składu osadu czynnego z komory napowietrzania. Próby osadu czynnego pochodziły z 4.X., 28.X., 31.X. i 6.XI.1975 r. Osad czynny z końcowego okresu prowadzenia badań charakteryzował się wysoką zawartością substancji mineralnych rzędu 75 % i niską zawartością substancji

organicznych. Ponadto badane próbki osadu zawierały od 23 ÷ 27 % jonu Ca w suchej masie osadu. Dla próby osadu pochodzącej z 4.X.75, a więc z początkowego okresu pracy komory osadu czynnego, zawartość części mineralnych była prawie trzykrotnie niższa. Z przeprowadzonych badań wynikało, że część związków wapnia na skutek dość niskiego odczynu ścieków po procesie saturacji przechodziła do komory osadu czynnego, gdzie była adsorbowana przez kłaczkę osadu czynnego. W wyniku tego procesu zawartość substancji mineralnych w osadzie wzrastała znacznie w porównaniu ze stanem początkowym. Zawartość substancji czynnej, organicznej w osadzie była mała, co przyczyniało się do obniżenia aktywności dehydrogenazowej osadu czynnego, jak to wynika z tablicy 4-38. W miarę trwania badań obniżały się uzyskiwane efekty zmniejszenia BZT<sub>5</sub> i utlenialności ścieków po procesie biologicznego oczyszczania.

Ze względu na pogarszanie się efektów biologicznego oczyszczania podczas wstępnych badań modelowych wprowadzono zmiany do układu technologicznego i powtórzono badania w miesiącach marcu i kwietniu 1976 r.

W tablicy 6-11 zestawiono wyniki badań własności fizyko - chemicznych ścieków celulozowych mechanicznie oczyszczonych w trakcie prowadzenia drugiej serii badań. Badania były wykonywane dwukrotnie w ciągu doby. W tablicy 6-12 zawarto średniodobowe wyniki badań własności fizyczno - chemicznych ścieków celulozowych mechanicznie oczyszczonych.

Ścieki celulozowe mechanicznie oczyszczone charakteryzowały się lekko zasadowym odczynem o pH 7,6 ÷ 8,8. Wartości chemiczne-



go zapotrzebowania tlenu ChZT ścieków wynosiły od 820 mg  $O_2/dm^3$  do 2120 mg  $O_2/dm^3$ . Utlenialność badanych ścieków zmieniała się także w szerokich granicach od 360 mg  $O_2/dm^3$  do 855 mg  $O_2/dm^3$ . Barwa ścieków wynosiła od 700 mg Pt/ $dm^3$  do 1800 mg Pt/ $dm^3$ . BZT<sub>5</sub> wahało się w granicach od 125 mg  $O_2/dm^3$  do 505 mg  $O_2/dm^3$ . Zawartość związków ligniniowych wahała się od 51 mg/ $dm^3$  do 112 mg/ $dm^3$ . Twardość ścieków wyrażona w stopniach niemieckich wynosiła od 4,0° n do 15,4° n. Zasadowość ścieków wobec metyloranżu wahała się w granicach od 6,2 mval/ $dm^3$  do 10,6 mval/ $dm^3$ . Ścieki dopływające do układu badawczego charakteryzowały się znacznymi wahaniami stężeń zanieczyszczeń wyrażonych przez ChZT, BZT<sub>5</sub> i utlenialność.

W tablicy 6-13 zawarto wszystkie wykonywane wyniki badań własności fizyczno-chemicznych ścieków celulozowych po procesie chemicznego oczyszczania za pomocą tlenku wapni<sup>węgo</sup>o, natomiast w tablicy 6-14 zawarte są średniodobowe wyniki badań własności fizyko-chemicznych ścieków celulozowych po procesie chemicznego oczyszczania za pomocą tlenku wapni<sup>węgo</sup>o. Wartości ChZT ścieków po oczyszczaniu chemicznym za pomocą tlenku wapni<sup>węgo</sup>o wahały się w granicach od 245 mg  $O_2/dm^3$  do 940 mg  $O_2/dm^3$ . Wartości utlenialności zmieniały się w zakresie od 85 mg  $O_2/dm^3$  do 310 mg  $O_2/dm^3$ . Barwa ścieków uległa w wyniku oczyszczania chemicznego znacznemu zmniejszeniu i wynosiła od 70 mg Pt/ $dm^3$  do 475 mg Pt/ $dm^3$ . Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu ścieków BZT<sub>5</sub> wahało się od 72 mg  $O_2/dm^3$  do 280 mg  $O_2/dm^3$ . Zawartość związków ligninowych w ściekach po oczyszczaniu chemicznym uległa znacznemu obniżeniu w porównaniu z wartościami występującymi dla ścieków dopływają-

cych i wynosiła 16 - 60 mg/dm<sup>3</sup>. Twardość ścieków wahała się w granicach od 1,8<sup>o</sup>n do 17,3<sup>o</sup>n. Zasadowość ścieków po chemicznym oczyszczaniu wynosiła od 3,9 mval/dm<sup>3</sup> do 11,3 mval/dm<sup>3</sup>.

W tablicy 6-15 zawarto wykonywane wyniki badań własności fizyczno-chemicznych ścieków celulozowych po procesie chemicznego oczyszczania za pomocą tlenku wapniow<sup>wego</sup> i biologicznego oczyszczania metodą osadu czynnego. W tablicy 6-16 natomiast zawarto średniodobowe wyniki badań własności fizyczno-chemicznych ścieków celulozowych po procesie chemicznego oczyszczania za pomocą tlenku wapniow<sup>wego</sup> i biologicznego oczyszczania metodą osadu czynnego.

Wartości ChZT ścieków po chemicznym i biologicznym oczyszczaniu zmieniały się w zakresie od 105 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 435 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>.

Wartości utlenialności wahały się od 43 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 185 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Barwa ścieków ulegała po biologicznym oczyszczaniu jeszcze większemu obniżeniu i wynosiła od 40 mg Pt/dm<sup>3</sup> do 190 mg Pt/dm<sup>3</sup>.

BZT<sub>5</sub> w ściekach po biologicznym oczyszczeniu wynosiło od 5 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 65 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Zawartość związków ligninowych wynosiła od 16 mg/dm<sup>3</sup> do 41 mg/dm<sup>3</sup>. Twardość ścieków wynosiła od 13,1<sup>o</sup>n do 19,9<sup>o</sup>n. Ścieki po biologicznym oczyszczaniu zawierały pewne ilości substancji pożywkowych azotu i fosforu, pochodzących z roztworu /NH<sub>4</sub><sup>3</sup>PO<sub>4</sub> dodawanego do ścieków po oczyszczaniu chemicznym. Obciążenie osadu ładunkiem zanieczyszczeń ulegało znacznym wahaniom w zakresie od 0,082 do 0,54 g BZT<sub>5</sub>/g dn.

W tablicy 6-17 zawarto obliczone stopnie zmniejszenia podstawowych parametrów charakteryzujących ścieki celulozowe, uzyskiwane w wyniku chemicznego i biologicznego oczyszczania. W wyniku chemicznego oczyszczania za pomocą tlenku wapniowego przy dawce



2 g CaO/dm<sup>3</sup> uzyskano zmniejszenie ChZT ścieków od 31 % do 74 %. Utlenialność ścieków zmniejszyła się od 34 % do 80 %. Barwa ścieków w wyniku chemicznego oczyszczania obniżyła się od 70 do 93 %. BZT<sub>5</sub> ścieków uległo obniżeniu średnio od 20 % do 60 %. Zawartość związków ligninowych uległa obniżeniu od 38 % do 75 %. W wyniku chemicznego oczyszczania za pomocą tlenku wapni<sup>węgo</sup> twardość ścieków w większości wypadków nie uległa wzrostowi w porównaniu z twardością ścieków surowych, podobnie sytuacja wyglądała jeśli chodzi o zasadowość, która była przeważnie niższa w ściekach po oczyszczaniu chemicznym niż w ściekach surowych. W wyniku oczyszczania biologicznego następującego po oczyszczaniu chemicznym za pomocą tlenku wapni<sup>węgo</sup> następowało dalsze zmniejszenie zanieczyszczenia ścieków. ChZT ścieków celulozowych w wyniku chemicznego i biologicznego oczyszczania uległo zmniejszeniu od 72 % do 90 %. Utlenialność ścieków zmniejszyła się od 73 % do 91 %, barwa ścieków od 82 % do 91 %. W największym stopniu nastąpiło zmniejszenie BZT<sub>5</sub> ścieków, a mianowicie od 76 % do 97 %. Zawartość związków ligninowych uległa zmniejszeniu od 62 % do 80 %. Podobnie jak to miało miejsce w przypadku ścieków celulozowych po oczyszczaniu chemicznym, twardość i zasadowość ścieków po oczyszczeniu biologicznym była najczęściej mniejsza od twardości i zasadowości ścieków dopływających.

W tablicy 6-18 zawarto wartości stężeń osadu czynnego w modelowej komorze osadu czynnego, stężenia recyrkulatu oraz własności ścieków po komorze mieszalnej z Ca(OH)<sub>2</sub>. Tablica zawiera wszystkie wykonane wyniki badań. W tablicy 6-19 przedstawiono wartości średnie oznaczeń zawartych w tablicy 6-18. Stężenie

osadu czynnego w komorze napowietrzania ulegało znacznym wahaniom, w granicach od 2200 - 5400 mg/dm<sup>3</sup>. Osad czynny w komorze napowietrzania posiadał początkowo wysoki indeks osadowy przewyższający 250 cm<sup>3</sup>/g, potem indeks uległ pewnemu obniżeniu średnio do około 160 cm<sup>3</sup>/g aby wzrosnąć znowu do wartości przeszło 250 cm<sup>3</sup>/g. pod koniec okresu badawczego. Stężenie osadu recyklowanego przewyższało okresowo 16 g/dm<sup>3</sup>, średnio osiągając wartości około 10 g/dm<sup>3</sup>. Przez cały okres badań utrzymywany był stopień recyrkulacji osadu wynoszący  $n = 70\%$ . Ścieki po komorze mieszalnej z wapnem zawierały ilości zawiesin w granicach od 1800 mg/dm<sup>3</sup> do 4870 mg/dm<sup>3</sup>. Zawiesiny zawarte w ściekach składały się z wodorotlenku wapniowego dodawanego do komory mieszalnej, oraz z wytrąconych skoagulowanych związków ligninowych.

W tablicy 6-20 zawarto wyniki badań ilości i stężenia osadów nadmiernych usuwanych z poszczególnych stopni oczyszczania ścieków celulozowych. Największe ilości osadu usuwano z osadnika po koagulacyjnego znajdującego się po komorze mieszalnej z Ca(OH)<sub>2</sub>. Stężenie usuwanego osadu wapiennego z zaadsorbowanymi związkami ligninowymi było dość wysokie w granicach od 14 g/dm<sup>3</sup> aż do 76 g/dm<sup>3</sup>. Codziennie usuwano znaczne ilości tego osadu w granicach od 19 dm<sup>3</sup>/dn do 98 dm<sup>3</sup>/dn. Średnio, codziennie usuwano około 40 dm<sup>3</sup> osadu wapiennego. Dobowe wagowe ilości osadów usuwanych z osadnika po koagulacyjnego wynosiły średnio około 1500 g. Ilość osadu składającego się z węglanu wapniowego usuwanego z osadnika posaturacyjnego była niewielka w porównaniu z ilością osadu po koagulacyjnego. Osad z osadnika posaturacyjnego usuwany był co kilka dni, ilości tego osadu wynosiły od 10 dm<sup>3</sup> do 3 dm<sup>3</sup>.



Osad posaturacyjny charakteryzował się bardzo dużym stężeniem wynoszącym od  $67 \text{ g/dm}^3$  do  $433 \text{ g/dm}^3$ . Z osadnika wtórnego znajdującego się w stopniu biologicznego oczyszczania ścieków usuwany był codziennie nadmierny osad czynny. Nadmierny osad czynny posiadał stężenie w granicach od  $5,5 \text{ g/dm}^3$  do  $30 \text{ g/dm}^3$ . Ilości osadu nadmiernego były stosunkowo nieduże, a mianowicie najczęściej od 2 do  $3 \text{ dm}^3$  na dobę. Zdarzały się także sporadycznie większe ilości usuwanego osadu nadmiernego, np.  $20 \text{ dm}^3$  i  $18 \text{ dm}^3$ . Po podsumowaniu ilości wszystkich osadów powstających w poszczególnych punktach układu badawczego można oszacować, że ich objętość stanowi około 4,4 % objętości przepływających przez układ ścieków.

W tablicy 6-21 zawarto zestawienie zbiorcze wyników analizy biologicznej osadu czynnego w Ostrołęce. Ilość kłaczków osadu w  $1 \text{ cm}^3$  początkowo bardzo duża w miarę trwania badań uległa obniżeniu. Wymiary kłaczków w trakcie prowadzenia badań ulegały natomiast zwiększeniu. W osadzie czynnym pobieranym z modelowej komory osadu czynnego w Ostrołęce występowały na początku i pod koniec okresu badawczego znaczne ilości Bacteriophyta, *Beggiator* sp. Przez cały okres badań występowały *Sphaerotilus* sp. przy czym jego ilość uległa pod koniec wyraźnemu zmniejszeniu. W osadzie czynnym występowały sporadycznie pewne ilości grzybów z rodzaju *Leptomit* sp. W osadzie znajdowały się stosunkowo nieduże ilości pierwotniaków. Z grupy Protozoa wystąpiły *Mastigophora* i *Amoeba* sp. Z Ciliata wystąpiły zarówno organizmy wolno-pływające i osiadłe przy czym ilość Ciliata osiadłych była wyraźnie większa niż Ciliata wolnopływających,

co świadczyło raczej o korzystnych warunkach środowiska życia osadu czynnego. Ponadto wystąpiły także pewne ilości *Aspidisca*, *Litonotus*, *Opercularia*, *Podophrya* i *Vorticella*.

W tablicy 6-22 zestawiono wyniki oznaczeń aktywności oddechowej /metodą testu TTC/ osadu czynnego z komory napowietrzania. Aktywność osadu bez substratu początkowo wysoka uległa po czterech tygodniach badań obniżeniu, a potem ponownemu zwiększeniu. Aktywność wobec glukozy w kilku przypadkach była mniejsza od aktywności bez substratu. Uzyskano wartości aktywności właściwej osadu tylko dla trzech prób badań. Bezwzględne poziomy aktywności oddechowej osadu w obecnych badaniach były jednak kilkakrotnie większe od aktywności osadu w badaniach wstępnych wykonywanych w październiku i listopadzie 1975 r.

W tablicach od 6-23 do 6-26 zawarto wyniki badań własności i odwadnialności osadów z modelowej oczyszczalni ścieków celulozowych w Ostrołęce. W tablicy 6-23 zawarto wyniki badań własności i odwadnialności nadmiernego zagęszczonego osadu czynnego pobieranego w dniu 4.III.76 i 11.III.76. W tablicy 6-24 zawarto wyniki badań własności osadu czynnego pobranego w dniu 18.III.76r. oraz własności osadu wapiennego pobranego z osadnika pokoagulacyjnego. Nadmierny osad czynny w dniu 18.III.76 r. posiadał wyjątkowo wysokie stężenie wynoszące  $22 \text{ g/dm}^3$ . Osad odwadniał się na drodze filtracji próżniowej do zawartości suchej masy od 9,2 % do 10,4 %. W tablicy 6-25 zawarto wyniki badań własności i odwadnialności nadmiernego osadu czynnego pobranego w dniu 25.III.76, osadu wapiennego usuwanego z osadnika posaturacyjnego oraz własności osadu czynnego pobranego z pracującej technicznej oczysz-



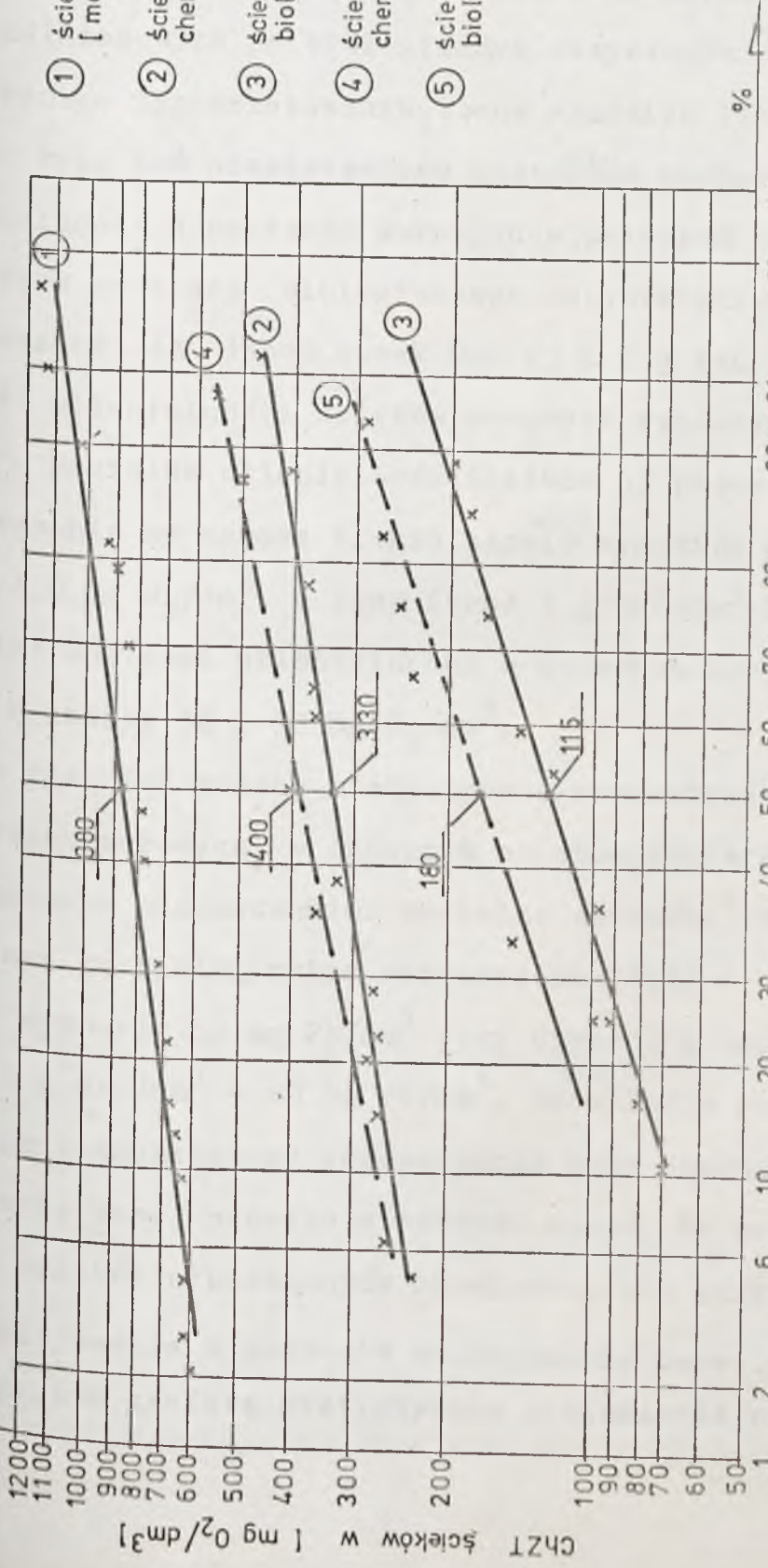
czalni ścieków celulozowych w Ostrołęce.

W tablicy 6-26 zawarto wyniki badań odwadnialności i właściwości filtracyjnych próby osadu czynnego pobranego 7.IV.76 r. oraz mieszaniny nadmiernego osadu czynnego z osadem wapiennym pobranym w osadniku pokoagulacyjnym. Jednocześnie z oznaczeniem właściwości osadów nadmiernych i ich zdolności do odwadniania się na drodze filtracji próżniowej i przez odwirowanie we wszystkich przypadkach pobierano próbki osadu czynnego z modelowej komory napowietrzania w celu określania kumulacji związków wapnia w suchej masie osadu czynnego. Zawartość związków wapnia w próbce osadu z 4.III.76 r. wynosiła 5 % w stosunku do suchej masy osadu, następnie w miarę upływu czasu wielkość ta wzrastała osiągając po dwóch tygodniach badań wartość 10 %. Począwszy jednak od 25.III.76 r. stwierdzono systematyczne zmniejszanie się zawartości związków wapnia w suchej masie osadu. Pod koniec badań procentowy udział wapnia w suchej masie osadu nie przekraczał 3 %. Należy zaznaczyć, że osad pobrany z technicznej oczyszczalni ścieków celulozowych w Ostrołęce zawierał około 1,5 % związków wapnia w stosunku do suchej masy osadu.

#### 6.6. Interpretacja wyników badań

Wyniki uzyskane w procesie wstępnego oczyszczania ścieków charakteryzowały się dużą zmiennością, dlatego też w celu ich zinterpretowania zastosowano analizę statystyczną.

Na rys. 6-3 zawarto statystyczne zestawienie wartości ChZT w ściekach surowych, w ściekach skoagulowanych wapnem przed procesem biologicznego oczyszczania i po procesie biologicznego



- ① ścieki surowe [ mech. oczyszcz. ]
- ② ścieki po oczyszczeniu chemicznym [ 3g CaO/dm<sup>3</sup> ]
- ③ ścieki po oczyszczeniu biologicznym [ 3g CaO/dm<sup>3</sup> ]
- ④ ścieki po oczyszczeniu chemicznym [ 2g CaO/dm<sup>3</sup> ]
- ⑤ ścieki po oczyszczeniu biologicznym [ 2g CaO/dm<sup>3</sup> ]

częstość występowania.

RYS. 6-3 STATYSTYCZNE ZESTAWIENIE WARTOŚCI CHZT ŚCIEKÓW SUROWYCH W ŚCIEKACH ODBARWIONYCH TLENKIEM WAPNIOWYM, W ŚCIEKACH PO PROCESIE BIOLOGICZNEGO OCZYSZCZANIA DLA DWÓCH DAWEK CaO ; [ 3g CaO/dm<sup>3</sup> i 2g CaO/dm<sup>3</sup> ]

22



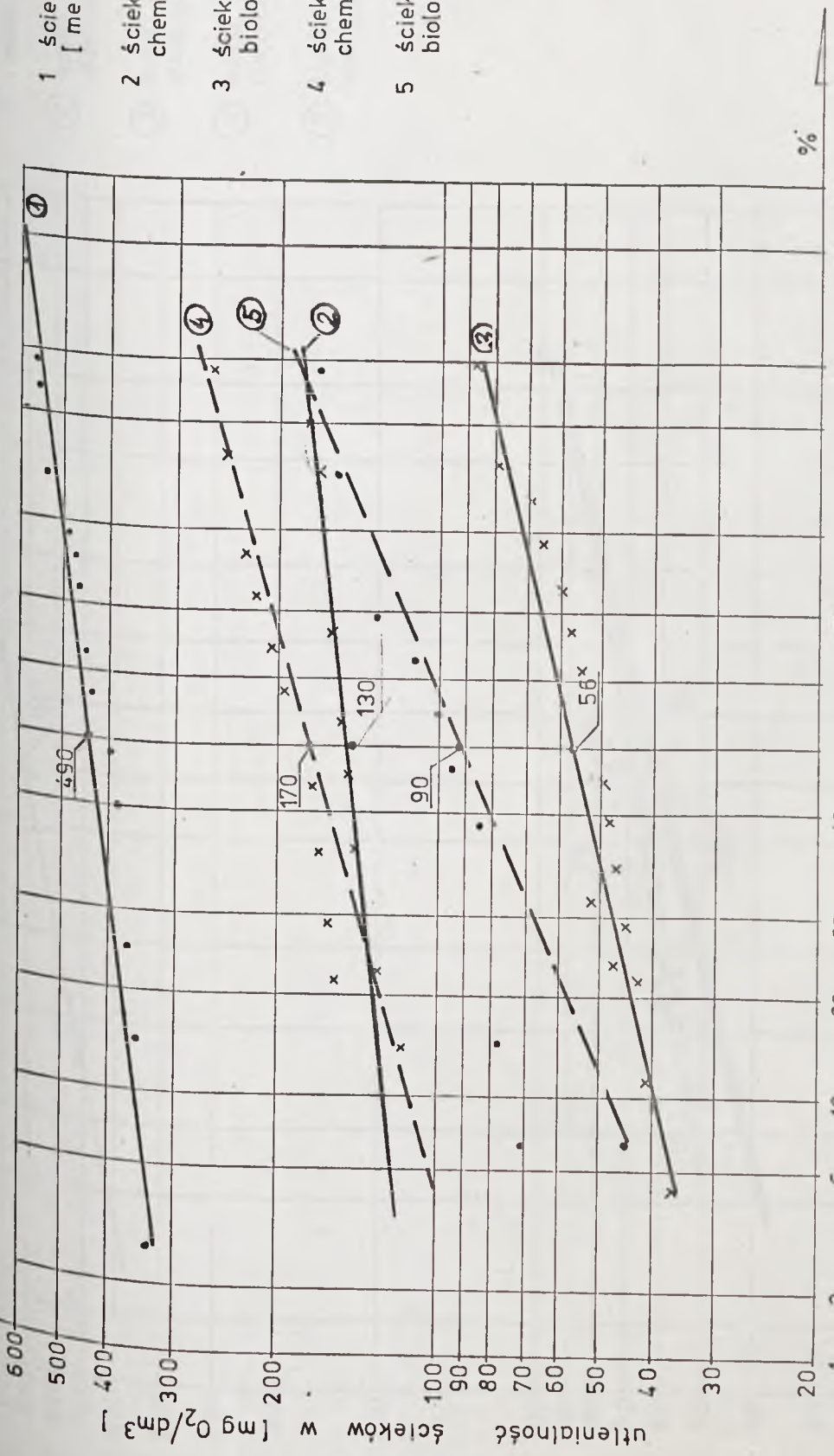
oczyszczania dla dwóch dawek CaO /3 i 2 g CaO/dm<sup>3</sup>/ w procesie oczyszczania chemicznego. Medialna wartość ChZT ścieków surowych wynosiła 880 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, a ścieków oczyszczonych chemicznie - 330/3 g CaO/dm<sup>3</sup>/ i 400 /2 g CaO/dm<sup>3</sup>/ mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Natomiast w ściekach celulozowych po biologicznym oczyszczaniu medialna wartość chemicznego zapotrzebowania tlenu wynosiła 115 i 180 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>.

Na rys. 6-4 przedstawiono statystyczne zestawienie wartości utlenialności w ściekach surowych, w ściekach oczyszczonych wapnem przed procesem biologicznego oczyszczania i po biologicznym oczyszczaniu dla dwóch dawek CaO /3 i 2 g CaO/dm<sup>3</sup>/. Medialna wartość utlenialności ścieków surowych wynosiła około 430 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Medialna utlenialność ścieków po procesie chemicznego oczyszczania za pomocą tlenku wapni<sup>stę</sup> wynosiła przy dawce 3 g CaO/dm<sup>3</sup> - 130 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, a przy dawce 2 g/CaO/dm<sup>3</sup> - 170 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Medialne wartości utlenialności w ściekach oczyszczonych biologicznie wynosiły 56 i 90 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>.

Na rys. 6-5 podano statystyczne zestawienie wartości barwy w ściekach surowych, w ściekach po chemicznym i w ściekach po biologicznym oczyszczaniu. Medialne wartości barwy ścieków po chemicznym i po biologicznym oczyszczaniu były w zasadzie takie same i wynosiły 60 mg Pt/dm<sup>3</sup> przy dawce 3 g CaO/dm<sup>3</sup>, a przy dawce 2 g CaO/dm<sup>3</sup> - 68 mg Pt/dm<sup>3</sup>. Nachylenia prostych dla biologicznego i chemicznego oczyszczania przy określonej dawce CaO były takie same, ponadto z wykresu widać, że oczyszczanie biologiczne ścieków odbarwionych chemicznie nie przynosiło już widocznego polepszenia w zakresie zmniejszenia barwy.

Rys. 6-6 zawiera statystyczne zestawienie wartości BZT<sub>5</sub>

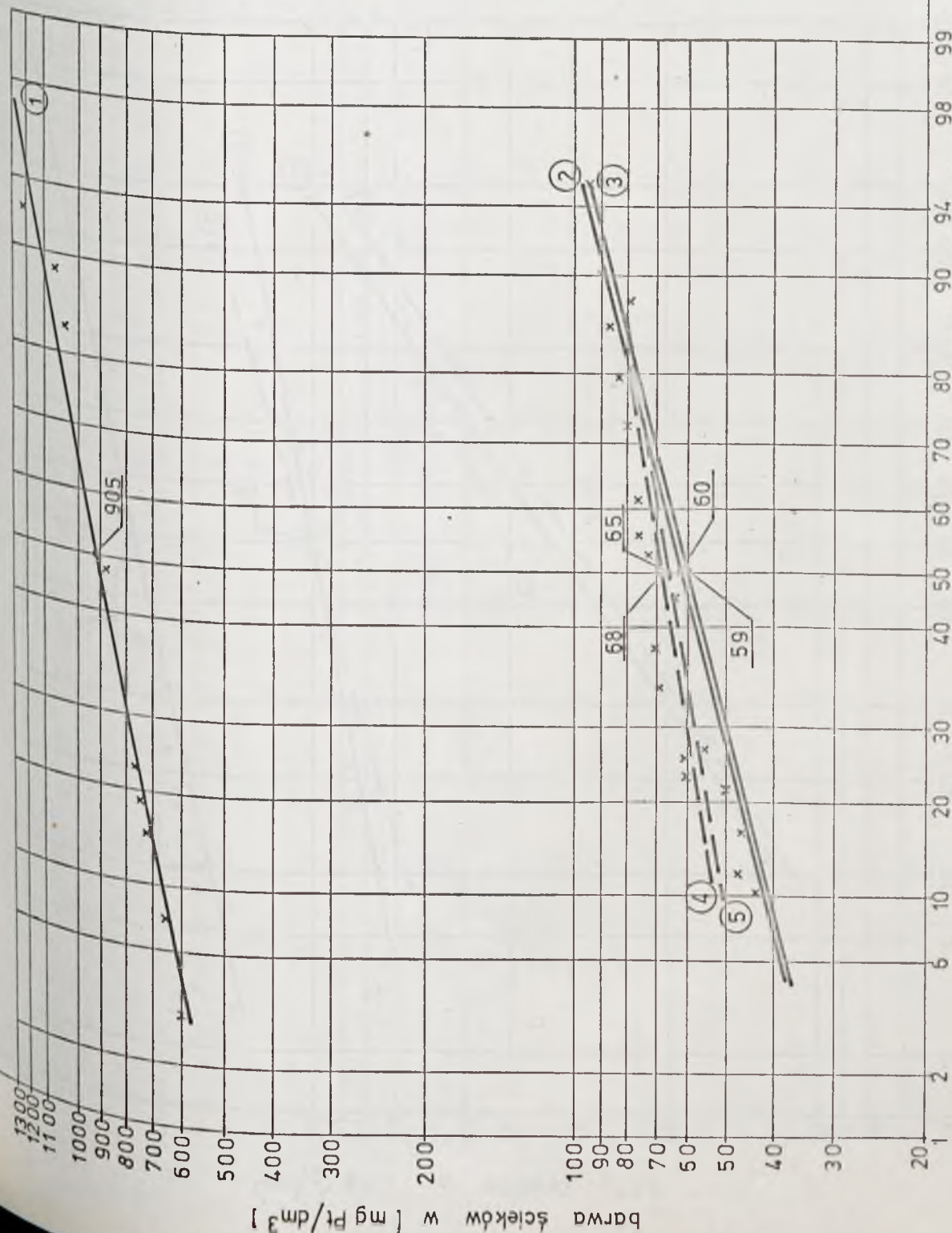
- 1 ścieki surowe [ mech. oczyszcz.]
- 2 ścieki po oczyszczeniu chemicznym [ 3g CaO/dm<sup>3</sup> ]
- 3 ścieki po oczyszczeniu biologicznym [3g CaO/dm<sup>3</sup> ]
- 4 ścieki po oczyszczeniu chemicznym [2g CaO/dm<sup>3</sup> ]
- 5 ścieki po oczyszczeniu biologicznym [2g CaO/dm<sup>3</sup> ]



częstość występowania.

RYS. 6-4 STATYSTYCZNE ZESTAWIENIE WARTOŚCI UTLENIALNOŚCI W ŚCIEKACH SUROWYCH, W ŚCIEKACH ODBARWIONYCH TLENKIEM WAPNIOWYM I W ŚCIEKACH PO BIOLOGICZNYM OCZYSZCZANIU DLA DWÓCH DAWEK CaO; [ 3g CaO/dm<sup>3</sup> i 2g CaO/dm<sup>3</sup> ]





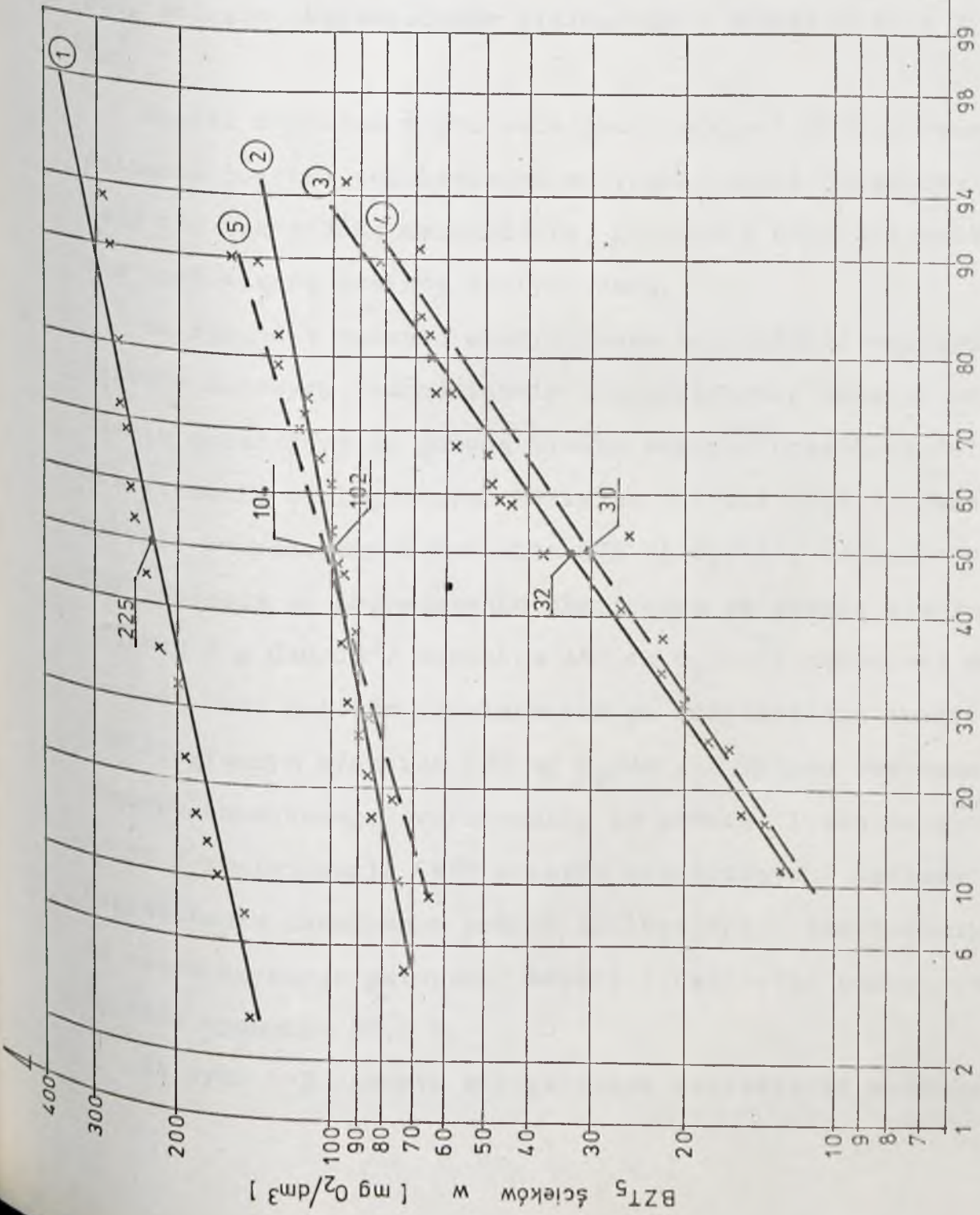
- ① ścieki surowe [mech. oczyszcz.]
- ② ścieki po oczyszczeniu chemicznym [3g CaO/dm³]
- ③ ścieki po oczyszczeniu biologicznym [3g CaO/dm³]
- ④ ścieki po oczyszczeniu chemicznym [2g CaO/dm³]
- ⑤ ścieki po oczyszczeniu biologicznym [2g CaO/dm³]

częstość występowania.

RYS. 6-5 STATYSTYCZNE ZESTAWIENIE WARTOŚCI BARWY W ŚCIEKACH SUROWYCH, W ŚCIEKACH ODBARWIONYCH TLENKIEM WAPNIOWYM I W ŚCIEKACH PO OCZYSZCZANIU DLA DWÓCH DAWEK CaO; [ 3gCaO/dm³ i 2gCaO/dm³ ].

barwa ścieków w [ mg Pt/dm³ ]

- ① ścieki surowe [ mech oczyszcz ]
- ② ścieki po oczyszczeniu chemicznym [ 3g CaO/dm<sup>3</sup> ]
- ③ ścieki po oczyszczeniu biologicznym [ 3g CaO/dm<sup>3</sup> ]
- ④ ścieki po oczyszczeniu biologicznym [ 2g CaO/dm<sup>3</sup> ]
- ⑤ ścieki po oczyszczeniu chemicznym [ 2g CaO/dm<sup>3</sup> ]



częstość występowania.

RYS. 5-6 . STATYSTYCZNE ZESTAWIENIE WARTOŚCI BZT<sub>5</sub> W ŚCIEKACH SUROWYCH, W ŚCIEKACH ODBARWIONYCH TLENKIEM WAPNIOWYM I W ŚCIEKACH PO BIOLOGICZNYM OCZYSZCZANIU DLA DWÓCH DAWEK CaO [ 3g CaO/dm<sup>3</sup> i 2g CaO/dm<sup>3</sup> ]

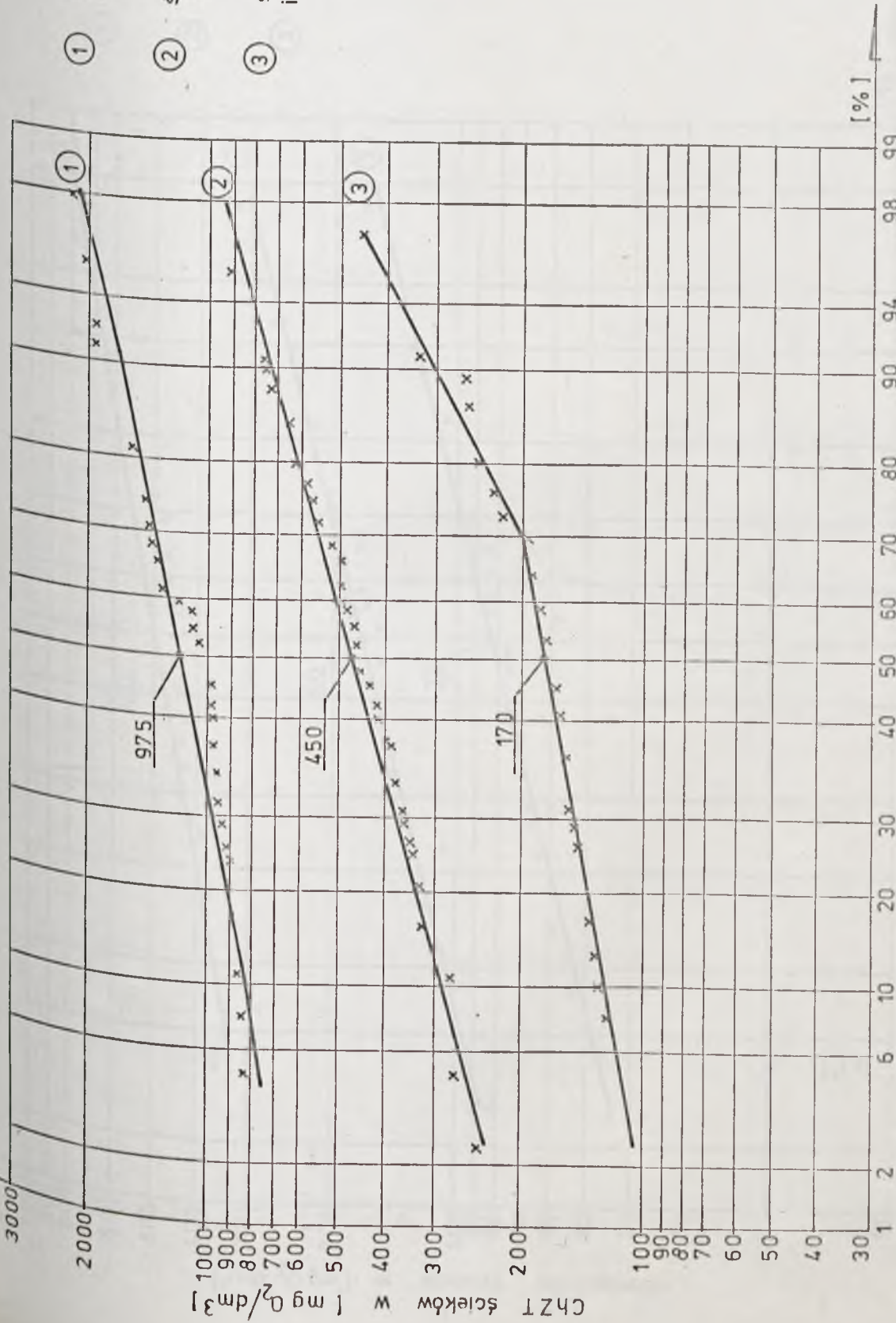


w ściekach surowych, w ściekach skoagulowanych tlenkiem wapniowym i w ściekach po procesie biologicznego oczyszczania dla dwóch dawek CaO /3 i 2 g CaO/dm<sup>3</sup>. Medialna wartość BZT<sub>5</sub> ścieków surowych wynosiła 225 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, medialne wartości BZT<sub>5</sub> dla ścieków oczyszczonych chemicznie przy dawce 3 i 2 CaO/dm<sup>3</sup> były praktycznie takie same i wynosiły 102 i 104 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Medialne wartości BZT<sub>5</sub> ścieków oczyszczonych biologicznie wynosiły 32 i 30 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>.

Wyniki uzyskane w procesie chemicznego i biologicznego oczyszczania ścieków celulozowych w drugiej serii badań charakteryzowały się także dużą zmiennością, dlatego w celu ich zinterpretowania zastosowano analizę statystyczną.

Na rys. 6-7 zawarto statystyczne zestawienie wartości ChZT ścieków surowych /mechanicznie oczyszczonych/ ścieków po oczyszczaniu chemicznym za pomocą tlenku wapniow<sup>wego</sup>, oraz ChZT ścieków po oczyszczaniu biologicznym. Medialna wartość ChZT ścieków mechanicznie oczyszczonych wynosiła 975 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, medialna wartość ChZT ścieków po oczyszczaniu chemicznym za pomocą tlenku wapniow<sup>wego</sup>, /dawka 2 g CaO/dm<sup>3</sup>/ wynosiła 450 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, natomiast medialna wartość ChZT ścieków celulozowych po oczyszczaniu chemicznym i biologicznym wynosiła 170 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. W wyniku zastosowania procesu chemicznego oczyszczania za pomocą tlenku wapniow<sup>wego</sup> uzyskano 54 % zmniejszenia ChZT ścieków celulozowych. Następujący po oczyszczaniu chemicznym proces biologicznego oczyszczania metodą osadu czynnego polepszał efekty i całkowite zmniejszenie ChZT ścieków wynosiło 82,5 %.

Na rys. 6-8 zawarto statystyczne zestawienie wartości



- ① ścieki surowe ( mech. oczyszcz.)
- ② ścieki po chemicznym oczyszczaniu
- ③ ścieki po chemicznym i biologicznym oczyszczaniu

częstość występowania.

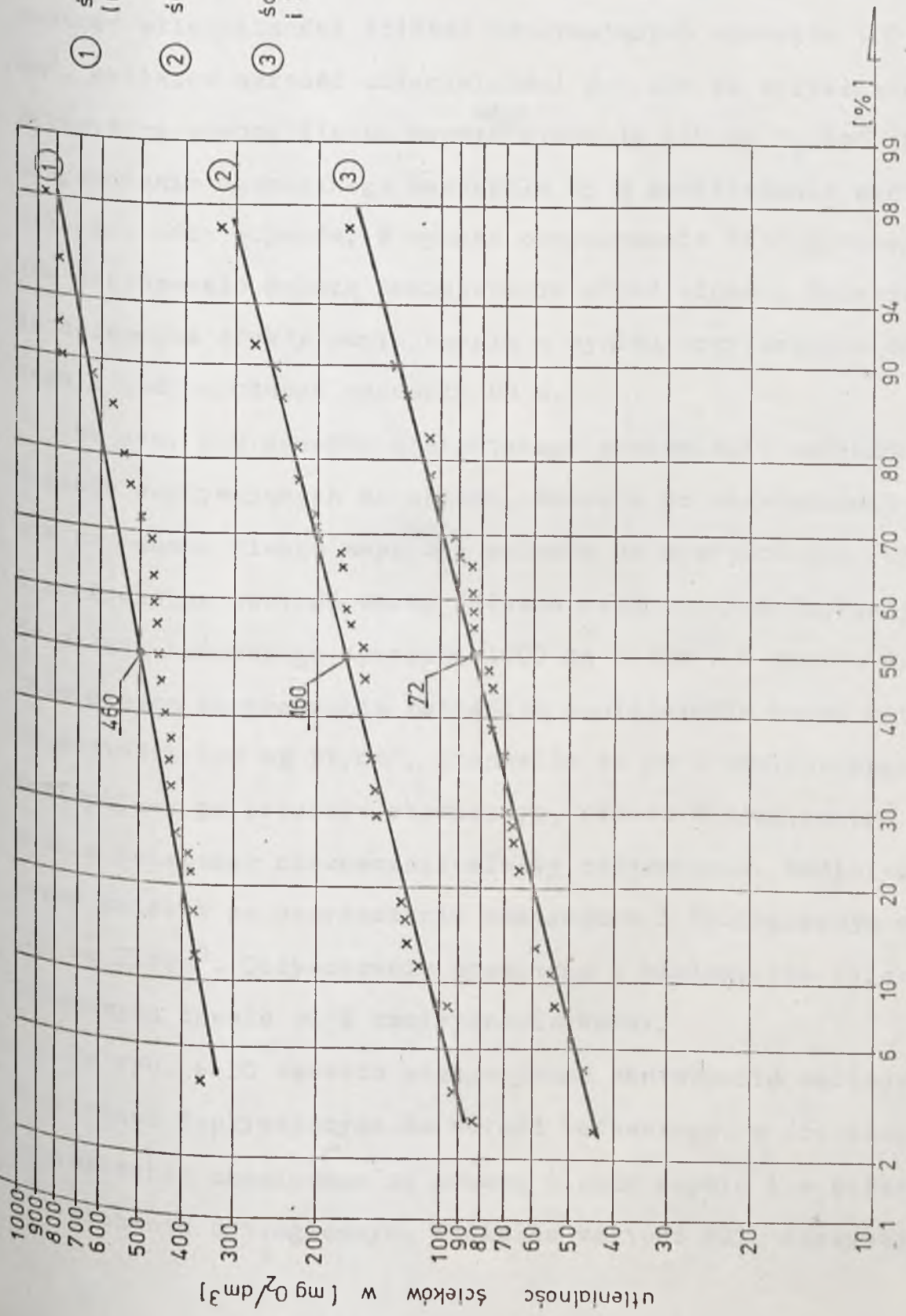
RYS. 6-7 STATYSTYCZNE ZESTAWIENIE WARTOŚCI ChZT ŚCIEKÓW SUROWYCH, ŚCIEKÓW PO OCZYSZCZANIU CHEMICZNYM ZA POMOCĄ TLENKU WAPNIOWEGO I ChZT ŚCIEKÓW PO OCZYSZCZANIU BIOLOGICZNYM. ( DRUGA SERIA BADAŃ )



① ścieki surowe  
(mech. oczyszcz.)

② ścieki po chemicznym  
oczyszczaniu

③ ścieki po chemicznym  
i biologicznym oczyszczaniu



częstość występowania

RYS. 6-8 STATYSTYCZNE ZESTAWIENIE WARTOŚCI UTLENIALNOŚCI ŚCIEKÓW SUROWYCH, ŚCIEKÓW PO OCZYSZCZANIU CHEMICZNYM ZA POMOCĄ TLENKU WAPNIOWEGO I UTLENIALNOŚCI ŚCIEKÓW PO OCZYSZCZANIU BIOLOGICZNYM. (DRUGA SERIA BADAN)

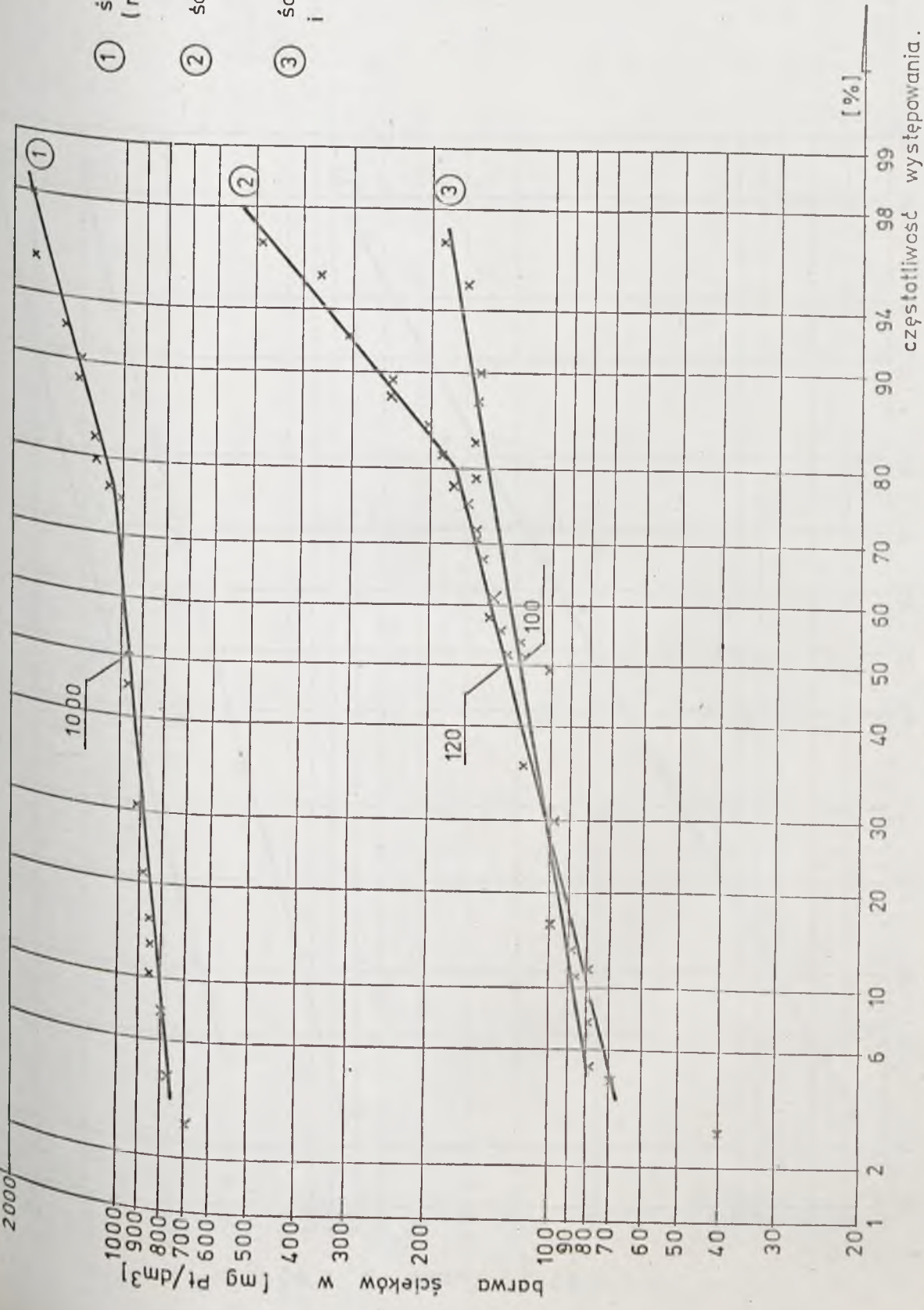
utlenialności ścieków surowych /mechanicznie oczyszczonych/ ścieków po oczyszczaniu chemicznym za pomocą tlenku wapniowego i utlenialności ścieków po oczyszczaniu biologicznym. Medialna wartość utlenialności ścieków dopływających wynosiła  $460 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ , medialna wartość utlenialności ścieków po oczyszczaniu chemicznym za pomocą tlenku wapniowego wynosiła  $160 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ . W wyniku oczyszczania chemicznego nastąpiło 65 % zmniejszenie wartości utlenialności ścieków. W wyniku oczyszczania biologicznego ścieków następowało dalsze zmniejszenie utlenialności ścieków tak, że całkowite efekty zmniejszenia w wyniku oczyszczania chemicznego i biologicznego wynosiły 83 %.

Na rys. 6-9 zawarto statystyczne zestawienie wartości barwy ścieków dopływających do układu, ścieków po oczyszczaniu chemicznym za pomocą tlenku wapniowego i ścieków po oczyszczaniu biologicznym. Medialna wartość barwy ścieków celulozowych dopływających do układu badawczego wynosiła  $1000 \text{ mg Pt}/\text{dm}^3$ . W wyniku procesu chemicznego oczyszczania nastąpiło zmniejszenie barwy ścieków do wartości  $120 \text{ mg Pt}/\text{dm}^3$ . Stanowiło to 88 % zmniejszenia barwy. Następujący po procesie chemicznym, proces biologicznego oczyszczania polepszał nieznacznie efekty odbarwiania. Medialna wartość barwy ścieków po oczyszczaniu chemicznym i biologicznym wynosiła  $100 \text{ mg Pt}/\text{dm}^3$ . Oczyszczanie chemiczne i biologiczne ścieków celulozowych dawało 90 % zmniejszenia barwy.

Na rys. 6-10 zawarto statystyczne zestawienie wartości  $\text{BZT}_5$  w ściekach dopływających do układu badawczego, w ściekach po oczyszczaniu chemicznym za pomocą tlenku wapniowego i w ściekach po oczyszczaniu biologicznym. Medialna wartość  $\text{BZT}_5$  dopływających

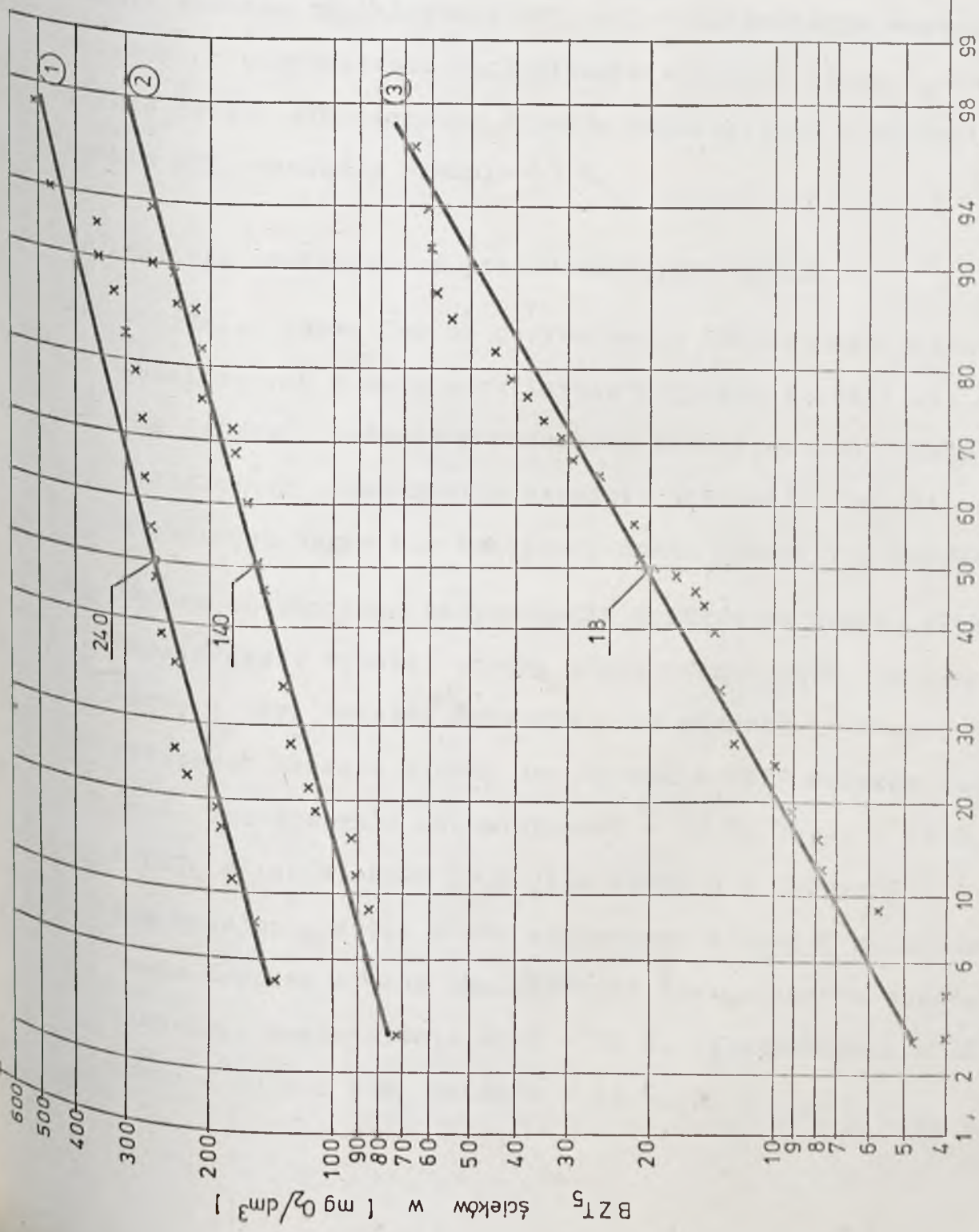


- ① ścieki surowe.  
( mech oczyszcz )
- ② ścieki po chemicznym  
oczyszczaniu
- ③ ścieki po chemicznym  
i biologicznym oczyszcz.



RYS. 6-9 STATYSTYCZNE ZESTAWIENIE WARTOŚCI BARWY ŚCIEKÓW SUROWYCH, ŚCIEKÓW PO OCZYSZCZANIU CHEMICZNYM ZA POMOCĄ TLENKU WAPNIOWEGO I ŚCIEKÓW PO OCZYSZCZANIU BIOLOGICZNYM. ( DRUGA SERIA BADAŃ. )

- ① ścieki surowe ( mech. oczyszcz.)
- ② ścieki po chemicznym oczyszczaniu
- ③ ścieki po chemicznym i biologicznym oczyszcz.



częstość występowania.

RYS. 6-10 STATYSTYCZNE ZESTAWIENIE WARTOŚCI BZT<sub>5</sub> W ŚCIEKACH SUROWYCH, W ŚCIEKACH PO OCZYSZCZANIU CHEMICZNYM ZA POMOCĄ TLENKU WAPNIOWEGO I W ŚCIEKACH PO OCZYSZCZANIU BIOLOGICZNYM. (DRUGA SERIA BADAŃ).



do układu badawczego ścieków celulozowych wynosiła  $240 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ . W wyniku oczyszczania chemicznego  $\text{BZT}_5$  ścieków uległo obniżeniu do wartości  $140 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ . Oczyszczanie chemiczne dawało średnio 42 % zmniejszenia  $\text{BZT}_5$  ścieków. Następujący po oczyszczeniu chemicznym stopień oczyszczania biologicznego ścieków powodował dalsze znaczne zmniejszenie  $\text{BZT}_5$  ścieków. Medialna wartość  $\text{BZT}_5$  ścieków po oczyszczeniu biologicznym wynosiła  $18 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ . Łączne efekty oczyszczania ścieków celulozowych w zakresie zmniejszenia  $\text{BZT}_5$  wyniosły średnio 93 %.

#### 6.7. Wnioski wynikające z przeprowadzonych badań

1. Optymalną dawką  $\text{CaO}$  do oczyszczania chemicznego ścieków celulozowych w warunkach laboratoryjnych okazała się dawka  $3 \text{ g CaO}/\text{dm}^3$ . Badania w warunkach przepływowych /skala ćwierćtechniczna/ potwierdziły przyjęte założenie. Wysokie efekty uzyskiwano także dla mniejszej dawki równej  $2 \text{ g CaO}/\text{dm}^3$ .
2. Proces chemicznego oczyszczania ścieków za pomocą tlenku wapniowego<sup>węgl</sup> dawał wysokie efekty zmniejszenia  $\text{ChZT}$ , utlenialności barwy i  $\text{BZT}_5$  ścieków surowych. Dla pierwszego okresu badań wstępnych średnie efekty zmniejszenia  $\text{ChZT}$  ścieków wynosiły 62 %, zmniejszenia utlenialności - 70 %, barwy - 93 %, i  $\text{BZT}_5$  ścieków około 53 % /dla dawki  $3 \text{ g CaO}/\text{dm}^3$ /. Dla mniejszej dawki mleka wapiennego równej  $2 \text{ g CaO}/\text{dm}^3$  uzyskane średnie efekty zmniejszenia analogicznych wskaźników wynosiły: zmniejszenie  $\text{ChZT}$  - 50 %, utlenialności - 60 %, barwy - 93 % i  $\text{BZT}_5$  ścieków - 53 %.

3. Po procesie oczyszczania chemicznego ścieków za pomocą tlenku wapnia w trakcie badań wstępnych wzrastała zasadowość ścieków. Na skutek stosowania zbyt niskiego odczynu saturacji i zbyt krótkiego okresu sedymentacji, zasadowość ścieków dopływających do komory biologicznego oczyszczania znacznie wzrastała w porównaniu z zasadowością ścieków surowych.
4. Proces biologicznego oczyszczania ścieków prowadzono w warunkach niskiego obciążenia osadu czynnego w zakresie 0,059 - 0,26 g BZT<sub>5</sub>/g s.m.dn. Koncentracja zawiesin osadu czynnego w komorze wynosiła średnio 5 g/dm<sup>3</sup>. Do ścieków zasilających stopień biologicznego oczyszczania, dodawano substancje pokarmowe w ilości trzykrotnie przekraczającej teoretyczne zapotrzebowanie fosforu.
5. Chemiczne i biologiczne oczyszczenie ścieków dawało dla badań wstępnych całkowite efekty zmniejszenia ChZT średnio 87 %, utlenialności 86 % i BZT<sub>5</sub> ścieków średnio 88 %. Biologiczne oczyszczanie nie poprawiło efektów usuwania barwy ścieków w porównaniu ze stopniem chemicznego odbarwiania.
6. W czasie trwania badań wstępnych efekty biologicznego oczyszczania ścieków zmniejszały się. Analiza biologiczna składu osadu czynnego pobieranego z komory napowietrzania wskazywała na niekorzystne zmiany w biocenozie osadu czynnego. Przeprowadzone badania aktywności oddechowej osadu czynnego metodą testu TTC wskazywały na zmniejszenie się aktywności właściwej osadu. W stosunku do wyjściowej aktywności właściwej osadu, aktywność ta pod koniec okresu badawczego spadła przeszło ośmiokrotnie.



7. Badania składu masy osadu czynnego pobieranego z komory napowietrzania wskazywały na wysoki procentowy udział substancji mineralnych w ogólnej suchej masie osadu pod koniec badań. Zawartość substancji mineralnych przewyższała prawie trzykrotnie zawartość substancji mineralnych w osadzie na początku badań. W osadzie pochodzącym z ostatnich dwóch tygodni prowadzenia badań wykryto około 25 % zawartości wapnia w suchej masie osadowej.
8. Przeprowadzone badania właściwości filtracyjnych osadów powstających w poszczególnych urządzeniach modelowej oczyszczalni ścieków wykazywały, że najmniejszy opór filtracji miał osad posaturacyjny składający się z  $\text{CaCO}_3$ . Opory filtracji osadu  $\text{Ca(OH)}_2$  i mieszaniny osadu  $\text{Ca(OH)}_2$  z nadmiernym osadem czynnym były małe i prawie nie różniły się między sobą. Stosunkowo niski był opór filtracji nadmiernego osadu czynnego. Fakt ten wynikał z dużego zmineralizowania osadu czynnego.
9. Badania oczyszczania chemicznego ścieków celulozowych powtórzono w zmodyfikowanym układzie i przeprowadzono także w warunkach przepływowych w skali ułamkowo - technicznej stosując dawkę  $2 \text{ g CaO/dm}^3$ .
10. Proces chemicznego oczyszczania ścieków za pomocą tlenku wapnia w drugiej serii badań dawał znaczne efekty zmniejszenia ChZT, utlenialności, barwy i  $\text{BZT}_5$  ścieków. Średnie efekty zmniejszenia ChZT ścieków wynosiły 54 %, zmniejszenia utlenialności 65 %, zmniejszenia barwy 88 % i zmniejszenia  $\text{BZT}_5$  ścieków w granicach 42 %.

Zasadowość ścieków po procesie chemicznego oczyszczania nie ulegała wyraźnemu zwiększeniu, podobnie nie zaobserwowano wzrostu twardości ścieków.

11. Proces biologicznego oczyszczania ścieków w drugiej serii badań prowadzono w warunkach niskiego i konwencjonalnego obciążenia osadu czynnego, od 0,08 do 0,54 g BZT/g dn. Koncentracja zawiesin osadu czynnego w komorze wynosiła średnio  $3,5 \text{ g/dm}^3$ .
12. W wyniku chemicznego i biologicznego oczyszczania ścieków uzyskano średnio 83 % zmniejszenia ChZT, 83 % zmniejszenia utlenialności nadmanganianowej, 90 % zmniejszenia barwy i 93 % zmniejszenia BZT<sub>5</sub>. Zasadowość i twardość ścieków w wyniku procesu biologicznego oczyszczania nie uległa istotnym zmianom.
13. Analiza biologiczna osadu czynnego wskazywała na zmniejszającą się liczbę kłaczków osadu, rosły natomiast ich wymiary. Skład biocenozy nie uległ w trakcie drugiej serii badań niekorzystnym zmianom, o czym świadczyła utrzymująca się przez cały okres doświadczeń znaczna liczba pierwotniaków. Przeprowadzone badania aktywności oddechowej osadu czynnego metodą testu TTC mimo występowania różnic poziomów w poszczególnych próbach nie wskazywały na występowanie tendencji do zmniejszania się aktywności właściwej osadu, jak to miało miejsce w trakcie badań wstępnych.
14. Badania składu masy osadu czynnego pobieranego z komory napowietrzania nie wskazywały na występowanie zjawiska kumulowania się związków wapnia w biomasie.



15. Przeprowadzone badania właściwości filtracyjnych osadów powstających w poszczególnych urządzeniach modelowej chemiczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych wykazywały, że najniższy opór filtracji rzędu 0,2 - 0,3  $10^{11}$  m/kg posiadał osad posaturacyjny. Opory filtracji osadu pokoagulacyjnego oraz mieszaniny osadu czynnego z osadem pokoagulacyjnym były niskie i zbliżone do siebie. Opór filtracji nadmiernego osadu czynnego ulegał znacznym wahaniom w trakcie prowadzenia badań.
16. W wyniku podwyższenia odczynu procesu saturacji ścieków celulozowych do pH = 8,5 oraz zwiększeniu objętości osadnika posaturacyjnego w drugiej serii badań zmniejszono ilości związków wapnia przechodzących do komory osadu czynnego. W trakcie badań nie zaobserwowano ujemnego wpływu oczyszczania chemicznego ścieków celulozowych za pomocą wapna przy tych parametrach technologicznych na późniejszy proces ich biologicznego oczyszczania metodą osadu czynnego.

## 7. BADANIA NAD EFEKTYWNOŚCIĄ OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW METODĄ OSADU CZYNNEGO Z ZASTOSOWANIEM CZYSTEGO TLENU.

### 7.1. Przegląd dotychczasowych badań

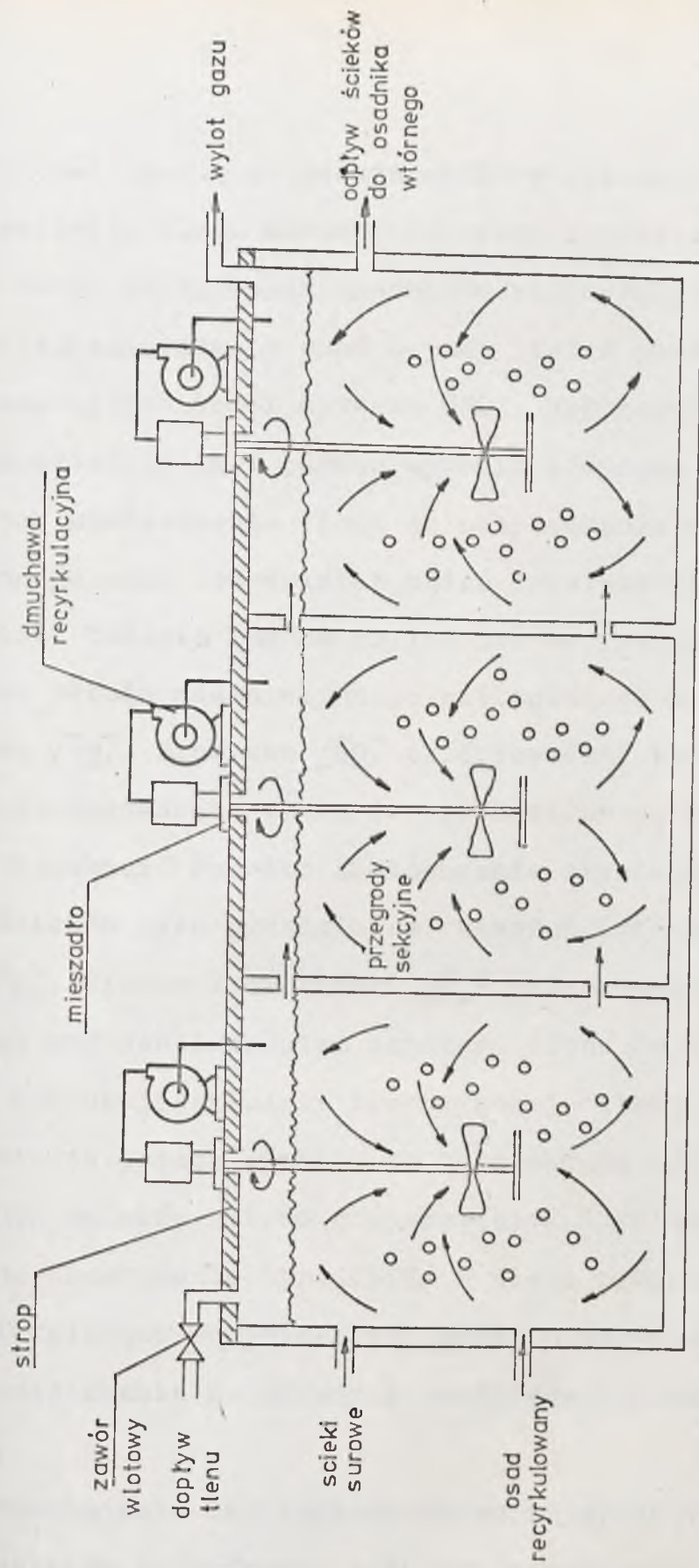
Użycie czystego tlenu lub powietrza wzbogaconego w tlen w procesie osadu czynnego było przedmiotem wielu badań i publikacji już od przeszło 20 lat. Okun [46,47] pierwszy zajmował się tymi zagadnieniami /1949 r./, ale stosowany wtedy system nie pozwalał na ekonomiczne wykorzystanie tlenu i był niepraktyczny.

Budd i Lambeth [48] wykonali badania w urządzeniach na skalę techniczną wybudowanych na oczyszczalni ścieków Black River w Baltimore i w Stamford w 1953 roku.

Firma Union Carbide Corporation we współpracy z Amerykańską Agencją Ochrony Środowiska przeprowadziła w 1969 r. badania w pełnej skali na oczyszczalni ścieków miejskich w Batavia New York [49]. Zastosowane rozwiązanie techniczne systemu z tlenem różniło się znacznie od rozwiązań uprzednio stosowanych. Zaproponowane przez firmę Union Carbide Corporation rozwiązanie pod nazwą system "Unox" przedstawiono na rys. 7-1. Powyższe rozwiązania są powszechnie stosowane w badaniach laboratoryjnych i pilotowych, a także w wybudowanych dotychczas obiektach technicznych [50 - 58].

Na rys. 7-1 przedstawiono szczelnie przykrytą komorę osadu czynnego podzieloną ściankami na kilka części. Ścieki i tlen przepływają przez układ współprądowo. Dla rozwiązania pokazanego na rys. 7-1 tlen jest doprowadzany do pierwszego stopnia pod ciśnieniem 5-10 cm słupa wody. Sprężarki przetłaczają tlen z





RYS. 7-1 KOMORA NATLENIANIA ŚCIEKÓW „UNOX” Z GŁĘBOKIM WPROWADZENIEM TLENU.

przestrzeni nad cieczą do zanurzonych w ściekach urządzeń rozprowadzających tlen. Mieszanina osadu i oczyszczonych ścieków wypływa z komór do typowych osadników wtórnych gdzie następuje sedymentacja, a zagęszczony osad czynny jest z powrotem recyrkulowany do zamkniętych komór systemu UNOX. Wykorzystanie tlenu w opisywanym układzie jest bardzo wysokie i wynosi od 90 do 95 %.

W Polsce zastosowanie tlenu do oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego było przedmiotem badań laboratoryjnych. Łanowy przeprowadził badania laboratoryjne nad oczyszczaniem ścieków sanitarnych metodą osadu czynnego natlenianego powietrzem i czystym tlenem [59]. Biczysko [60] przeprowadzał badania laboratoryjne nad zastosowaniem tlenu do biochemicznego oczyszczania ścieków z koksowni. Ponadto zastosowanie czystego tlenu do oczyszczania ścieków było przedmiotem rozważań Przewłockiego [61] i Gromca [62]. Sikora i Zieliński [63] przeprowadzili badania laboratoryjne nad zastosowaniem czystego tlenu do oczyszczania ścieków z produkcji celulozy siarczynowej metodą osadu czynnego.

W ostatnich latach wybudowano bardzo dużo oczyszczalni do oczyszczania ścieków bytowo gospodarczych i ścieków przemysłowych opartych na rozwiązaniu typu UNOX. W wielu przypadkach przebudowuje się istniejące oczyszczalnie, gdzie stosowane było konwencjonalne napowietrzanie na układy z zastosowaniem czystego tlenu [64 - 72].

Pierwsze badania nad zastosowaniem czystego tlenu przy oczyszczaniu ścieków z produkcji celulozy metodą siarczanową przeprowadził Robbins [73].



Następne badania nad oczyszczaniem ścieków celulozowo - papierniczych metodą osadu czynnego z użyciem czystego tlenu zostały przeprowadzone przez firmę Union Carbide Corporation w urządzeniach systemu UNOX [74-79]. Do chwili obecnej firma ta przeprowadziła badania procesu oczyszczania ścieków z 30 zakładów w USA, Kanadzie, Japonii i Europie. Badania były prowadzone najczęściej za pomocą zestawu modelowego składającego się z cztero-częściowego reaktora o budowie przedstawionej na rys. 7-1, pojemności  $V = 6 \text{ m}^3$  i osadnika radialnego o pojemności  $10 \text{ m}^3$ . Stacja modelowa zamontowana była na ruchomej przyczepie samochodowej wyposażonej w zestaw urządzeń i przyrządów niezbędnych do prowadzenia badań.

Badania procesu oczyszczania ścieków celulozowych z produkcji celulozy metodą siarczynową za pomocą osadu czynnego z użyciem czystego tlenu prowadzone były w Czechosłowacji w Kombinacie Celulozowym Vetrni [75].

Badano także ścieki z procesu bielienia celulozy siarczynowej pochodzące z Kombinatu Celulozowego w Port Hawkesbury [75-76] w Kanadzie. Uzyskiwano 95 % redukcji  $\text{BZT}_5$  /wypływ  $23 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$  / przy obciążeniu osadu  $0,35 \text{ kg BZT}_5/\text{dn}/\text{kg smo}$ . Osad nadmierny zagęszczał się bardzo dobrze / $30 - 35 \text{ kg}/\text{m}^3$  osadu/. Stosowano niski stopień recyrkulacji osadu rzędu 30 % do komór osadu czynnego.

Badania oczyszczania ścieków z produkcji celulozy siarczynowej przeprowadzono w West Point w Kombinacie Celulozowo - papierniczym Virginia - Chesapeake Corporation [78]. Uzyskano 90 % efekty oczyszczania w zakresie redukcji  $\text{BZT}_5$  przy obciążeniu

osadu 0,5 - 1,3 kg BZT<sub>5</sub>/dn kg smo. Stosowano krótkie czasy przetrzymania ścieków w komorze osadu czynnego. Podobne wyniki uzyskano dla procesu oczyszczania ścieków pochodzących z fabryki celulozy Tuscaloosa w Alabamie.

W chwili obecnej znajdują się w trakcie budowy obiekty na skalę techniczną. Oczyszczalnia ścieków dla Kombinatu Chesapeake Corporation w Virginii /West Point USA/ zaprojektowana została [81] na przepływ ścieków 73 tys m<sup>3</sup>/dn. Zastosowano do oczyszczania ścieków trzystopniowe komory systemu UNOX. Tlen pochodzi ze stacji tlenowej o wydajności 100 ton/dn. Będzie on wykorzystywany do procesu bielenia celulozy, do oczyszczania ścieków, do obróbki łągów czarnych w celu zmniejszenia zapachów w procesie ich spalania.

Dla kombinatu celulozowo - papierniczego Gulf States Tuscaloosa w Alabamie /USA/ także zaprojektowano instalację oczyszczania ścieków z użyciem czystego tlenu [82]. Opisany zakład będzie miał wydajność 750 ton/dn. Planuje się trzy moduły układu "UNOX", które zapewnią 85 - 90 % zmniejszenia BZT<sub>5</sub> ścieków oraz wybuduje się także stopień odbarwiania ścieków za pomocą siarczanu glinu. Takie zalety rozwiązań z zastosowaniem czystego tlenu jak zmniejszenie objętości komór osadu czynnego, mniejsze zapotrzebowanie terenu, mniejsze ilości osadów itp. równoważą stosunkowo wysoki koszt wytwarzania tlenu, tak że całkowite koszty instalacji z użyciem tlenu i z użyciem powietrza są porównywalne, a dla większych jednostek koszty układów tlenowych są nawet niższe o około 20 %. Przeprowadzana analiza dotyczy głównie warunków amerykańskich, gdzie nastąpiło obniżenie kosztów produkcji



tlenu dzięki zastosowaniu nowych metod jego wytwarzania [837].  
 W Polsce występuje obecnie pewien deficyt tlenu szczególnie zaś tlenu ciekłego i nie należy się spodziewać znacznych nadwyżek do 1980 r. /6.2./. W wypadku jednak przemysłu celulozowo - papierniczego wprowadzanie nowej technologii bielienia celulozy za pomocą tlenu stwarza poważne szanse zastosowania układów oczyszczania ścieków z użyciem czystego tlenu. Wymagałoby to rozbudowy projektowanych instalacji wytwarzania tlenu do celów produkcyjnych /bielienia/.

## 7.2. Cel i zakres badań własnych

Celem badań było określenie możliwości oczyszczania ścieków celulozowych z Ostrołęckich Zakładów Celulozowo - Papierniczych metodą osadu czynnego z użyciem czystego tlenu, oraz porównanie efektów oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego natlenianego powietrzem i czystym tlenem.

Badania były przeprowadzone na terenie biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych w Ostrołęce, gdzie wybudowano dwie równoległe instalacje. Badania były prowadzone dwukrotnie. Po raz pierwszy jako badania wstępne w okresie miesięcy stycznia i lutego 1976 r., następnie badania powtarzano w tych samych układach modelowych w maju i czerwcu 1976 r. Po okresie wpracowania instalacji przeprowadzano badania nad oczyszczaniem ścieków w układzie powietrznym i tlenowym i nad własnościami osadów występujących w obu układach badawczych. Pozwoliło to na porównanie efektów pracy układu "powietrznego" i układu "tlenowego" i wyciągnięcie wniosków dotyczących technologicznej celowości stosowania czystego tlenu zamiast powietrza przy oczyszczaniu ścieków celulozowych metodą osadu czynnego.

### 7.3. Opis układów badawczych

Badania oczyszczania ścieków celulozowych z Ostrołęckich Zakładów Celulozowo - Papierniczych przeprowadzano w dwóch pracujących równolegle instalacjach [84]. Schemat laboratoryjnych układów badawczych przedstawiono na rys. 7-2. Układ powietrzny oczyszczania biologicznego ścieków celulozowych składał się z otwartej komory osadu czynnego i osadnika wtórnego. Ścieki celulozowe doprowadzane były do komory napowietrzania ze wspólnego dla obu układów zbiornika ścieków celulozowych o pojemności około  $1,5 \text{ m}^3$ . Otwarta komora osadu czynnego posiadała objętość  $40 \text{ dm}^3$ , pionowy osadnik wtórny posiadał objętość części czynnej  $32 \text{ dm}^3$ . Do napowietrzania ścieków wykorzystywano sprężone powietrze o ciśnieniu  $1100 \text{ mm sł. wody}$ . Do recyrkulowania osadu czynnego z leja osadowego osadnika pionowego wykorzystywano podnośnik powietrzny. Układ oczyszczania ścieków celulozowych z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza składał się z jedno-stopniowej zamkniętej szczelnej komory osadu czynnego i otwartego pionowego osadnika wtórnego. Tlen dostarczany był z butli gazów technicznych poprzez reduktor ciśnienia. Jako urządzenie natleniające zastosowano kostkę fil/trosową. Zawartość komory osadu czynnego mieszana była wolnoobrotowym mieszadłem laboratoryjnym. W komorze utrzymywano nadciśnienie gazu wahające się w granicach od  $5 - 10 \text{ cm słupa wody}$ .

Mieszanina ścieków z osadem czynnym odpływała do pionowego osadnika wtórnego. Po sklarowaniu ścieki oczyszczone odpływały do kanalizacji, zagęszczony osad z leja osadowego recyrkulowany był z powrotem do zamkniętej komory osadu czynnego. Pojemności

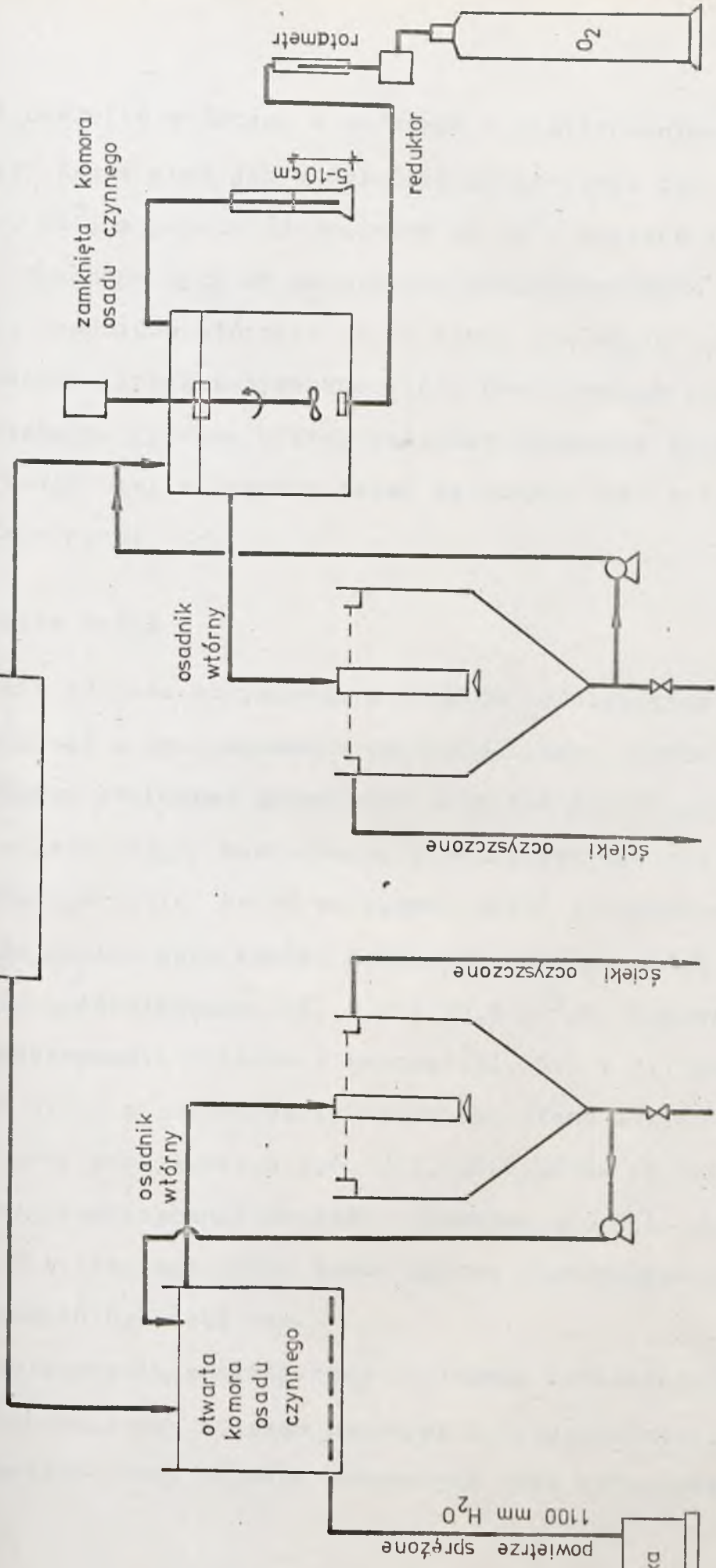


ścieki surowe celulozowe  
( po mech. oczyszcz. )

I UKŁAD POWIETRZNY

II UKŁAD TLENOWY

zbiornik ścieków



RYS. 7-2 SCHEMAT UKŁADÓW BADAWCZYCH OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH OSADU CZYNNEGO Z UŻYCIEM POWIETRZA I CZYSTEGO TLENU ZAMIAST POWIETRZA.

komory i osadnika wtórnego w układzie z zastosowaniem czystego tlenu były takie same jak w układzie powietrznym tzn. pojemność komory  $40 \text{ dm}^3$ , a pojemność osadnika  $32 \text{ dm}^3$ . Obydwie komory osadu czynnego wykonane były ze zbiorników polietylenowych natomiast do wykonania osadników wtórnych użyto blach stalowych i kątowników. Dla mierzenia ilości zużywanego tlenu technicznego zainstalowano czuły rotometr. Opisane układy badawcze stosowane były w dwóch cyklach badań tzn. w trakcie badań wstępnych oraz w czasie badań właściwych.

#### 7.4. Metodyka badań

Badania procesu oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego z zastosowaniem czystego tlenu i porównawcze z zastosowaniem powietrza prowadzone były dla pierwszego i drugiego cyklu w sposób ciągły każdorazowo przez okres około 7 tygodni. Dla pierwszego cyklu badań wstępnych układ z zastosowaniem powietrza do natleniania komory osadu czynnego pracował przy obciążeniu hydraulicznym 3,6, 7,2 i  $10,8 \text{ dm}^3/\text{h}$ . Odpowiadały temu czasy przetrzymania ścieków w komorze 11, 5,5 i 3,7 godziny. Natomiast układ z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza pracował przy przepływach, 3,6, 7,2, 10,8,  $18 \text{ dm}^3/\text{h}$  czemu odpowiadały czasy przetrzymania ścieków w komorze 11, 5,5, 3,7 i 2,2 godziny. Dla drugiego cyklu badań zakres stosowanych obciążeń hydraulicznych był taki sam.

Zakres kontroli analitycznej obejmował oznaczenie własności fizyko - chemicznych ścieków surowych i oczyszczonych, oznaczenia parametrów pracy układów badawczych oraz oznaczenia własności



osadów powstających w obydwu układach. Oznaczenia własności fizyko - chemicznych ścieków surowych obejmowały następujące wskaźniki : odczyn, barwa, BZT<sub>5</sub>, ChZT, utlenialność, azotyny, azotany, związki ligninowe, zawartość zawiesin, amoniak i fosfor. Oznaczenia parametrów pracy układów badawczych obejmowały następujące wskaźniki: stężenia osadu czynnego w komorze osadu czynnego, stężenia recyrkulatu, stopień recyrkulacji, opadalność osadu z komory osadowej i opadalność recyrkulatu, indeksy osadowe, zawartość tlenu rozpuszczonego w komorach osadu czynnego, ilości odprowadzanego nadmiernego osadu czynnego i jego stężenie.

Oznaczono także właściwości osadu czynnego pobieranego z obydwu komór, takie jak: aktywność oddechową /test TTC/, skład biologiczny osadów w komorach /analiza taksonomiczna/, zdolność do odwadniania, własności filtracyjne nadmiernego osadu czynnego z układu powietrznego i tlenowego, oraz zdolność do zagęszczania tych osadów.

Zakres kontroli obejmował również pomiar ilości zużywanego czystego tlenu do procesu osadu czynnego.

#### 7.5. Wyniki badań

Własności fizyczno - chemiczne dopływających do układu badawczego ścieków celulozowych z poszczególnych dni prowadzenia badań wstępnych w instalacji modelowej zawarte są w tablicy 7-1. Ścieki te zasilające zarówno układ oczyszczania metodą osadu czynnego z użyciem powietrza jak i układ z użyciem czystego tlenu zamiast powietrza, charakteryzowały się znacznymi wartościami wskaźników zanieczyszczenia takimi jak: ChZT, utlenialność, BZT<sub>5</sub>, barwa.

Parametry technologiczne modelowej komory osadu czynnego z zastosowaniem powietrza w trakcie badań wstępnych zawarte są w tabelicy 7-2. Układ z zastosowaniem powietrza do natleniania komory osadu czynnego pracował przy trzech wartościach przepływu ścieków, a mianowicie  $3,6 \text{ dm}^3/\text{h}$ ,  $7,2 \text{ dm}^3/\text{h}$  oraz  $10,8 \text{ dm}^3/\text{h}$ .

W tabelicy 7-3 zawarto parametry technologiczne pracy modelowej komory osadu czynnego natlenianej czystym tlenem zamiast powietrza w trakcie badań wstępnych. Podobnie jak to było w przypadku komory z użyciem powietrza, badano proces oczyszczania ścieków celulozowych w układzie "tlenowym" praktycznie dla trzech wartości przepływów to znaczy  $q = 10,8 \text{ cm}^3/\text{h}$ ,  $18 \text{ dm}^3/\text{h}$  i  $3,6 \text{ dm}^3/\text{h}$ .

W trakcie prowadzenia badań wstępnych oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego w dwóch układach modelowych, jednym z użyciem powietrza, drugim z użyciem czystego tlenu zamiast powietrza, pobierano kilkakrotnie z obydwu komór próbki osadu czynnego i przeprowadzano jego analizę biologiczną. W tabelicy 7-4 umieszczono zestawienie zbiorcze wyników analizy biologicznej osadu czynnego z komory napowietrzania powietrzem..

Tablica 7-5 zawiera zestawienie zbiorcze wyników analizy biologicznej osadu czynnego z komory natlenianej czystym tlenem. Ogólnie należy stwierdzić że skład biologiczny osadu czynnego pochodzący z układu "tlenowego" był bardziej różnorodny, występowała znacznie większa ilość drobnych kłaczków osadu czynnego, więcej było też pierwotniaków zwłaszcza z grupy Ciliata osiadłych świadczących o efektywnej pracy osadu czynnego. W osadzie pochodzącym z układu powietrznego przeważały bakterie nitkowate z grupy Sphaerotillus powodujące złe własności sedymentacyjne osadu.



Oprócz analizy biologicznej osadu określono także aktywność oddechową prób osadu metodą testu TTC w komorze natlenianej powietrzem i w komorze z użyciem czystego tlenu. Wyniki oznaczeń aktywności prób osadu z komory natlenianej powietrzem zawarte są w tablicy 7-6.

W tablicy 7-7 zawarto wyniki oznaczeń aktywności oddechowej metodą testu TTC prób osadu czynnego pobranego z komory natlenianej czystym tlenem zamiast powietrza. Próby osadu były jednocześnie pobierane z komory z użyciem powietrza jak i z komory używającej czysty tlen. Analizując parametry ścieków dopływających do komór osadu czynnego widzimy, że w okresie obniżenia aktywności dehydrogenazowej w układzie powietrznym wystąpił znaczny wzrost wskaźników zanieczyszczenia ścieków surowych. Okresowe przeciążenie osadu czynnego było zasadniczą przyczyną jego zmniejszenia zdolności do rozkładania zanieczyszczeń. Natomiast układ modelowy z zastosowaniem czystego tlenu mimo wystąpienia okresowego przeciążenia charakteryzował się znaczną odpornością, aktywność dehydrogenazowa osadu nie uległa obniżeniu.

Własności fizykochemiczne ścieków celulozowych oczyszczonych biologicznie metodą osadu czynnego w modelowym układzie z zastosowaniem powietrza, zawarto w tablicy 7-8.

W tablicy 7-9 podano wyniki badań własności fizyko-chemicznych ścieków celulozowych oczyszczanych biologicznie metodą osadu czynnego z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza.

W tablicy 7-10 zawarto efekty zmniejszenia podstawowych wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych w wyniku ich biologicznego oczyszczania metodą osadu czynnego w układzie

modelowym z zastosowaniem powietrza i z zastosowaniem tlenu. Zmniejszenie ChZT ścieków w układzie z użyciem powietrza wahało się w zakresie 16 - 63 %. Barwa ścieków ulegała niewielkiej redukcji, mianowicie od 0 do 31,3 %, BZT<sub>5</sub> ścieków ulegało w wyniku biologicznego oczyszczania zmniejszeniu od 29 % do 93,5 %. Zawartość związków ligninowych podobnie jak barwa ścieków celulozowych ulegała niewielkiemu zmniejszeniu 0 - 45,5 %. Efekty zmniejszenia analogicznych wskaźników zanieczyszczeń dla układu z zastosowaniem czystego tlenu były zbliżone do wartości uzyskiwanych w układzie powietrznym. ChZT ścieków uległo zmniejszeniu 6,5 - 70,5 %, utlenialność zmalała od 5,1 % do 62,6 %. Barwa ścieków uległa niewielkiej redukcji, mianowicie 0-37,5 %, BZT<sub>5</sub> ścieków podobnie jak w układzie powietrznym zmniejszało się od 29,6 % do 96,5 %. Zawartość związków ligninowych malała od 0 do 42,4 %. Jak wynika z danych zawartych w tabelicy 7-10 w ciągu pierwszych dwóch tygodni pracy instalacji modelowych efekty zmniejszenia wskaźników zanieczyszczeń ścieków w układzie tlenowym były niższe niż w układzie z zastosowaniem powietrza. Przyczyną tego był fakt, że w okresie tym wystąpiły trudności w eksploatacji tlenowego układu badawczego.

Na podstawie danych zawartych w tabelicy 7-1, 7-2, 7-3, 7-8 i 7-9 podjęto próbę obliczenia przyrostów osadów przypadających na gram usuniętego ładunku zanieczyszczeń wyrażonego w BZT<sub>5</sub> w modelowym układzie z zastosowaniem powietrza i z zastosowaniem czystego tlenu. Ze względu na dość krótki okres prowadzenia badań, a także ze względu na małą skalę urządzeń modelowych obliczenia miały charakter orientacyjny. Przy obliczaniu przyrostów osadów



w układzie powietrznym i w układzie tlenowym wyodrębniono trzy orientacyjne okresy związane z różnymi obciążeniami hydraulicznymi komór osadu czynnego i z różnym obciążeniem osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń. Wyniki obliczeń zawarto w tablicy 7-11.

W układzie modelowym oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego z zastosowaniem powietrza średni przyrost osadu czynnego przy średnim obciążeniu dla całego okresu badawczego wynosił 1,20 g/g BZT<sub>5</sub> usuniętego. Średnia wartość obciążenia wynosiła 0,48 g BZT<sub>5</sub>/g smo. Natomiast dla komory osadu czynnego zasilanej czystym tlenem średni przyrost osadu był o około 40 % mniejszy i wynosił 0,73 g/g BZT<sub>5</sub> usuniętego przy wartości średniej obciążenia osadu 0,54 g BZT<sub>5</sub>/g smo.

W tablicach 7-12, 7-13, 7-14 podano wyniki odwadniania nadmiernego osadu czynnego z układu "powietrznego" i "tlenowego" na drodze filtracji próżniowej i odwirowania. Próby osadu do badań pobrano w dniach 5.II., 12.II. i 19.II.76 r.

W tablicy 7-15 podano wyniki badań procesu zagęszczania nadmiernego osadu czynnego z modelowego układu z zastosowaniem powietrza i układu z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza. Badano zagęszczenie prób osadów pobranych z 12.II. i 19.II.76 r. w 0,5 litrowych i 1,0 litrowych cylindrach, odczytując poziom objętości osadów po różnych czasach zagęszczania. Osad pochodzący z układu powietrznego charakteryzował się złymi własnościami sedymentacyjnymi na skutek przeciążenia tego osadu ładunkiem zanieczyszczeń i tzw. "spęcznienia". Osad nadmierny pochodzący z układu tlenowego mimo, że układ pracował również przy znacznych obciążeniach /nawet większych/ charakteryzował się lepszymi własnościami sedymentacyjnymi.

Właściwości fizyczno - chemiczne surowych ścieków celulozowych /po mechanicznym oczyszczaniu/ którymi zasilano układ badawczy z poszczególnych dni drugiej serii badań zawarto w tablicy 4-16. Ścieki te charakteryzowały się znacznymi wartościami wskaźników zanieczyszczenia takich jak: ChZT, utlenialność, BZT<sub>5</sub>, barwa. Wartości ChZT ścieków surowych zmieniały się w zakresie od 740 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 1460 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, przy czym średnia wielkość wskaźnika wynosiła 1120 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>.

Wartości utlenialności ścieków wahały się w przedziale od 330 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 620 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, średnia wartość wynosiła około 452 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Barwa ścieków wahała się od 800 mg Pt/dm<sup>3</sup>, do 1750 mg Pt/dm<sup>3</sup>. Średnia wartość barwy ścieków wynosiła około 1080 mg Pt/dm<sup>3</sup>. BZT<sub>5</sub> ścieków wahało się w granicach od 100 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 450 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Średnia wartość BZT<sub>5</sub> wynosiła 254 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Badane ścieki charakteryzowały się odczynem ulegającym zmianom od 6,5 pH do 8,5 pH, średnia wartość odczynu ścieków wynosiła 7,5 pH. Średnia zawartość zawiesin była dość znaczna i wynosiła 110 mg/dm<sup>3</sup> przy wahaniami wskaźnika w zakresie 5 - 262 mg/dm<sup>3</sup>. Średnia zawartość związków ligninowych wynosiła 82 mg/dm<sup>3</sup> przy wahaniami wartości wskaźnika 33 - 121 mg/dm<sup>3</sup>. Zawartość związków amonowych wahała się od 6,6 do 12 mg N<sub>NH<sub>4</sub></sub>/dm<sup>3</sup>, średnia zawartość związków amonowych wynosiła 9,1 mg N<sub>NH<sub>4</sub></sub>/dm<sup>3</sup>. Zawartość azotynów w badanych ściekach była niewielka i wynosiła średnio 0,11 mg N<sub>NO<sub>2</sub></sub>/dm<sup>3</sup>. Temperatura badanych ścieków była dość wysoka i wynosiła najczęściej około 24 °C.

Parametry technologiczne modelowej komory osadu czynnego z zastosowaniem powietrza w drugiej serii badań zawarte są w ta-



blicy 7-17. W okresie pierwszych dwóch tygodni badań utrzymywano przepływ  $3,6 \text{ dm}^3/\text{h}$ . Średnia wartość stężenia osadu czynnego wynosiła  $4000 \text{ mg}/\text{dm}^3$ . Indeks osadu czynnego osiągał średnią wartość  $223 \text{ cm}^3/\text{g}$ . Stężenie tlenu rozpuszczonego osiągało średnią wartość około  $2,3 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ .

W okresie następnych dwóch tygodni /od 29.V. do 13.VI.76 / układ modelowy pracował przy obciążeniu hydraulicznym  $q = 7,2 \text{ dm}^3/\text{h}$ .

Średnia wartość stężenia osadu czynnego wynosiła  $3600 \text{ mg}/\text{dm}^3$ . Indeks osadu czynnego w komorze napowietrzania osiągał średnią wartość  $251 \text{ cm}^3/\text{g}$ . Średnia wartość stężenia rozpuszczonego tlenu wynosiła  $1,4 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ .

W okresie 1 tygodnia od 14.VI. do 21.VI.1976 r. układ modelowy oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego z użyciem powietrza pracował przy obciążeniu hydraulicznym  $q = 10,8 \text{ dm}^3/\text{h}$ .

Średnia wartość stężenia osadu czynnego w komorze napowietrzania wynosiła  $2700 \text{ mg}/\text{dm}^3$ . Indeks osadu ulegał systematycznemu wzrostowi od wartości  $259 \text{ cm}^3/\text{g}$  do  $426 \text{ cm}^3/\text{g}$ . Średnia wartość indeksu osadu wynosiła  $338 \text{ cm}^3/\text{g}$ . Stężenie tlenu rozpuszczonego w ściekach znajdujących się w komorze napowietrzania wyniosło średnio  $1,5 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ .

Ze względu na zjawisko tzw. "spęcznienia" osadu czynnego wywołane przeciążeniem osadu ładunkiem zanieczyszczeń w okresie ostatnich dwóch tygodni badań zmniejszono przepływ przez komorę osadu czynnego do wartości  $7,2 \text{ dm}^3/\text{h}$ . Stężenie osadu czynnego w komorze w okresie od 21.VI. do 1.VII.1976 r. powoli wzrastało od  $1950 \text{ mg}/\text{dm}^3$  do  $2920 \text{ mg}/\text{dm}^3$ . Indeks osadu czynnego utrzymywał się na bardzo wysokim poziomie osiągając wartość średnią  $468 \text{ cm}^3/\text{g}$ .

Średnie stężenie tlenu w ściekach znajdujących się w komorze było niskie i wynosiło  $0,5 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ .

W tablicy 4-18 zawarto parametry technologiczne pracy modelowej komory osadu czynnego natlenianej czystym tlenem zamiast powietrza. Dla pierwszych dwóch tygodni badano proces oczyszczania ścieków celulozowych przy wartości przepływu ścieków  $q=3,6 \text{ dm}^3/\text{h}$ . Stężenie osadu czynnego w komorze natleniania średnio wynosiło  $4550 \text{ mg}/\text{dm}^3$ . Indeks osadu czynnego średnio wynosił  $176 \text{ cm}^3/\text{g}$ . Stężenie tlenu rozpuszczonego w ściekach wynosiło średnio  $8,4 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ . Stężenie osadu recyrkulowanego było niezbyt wysokie osiągając średnie wartości około  $8000 \text{ mg}/\text{dm}^3$ . W ciągu następnych dwóch tygodni badań zwiększono przepływ ścieków przez modelowy układ do wartości  $q = 7,2 \text{ dm}^3/\text{h}$ . Stężenie osadu czynnego w komorze natleniania czystym tlenem osiągało średnią wartość około  $4500 \text{ mg}/\text{dm}^3$ . Średnia wartość stężenia rozpuszczonego tlenu w ściekach znajdujących się w komorze natleniania wynosiła  $8,2 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ . Indeks osadu czynnego w omawianym okresie osiągał średnią wartość  $184 \text{ cm}^3/\text{g}$ . W okresie tygodnia od 14.VI.76 do 21.VI. stosowano przepływ ścieków przez badany układ modelowy z zastosowaniem czystego tlenu równy  $10,8 \text{ dm}^3/\text{h}$ . Średnie stężenie osadu w komorze natleniania wynosiło  $4700 \text{ mg}/\text{dm}^3$ . Średni indeks osadu wynosił w tym okresie  $167 \text{ cm}^3/\text{g}$  /wahania od 127 do  $207 \text{ cm}^3/\text{g}$ /. Stężenie tlenu rozpuszczonego w ściekach oczyszczanych wynosiło średnio  $6,6 \text{ mg}/\text{dm}^3 \text{ O}_2$ . W okresie od 22.VI. do końca badań /dwa tygodnie/ stosowano przepływ  $18 \text{ dm}^3/\text{h}$  ścieków przez układ modelowy. Średnie stężenie osadu czynnego w komorze wynosiło  $4700 \text{ mg}/\text{dm}^3$ . Indeks osadu



czynnego wynosił średnio  $169 \text{ cm}^3/\text{g}$  /wahania od  $140 \text{ cm}^3/\text{g}$  do  $182 \text{ cm}^3/\text{g}$  /.

W trakcie prowadzenia badań mierzono ilości dostarczanego tlenu do komory osadu czynnego. Dla wszystkich wartości przepływów ścieków ilość doprowadzanego tlenu była wielokrotnie większa niż wynikałoby to z jego teoretycznego zapotrzebowania. Stopień wykorzystania tlenu był niewielki w porównaniu z wielkościami podanymi w literaturze ze względu na stosowanie jednostopniowego układu badawczego. Ponadto ilości tlenu dostarczanego do komory osadu czynnego w okresie badań wstępnych były znacznie mniejsze w porównaniu z wielkościami zużywanymi w drugiej serii badań. Przyczyną znacznego zużycia tlenu w okresie badań z miesięcy maja i czerwca była wysoka temperatura ścieków /do  $26^\circ\text{C}$ /

W tablicy 7-19 zawarto porównanie wyników analizy biologicznej osadu czynnego z układu powietrznego i z układu tlenowego. Osad czynny w układzie powietrznym charakteryzował się brunatną barwą i słabą opadalnością. Ilość kłaczków osadu w  $1 \text{ cm}^3$  zmieniała się od 940 tysięcy do 1200 tysięcy. Wymiary kłaczków w trakcie prowadzenia badań nie ulegały istotnym zmianom. Jeśli chodzi o udział poszczególnych grup mikroorganizmów występujących w osadzie czynnym to dominowały Bacteriophyta reprezentowane głównie przez bakterię nitkowatą *Sphaerotillus* sp. Wzrastająca ilość organizmów tej bakterii była przyczyną pogorszenia się własności sedymentacyjnych osadu czynnego. W porównaniu ze stanem początkowym ilość bakterii nitkowatych wzrosła prawie ośmiokrotnie. Grupa mikroorganizmów Protozoa reprezentowana była głównie przez Mastigophora, Ciliata,

Aspidisca, Epistylis, Litonotus i Podophyra. Osad czynny w układzie z zastosowaniem czystego tlenu charakteryzował się znacznie większą zawartością kłaczków w  $1 \text{ cm}^3$  w porównaniu z układem powietrznym. Ilość kłaczków wahała się od 1390 tys. do 1580 tys., była więc bardzo duża. Wymiary kłaczków osadu w układzie tlenowym były prawie dwukrotnie większe od kłaczków z układu powietrznego. Ilość bakterii nitkowatych w układzie tlenowym była natomiast znacznie niższa /dwukrotnie/ w porównaniu z układem powietrznym. Pierwotniaki w kłaczkach osadu czynnego z układu tlenowego były reprezentowane przez Mastigophora, Ciliata, Aspidisca, Epistylis, Litonotus, Podophyra, Oprecularia, Paramecium, Vorticella. Wystąpiły także w znacznych ilościach Rotatoria. Ilość występujących pierwotniaków była znacznie większa w porównaniu ze składem osadu czynnego z układu powietrznego. Osad czynny z układu tlenowego odznaczał się więc znacznie korzystniejszym składem, był bardziej urozmaicony niż osad pochodzący z układu powietrznego.

Własności fizyczno - chemiczne ścieków celulozowych oczyszczonych biologicznie metodą osadu czynnego w modelowym układzie z zastosowaniem powietrza zawarto w tabelicy 7-20. W wyniku biologicznego oczyszczania wskaźniki zanieczyszczenia ścieków celulozowych uległy znacznemu obniżeniu. Odczyn ścieków wahał się w granicach od 6,8 pH do 8,7 pH. ChZT ścieków celulozowych przyjmowało wartości w zakresie od  $380 \text{ mg/dm}^3 \text{ O}_2$  do  $810 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ . Utlonialność ścieków celulozowych po oczyszczeniu wynosiła od  $195 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$  do  $370 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ . Barwa ścieków wahała się w przedziale  $600 \div 1500 \text{ mg Pt/dm}^3$ .



BZT<sub>5</sub> wynosiło od 12 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 140 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Zawartość zawieszin w ściekach odpływających z osadnika wtórnego wahała się w szerokim zakresie od 2,4 mg/dm<sup>3</sup> do 82,5 mg/dm<sup>3</sup>.

Zawartość związków ligninowych w oczyszczonych ściekach wynosiła 25 - 75,5 mg/dm<sup>3</sup>.

W tabelicy 7-21 zawarto zestawienie własności fizyczno-chemicznych ścieków celulozowych po oczyszczeniu w modelowym układzie z zastosowaniem czystego tlenu. Odczyn oczyszczonych ścieków wahał się w przedziale 6,0 - 8,3 pH. ChZT ścieków zmieniało się w zakresie od 380 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 850 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Utleńalność ścieków przybierała wartości od 170 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 355 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Barwa zmieniała się w granicach 600 - 1500 mg Pt/dm<sup>3</sup>. BZT<sub>5</sub> wynosiło od 9 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 148 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Zawartość zawieszin w ściekach odpływających z osadnika wtórnego wynosiła od 4,4 mg/dm<sup>3</sup> do 148 mg/dm<sup>3</sup>. Zawartość związków ligninowych w oczyszczonych ściekach zmieniała się w zakresie od 21,5 mg/dm<sup>3</sup> do 75,6 mg/dm<sup>3</sup>.

W tabelicy 7-22 zawarto porównanie przebiegu procesu nitrifikacji w powietrznym i tlenowym modelowym układzie oczyszczania ścieków celulozowych. Z przedstawionego porównania wynika, że przebieg procesu nitrifikacji w układzie z zastosowaniem powietrza i w układzie z zastosowaniem czystego tlenu ma w zasadzie podobny charakter i uzyskano niewiele różniące się między sobą wyniki.

W tabelicy 7-23 zawarto efekty zmniejszenia podstawowych wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych w wyniku biologicznego oczyszczenia metodą osadu czynnego w układzie powietrz-

nym i w układzie z zastosowaniem czystego tlenu. Zmniejszenie ChZT ścieków w układzie powietrznym wahało się od 23,6 % do 65 %, a zmniejszenie utlenialności ścieków wahało się w zakresie od 13,5 % do 60 %.

Barwa ścieków celulozowych po oczyszczeniu w komorze z zastosowaniem powietrza uległa zmniejszeniu od 0 do 37 %, natomiast BZT<sub>5</sub> obniżyło się od 42,8 % do 94,5 %.

Zawartość związków ligninowych obniżała się od 17 % do 66 %.

Modelowy układ oczyszczania ścieków z zastosowaniem powietrza pracował przy obciążeniach osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń wahaających się w przedziale wartości 0,074 - 0,97 g BZT<sub>5</sub>/g os.dn.

Efekty zmniejszenia ChZT ścieków po oczyszczeniu w układzie z zastosowaniem czystego tlenu wynosiły od 13,3 % do 63,8 %. Utlenialność obniżała się od 17,5 % do 51 %. Barwa ścieków w wyniku biologicznego oczyszczania w układzie tlenowym ulegała obniżeniu o 0 - 45,5 %. Zmniejszenie BZT<sub>5</sub> ścieków wahało się w granicach od 41 % do 95,9 %. Zawartość związków ligninowych uległa obniżeniu od 17 % do 62,5 %. Układ modelowy oczyszczania ścieków celulozowych z zastosowaniem czystego tlenu pracował przy obciążeniu osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń zmieniających się w szerokim zakresie 0,083 - 1,03 g BZT<sub>5</sub>/g.smo.dn.

W tablicy 7-24 zawarto ilości osadu nadmiernego usuwanego w trakcie prowadzenia badań z układu powietrznego i z układu gdzie stosowano czysty tlen zamiast powietrza. Ilości osadu nadmiernego usuwanego jednorazowo z układu powietrznego wahały się od 1 do 40 dm<sup>3</sup>. Stężenie usuwanego osadu wahało się od 2,9 g/dm<sup>3</sup>



do  $12,5 \text{ g/dm}^3$ . Ilości osadu nadmiernego usuwanego jednorazowo z układu tlenowego wahały się od  $1,0$  do  $6,0 \text{ dm}^3$ .

Stężenia usuwanego z układu tlenowego osadu nadmiernego były znacznie większe w porównaniu ze stężeniem osadu z układu powietrznego i wynosiły od  $5,5$  do  $17,8 \text{ g/dm}^3$ .

Na podstawie danych zawartych w tablicach 7-16, 7-17, 7-18, 7-20, 7-21, 7-24 obliczono orientacyjne wielkości przyrostów osadów przypadających na gram usuniętego ładunku zanieczyszczeń wyrażonego w  $\text{BZT}_5$  dla układu z zastosowaniem powietrza i dla układu modelowego z zastosowaniem czystego tlenu. Przy obliczaniu przyrostu osadu w układzie powietrznym i w układzie tlenowym wyodrębniono cztery okresy związane ze stosowanymi różnymi obciążeniami hydraulicznymi. Wyniki obliczeń zawarto w tablicy 7-25. Z danych zawartych w tablicy 7-25 wynika, że średnie przyrosty osadu w poszczególnych podokresach i w całym okresie badawczym były o około  $35 \%$  mniejsze w układzie tlenowym niż w układzie powietrznym.

W tablicach 7-26, 7-27, 7-28, 7-29 podano wyniki odwadniania nadmiernego osadu czynnego z układu "powietrznego" i "tlenowego" na drodze filtracji próżniowej i odwirowania. Próby osadu do badań pobrano czterokrotnie w ciągu okresu badawczego w dniach 27.V., 2.VI., 15.VI. i 28.VI.1976 r. Uwodnienie początkowe osadu z układu tlenowego z dnia 27.V. wynosiło  $99,29 \%$ . W wyniku procesu filtracji próżniowej uzyskano zmniejszenie uwodnienia do  $87,2 \%$ . Opór filtracji tego osadu był wysoki i wynosił  $910,10^{11} \text{ m/kg}$ . Odwirowanie osadu dawało zmniejszenie uwodnienia do  $93,9 \%$ . Pobrany równolegle osad z układu powietrznego posiadał uwodnienie początkowe  $99 \%$ .

Uwodnienie osadu powietrznego po filtracji próżniowej wynosiło 95,2 %, a po odwirowaniu 95,5 %. Opór filtracji osadu wynosił  $1200 \cdot 10^{11}$  m/kg, a czas ssania kapilarnego był prawie trzykrotnie większy niż dla osadu z układu tlenowego. W tablicy 7-27 podano wyniki badań własności i odwadnialności nadmiernego osadu czynnego pobranego z układu powietrznego i tlenowego w dniu 2.VI.1976 r. Osad z układu powietrznego miał podobne uwodnienie jak osad z układu tlenowego. Uzyskano także zbliżone efekty w wyniku filtracji próżniowej i odwirowania tego osadu. W tablicy 7-28 zawarto wyniki badań własności i odwadnialności nadmiernego osadu czynnego z układu powietrznego i tlenowego pobranych w dniu 15.VI.1976 r. Uwodnienie początkowe osadu z układu tlenowego wynosiło 98,65 %. W wyniku filtracji próżniowej uwodnienie zmniejszało się do 86,6 % a po odwirowaniu do 91,1 %. Opór filtracji próbki osadu z układu tlenowego wynosił  $190 \cdot 10^{11}$  m/kg. Osad z układu powietrznego posiadał także wysokie stężenie. Uzyskiwano gorsze efekty jeśli chodzi o zmniejszenie uwodnienia zwłaszcza na drodze odwirowania w porównaniu z osadami tlenowymi. Opór filtracji osadu z układu powietrznego był wyższy i wynosił  $225 \cdot 10^{11}$  m/kg. W tablicy 7-29 zawarto wyniki badań własności i odwadnialności nadmiernego osadu czynnego z układu powietrznego i tlenowego pobranych w dniu 28.VI.76 r. Uwodnienie początkowe osadu z układu tlenowego wynosiło 98,85 %. Osad z układu powietrznego posiadał znacznie większe uwodnienie wyjściowe. Gorsze były wyniki odwadniania zarówno na drodze filtracji próżniowej i odwirowania. Opór filtracji osadu z układu powietrznego był prawie dwukrotnie większy niż opór filtracji osadu z układu tlenowego.



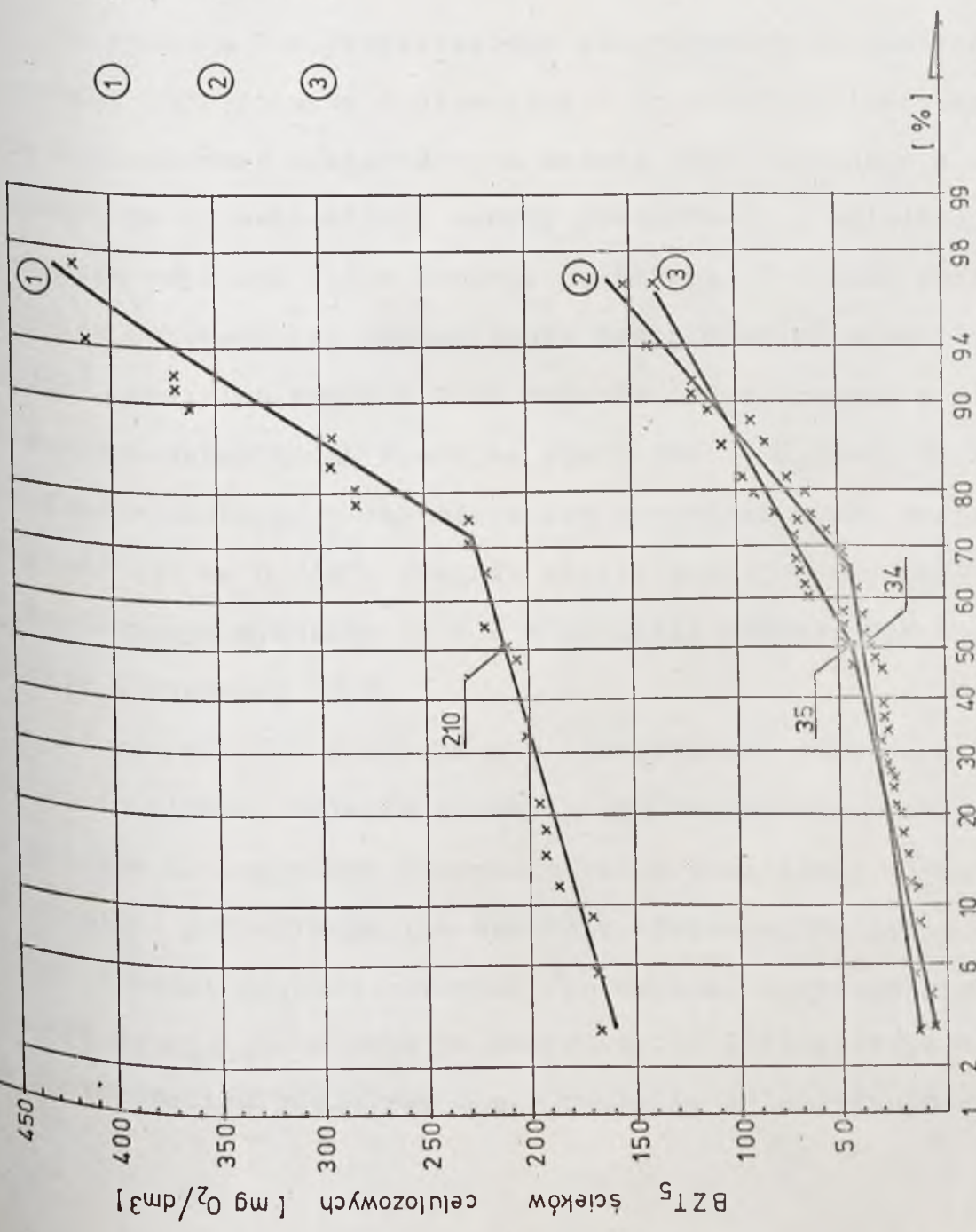
W tablicy 7-30 podano wyniki badań procesu zagęszczania <sup>osadu</sup> nadmier-  
 niernego z modelowego układu gdzie stosowano powietrze i układu  
 z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza. Badano zagęsz-  
 czanie dwóch prób osadów w cylindrach o pojemności  $V = 250 \text{ cm}^3$   
 i  $V = 500 \text{ cm}^3$ . Początkowe uwodnienie prób osadu z układu tleno-  
 wego wynosiło 99,29 % i 98,95 %, a początkowe uwodnienie prób  
 osadów z układu powietrznego wynosiło 99,0 % i 99,45 %. Nato-  
 miast po 24 godzinnym okresie zagęszczania uwodnienie końcowe  
 prób osadu z układu powietrznego wynosiło 98,82 % i 99,28 %, a  
 uwodnienie końcowe prób z układu tlenowego wynosiło 99,0%  
 i 97,5 %.

Z analizy wyników badań widać, że proces zagęszczania osadu  
 z układu tlenowego przebiegał lepiej niż proces zagęszczania  
 prób osadu z układu powietrznego. Wyraźnie lepsze wyniki uzyska-  
 no zwłaszcza dla prób osadu zagęszczonych w cylindrach o objętoś-  
 ci  $V = 500 \text{ cm}^3$ .

#### 7.6. Interpretacja wyników badań

W celu porównania efektów oczyszczania ścieków w układzie  
 powietrznym i w układzie tlenowym dostępne wyniki badań wstępnych  
 poddano obróbce statystycznej. Na rysunku 7-3 przedstawiono sta-  
 tystyczne zestawienie wartości  $BZT_5$  dopływających do układu badaw-  
 czego ścieków celulozowych i ścieków biologicznie oczyszczonych  
 metodą osadu czynnego w dwóch badanych układach modelowych.  
 Występujące wartości  $BZT_5$  ścieków dopływających wykazywały bardzo  
 znaczne wahania, medialna wartość  $BZT_5$  ścieków surowych wynosiła  
 około  $210 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ . Zakres zmienności oczyszczonych ścieków

- ① ścieki surowe celulozowe ( po mech. oczyszcz.)
- ② ścieki oczyszczone w układzie powietrznym.
- ③ ścieki oczyszczone w układzie tlenowym



częstość występowania

RYS. 7-3 . STATYSTYCZNE ZESTAWIENIE WARTOŚCI BZT<sub>5</sub> ŚCIEKÓW SUROWYCH I ŚCIEKÓW BIOLOGICZNIE OCZYSZCZONYCH METODĄ OSADU CZYNNEGO W UKŁADZIE STOSUJĄCYM DO NATLENIA KOMORY POWIETRZE I W UKŁADZIE Z ZASTOSOWANIEM TLENU ZAMIAST POWIETRZA .



w układzie powietrznym i w układzie tlenowym był mniejszy, medialna wartość  $BZT_5$  ścieków oczyszczonych w układzie powietrznym wynosiła około  $35 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ . Medialna wartość  $BZT_5$  ścieków oczyszczonych w układzie stosującym czysty tlen zamiast powietrza wynosiła około  $34 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ . Rozrzut wartości  $BZT_5$  ścieków oczyszczonych w układzie tlenowym był jednak mniejszy niż w układzie powietrznym, co świadczy o większej odporności układu tlenowego na przeciążenia.

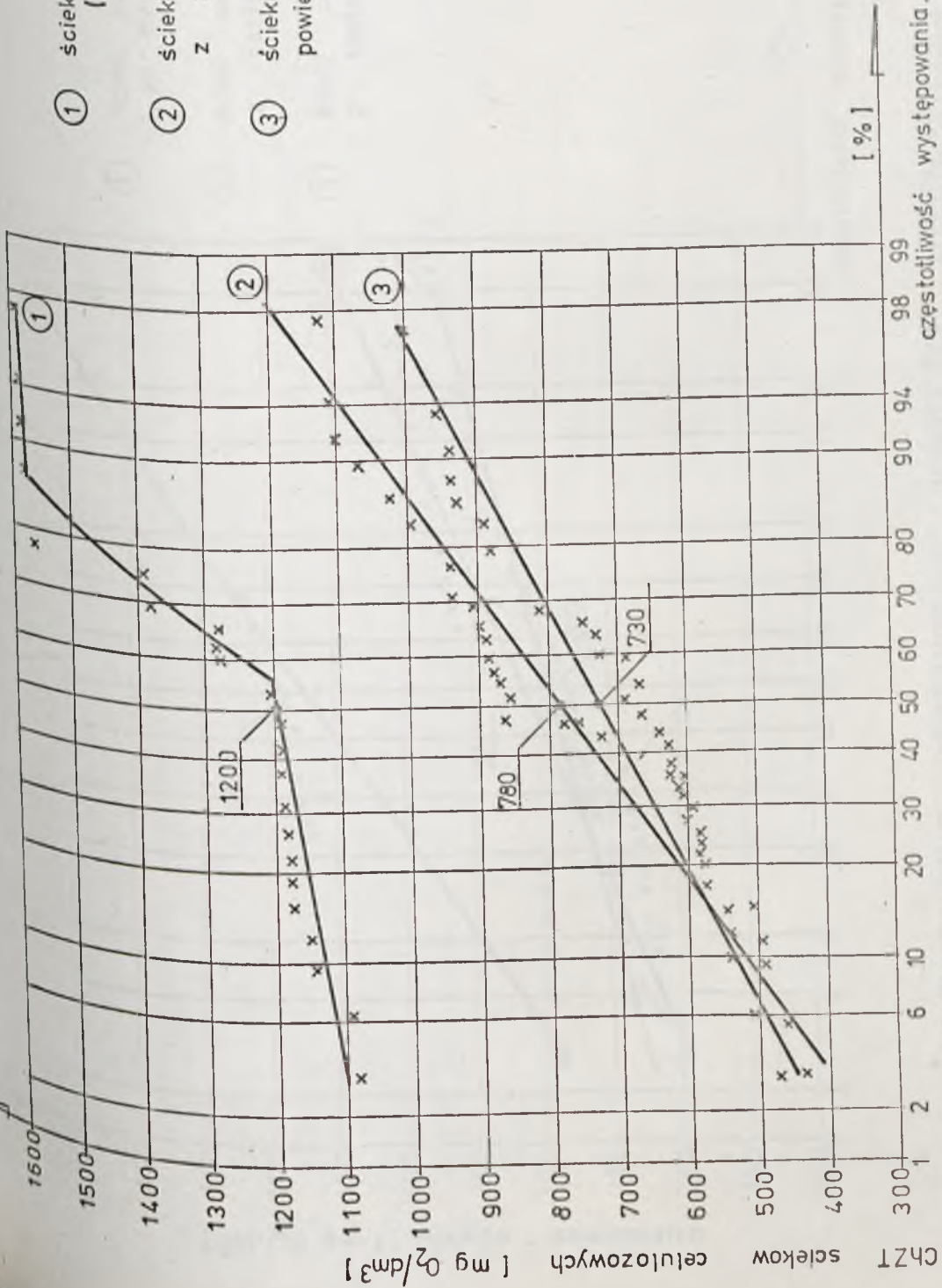
Na rysunku 7-4 przedstawiono statystyczne zestawienie wartości ChZT ścieków dopływających do układu badawczego i ścieków biologicznie oczyszczonych metodą osadu czynnego w układzie stosującym do natleniania komory powietrze i w układzie z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza. Medialna wartość ChZT ścieków surowych /po mechanicznym oczyszczaniu/ wynosiła  $1200 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ . Medialna wartość ChZT ścieków oczyszczonych w układzie z zastosowaniem tlenu wynosiła około  $780 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ . Ścieki oczyszczone w układzie z zastosowaniem powietrza miały medialną wartość  $730 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ . Średnie efekty zmniejszenia ChZT w układzie tlenowym wynosiły 35 %, a w układzie powietrznym były nieco lepsze i wynosiły 39 %.

Na rysunku 7-5 znajduje się statystyczne zestawienie wartości utlenialności ścieków surowych /po mechanicznym oczyszczaniu/ i ścieków biologicznie oczyszczonych metodą osadu czynnego w układzie powietrznym i w układzie tlenowym. Medialna wartość utlenialności ścieków surowych /po mechan. oczyszczaniu/ wynosiła  $475 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ . Ścieki po oczyszczeniu biologicznym w układzie z zastosowaniem powietrza miały medialną utlenialność  $300 \text{ mg}$

① ścieki surowe / celulozowe /  
(po mech. oczyszcz.)

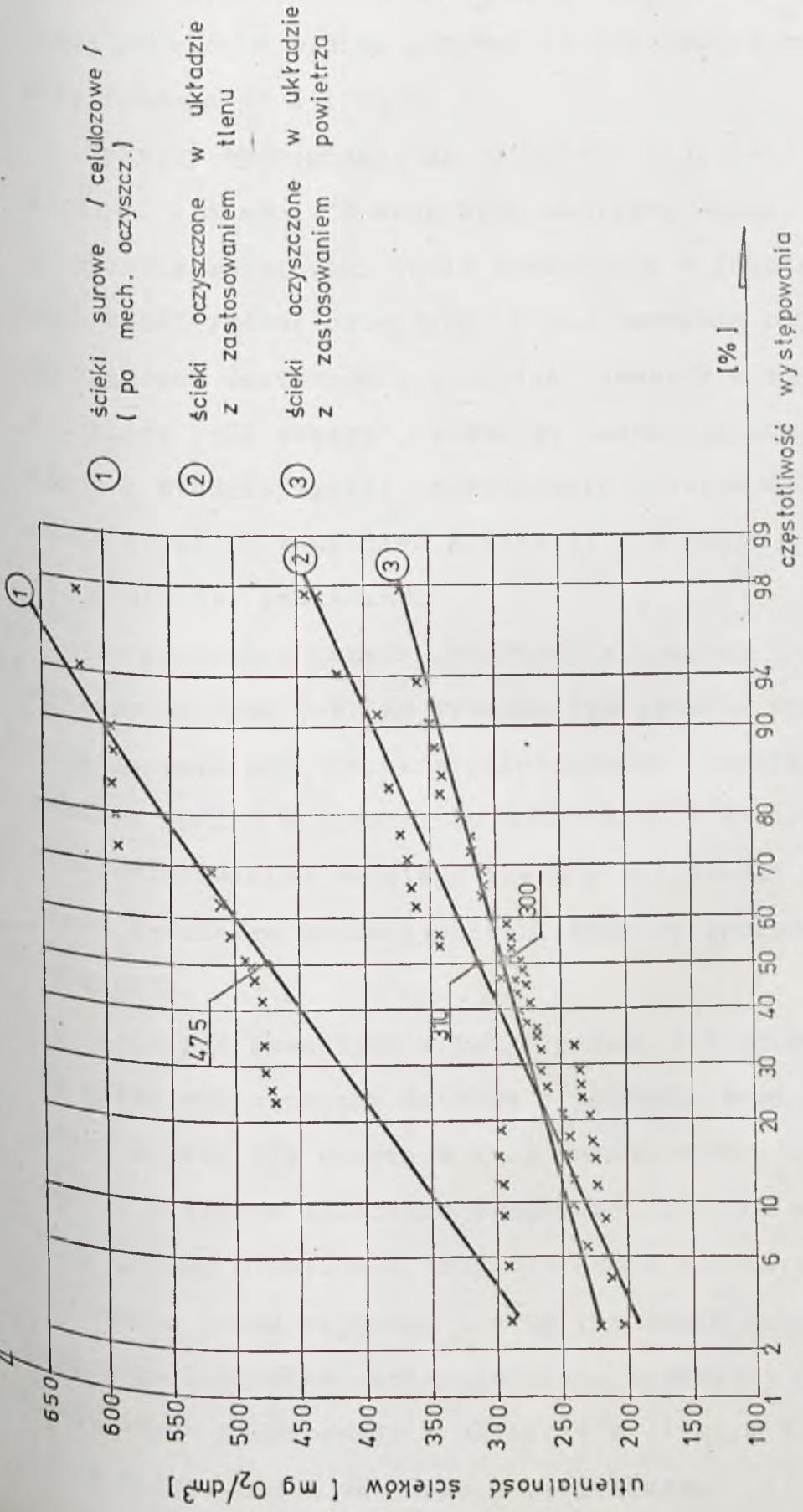
② ścieki oczyszczone w układzie  
z zastosowaniem tlenu,

③ ścieki oczyszczone w układzie  
powietrznym.



RYS. 7-4 . STATYSTYCZNE ZESTAWIENIE WARTOŚCI ChZT ŚCIEKÓW SUROWYCH I ŚCIEKÓW BIOLOGICZNIE OCZYSZCZONYCH METODĄ OSADU CZYNNEGO W UKŁADZIE STOSUJĄCYM DO NATLENIANIA KOMORY POWIETRZE I W UKŁADZIE Z ZASTOSOWANIEM CZYSTEGO TLENU ZAMIAST POWIETRZA.





RYS. 7-5 . STATYSTYCZNE ZESTAWIENIE WARTOŚCI UTLENIALNOŚCI ŚCIEKÓW SUROWYCH I ŚCIEKÓW BIOLOGICZNIE OCZYSZCZONYCH METODĄ OSADU CZYNNEGO W UKŁADZIE STOSUJĄCYM DO NATLENIA KOMPORY POWIETRZE I W UKŁADZIE Z ZASTOSOWANIEM CZYSTEGO TLENU ZAMIAST POWIETRZA .

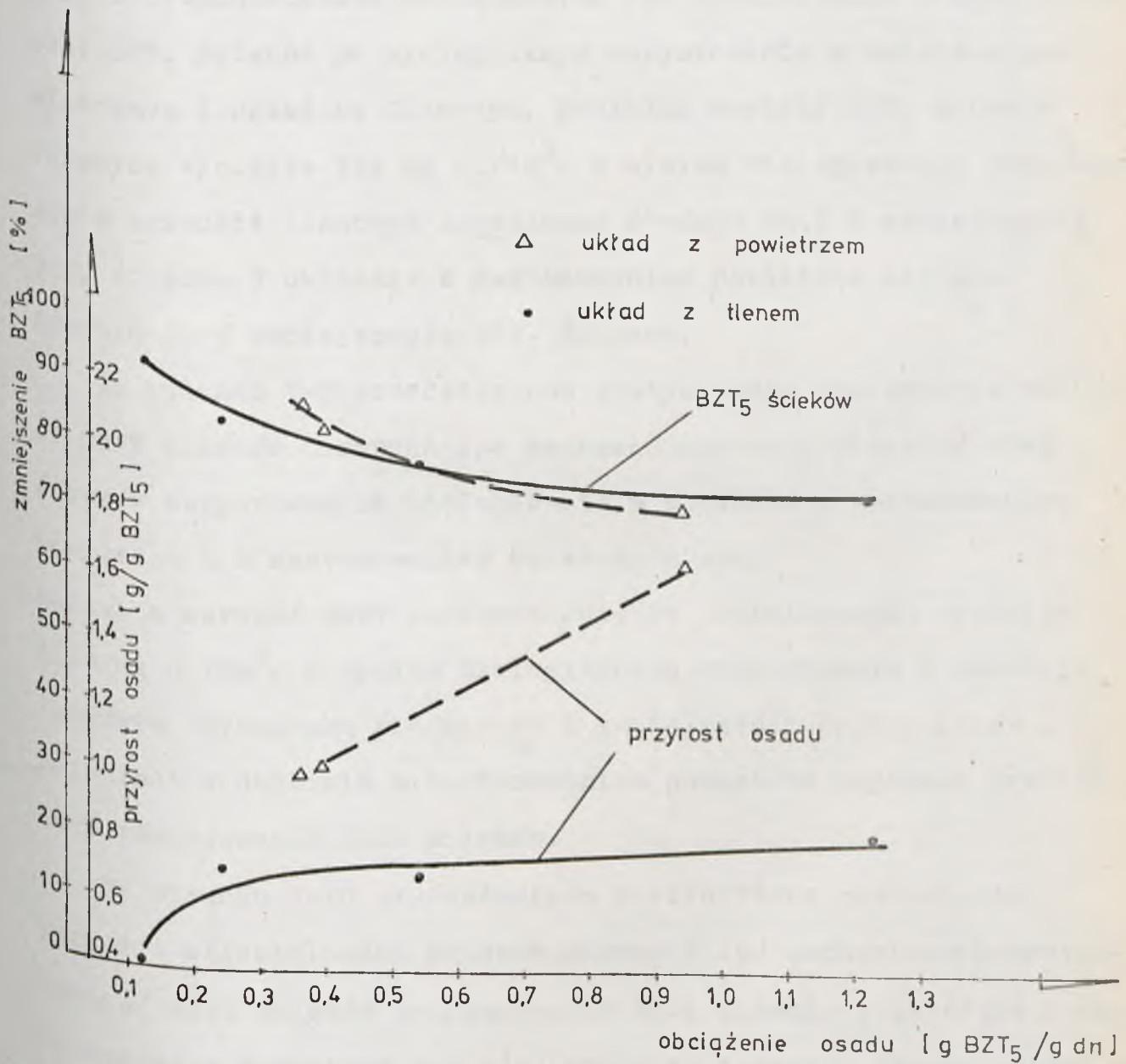
$O_2/dm^3$  natomiast medialna wartość utlenialności ścieków z układu tlenowego wynosiła  $310 mg O_2/dm^3$ . Efekty zmniejszenia utlenialności ścieków w wyniku procesu biologicznego oczyszczania wynosiły średnio 37 % i 35 %.

Wykresy sporządzone na rysunkach 7-3, 7-4, 7-5 zostały wykonane w oparciu o wszystkie dostępne wyniki badań. W celu uchwycenia zależności jakie zachodziły w poszczególnych okresach badań /różne przepływy/ i podsumowania uzyskanych wyników sporządzono zestawienie zbiorcze zawarte w tabelicy 7-31. W tabelicy 7-31 zawarto parametry technologiczne układów badawczych i średnie wyniki oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego z użyciem powietrza i z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza.

Na podstawie danych zawartych w tabelicy 7-31 sporządzono wykresy na rys. 7-6. Na rysunku tym zawarto porównanie efektów zmniejszenia  $BZT_5$  ścieków celulozowych i wielkości przyrostów osadu w wyniku oczyszczania w układach z zastosowaniem powietrza i z zastosowaniem czystego tlenu w zależności od obciążenia osadu ładunkiem zanieczyszczeń. Wykresy sporządzono dla badań wstępnych.

Z danych zawartych w tabelicy 7-31 i z rysunku 7-6 wynika, że efekt oczyszczania ścieków w zakresie zmniejszenia  $BZT_5$  był nieco lepszy dla układu z zastosowaniem czystego tlenu niż dla układu w którym stosowano powietrze. Różnice w tym zakresie były jednak niewielkie przy tym samym czasie natleniania ścieków w komorze osadu czynnego i przy tym samym obciążeniu osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń. Natomiast ilości przyrastającego osadu nadmiernego w układzie z czystym tlenem były o około 40 % niższe niż w układzie z powietrzem.





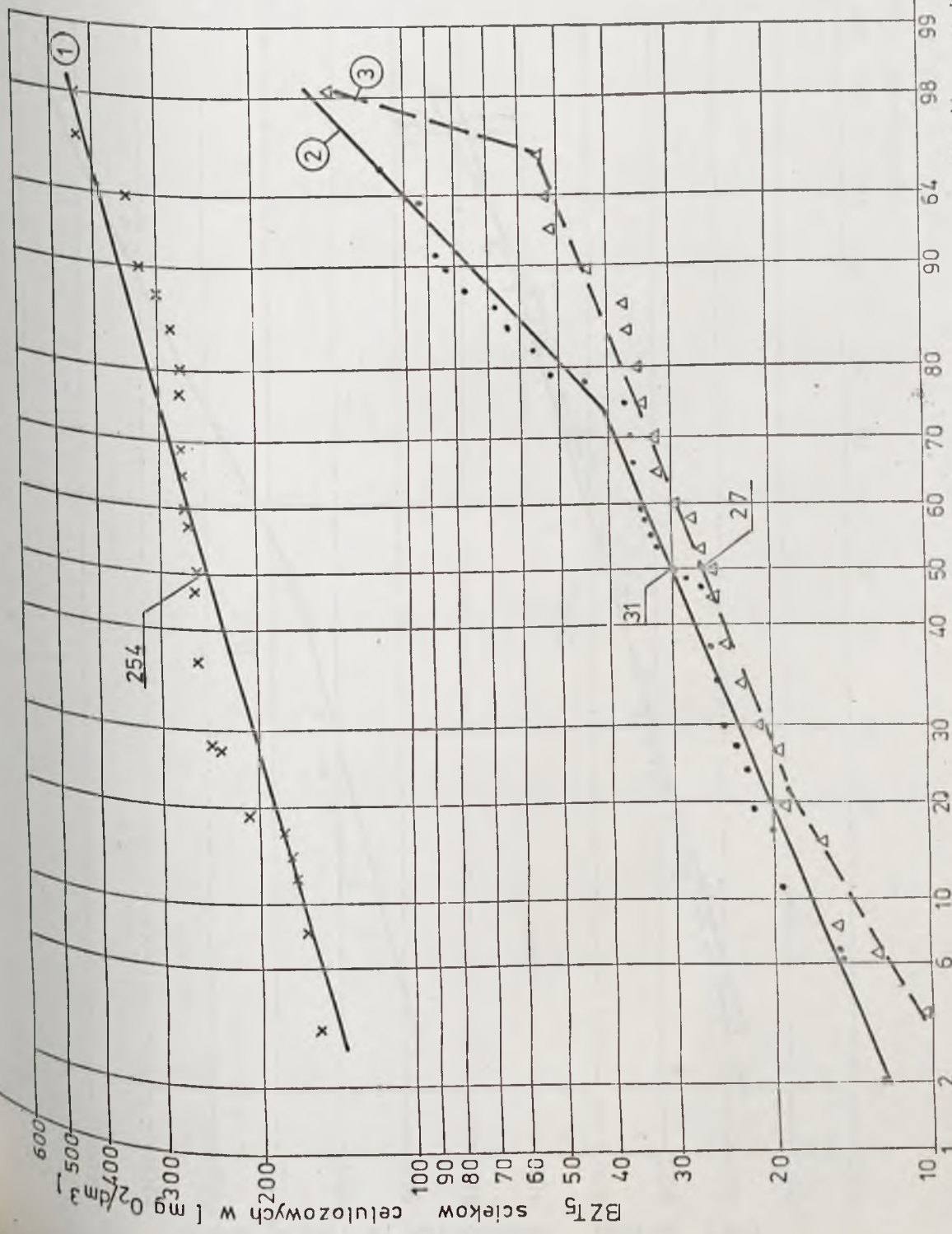
RYS. 7-6. PORÓWNANIE EFEKTÓW ZMNIEJSZENIA BZT<sub>5</sub> ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH I PRZYROSTU OSADU W WYNIKU ICH OCZYSZCZANIA W UKŁADACH Z ZASTOSOWANIEM POWIETRZA I ZASTOSOWANIEM CZYSTEGO TLENU ZAMIAST POWIETRZA W ZALEŻNOŚCI OD OBCIĄŻENIA OSADU ŁADUNKIEM ZANIECZYSZCZEN.

W celu porównania efektów oczyszczania ścieków celulozowych w układzie powietrznym i w układzie tlenowym dostępne wyniki z drugiej serii badań poddano także obróbce statystycznej. Na rysunku 7-8 przedstawiono statystyczne zestawienie wartości  $BZT_5$  surowych ścieków celulozowych /po mechanicznym oczyszczeniu/ oraz  $BZT_5$  ścieków po biologicznym oczyszczeniu w układzie powietrznym i układzie tlenowym. Medialna wartość  $BZT_5$  ścieków surowych wynosiła  $254 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ . W wyniku biologicznego oczyszczania w układzie tlenowym uzyskiwano średnio 89,5 % zmniejszenia  $BZT_5$  ścieków. W układzie z zastosowaniem powietrza uzyskano średnio 88 % zmniejszenia  $BZT_5$  ścieków.

Na rysunku 7-9 przedstawiono statystyczne zestawienie wartości  $ChZT$  ścieków surowych /po mechanicznym oczyszczeniu/ oraz ścieków oczyszczonych biologicznie w układzie z zastosowaniem powietrza i z zastosowaniem czystego tlenu. Medialna wartość  $ChZT$  surowych ścieków celulozowych wynosiła  $1120 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ . W wyniku biologicznego oczyszczania w układzie tlenowym uzyskiwano średnio 50 % zmniejszenia  $ChZT$  ścieków. Natomiast w układzie z zastosowaniem powietrza uzyskano średnio 48 % zmniejszenia  $ChZT$  ścieków.

Na rysunku 7-10 przedstawiono statystyczne zestawienie wartości utlenialności ścieków surowych /po mechanicznym oczyszczeniu/ oraz ścieków oczyszczonych biologicznie w układzie z zastosowaniem powietrza i z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza. Medialna wartość utlenialności ścieków surowych wynosiła  $452 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ . W wyniku biologicznego oczyszczania w komorze osadu czynnego z zastosowaniem powietrza uzyskiwano średnio





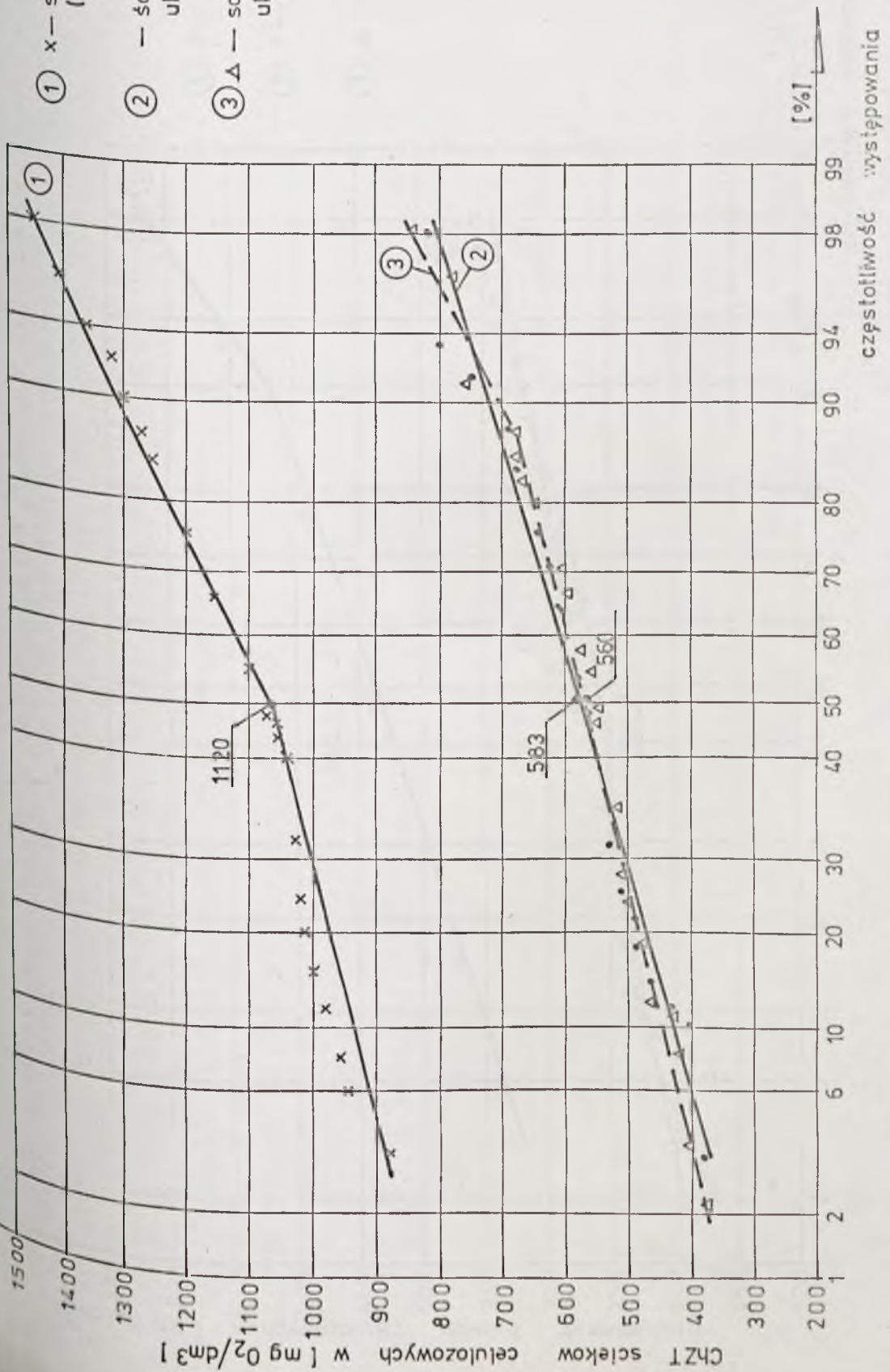
- ① x ścieki celulozowe surowe ( po mech oczyszcz )
- ② • ścieki po oczyszczeniu w układzie powietrznym
- ③ Δ ścieki po oczyszczeniu w układzie tlenowym

częstość występowania

STATYSTYCZNE ZESTAWIENIE WARTOŚCI BZT<sub>5</sub> ŚCIEKÓW SUROWYCH, BZT<sub>5</sub> ŚCIEKÓW  
 PO BIOLOGICZNYM OCZYSZCZENIU W UKŁADZIE POWIETRZNYM I BZT<sub>5</sub> ŚCIEKÓW  
 PO BIOLOGICZNYM OCZYSZCZENIU W UKŁADZIE TLENOWYM DLA DRUGIEJ SERII  
 BADAŃ.

RYS. 7-8.

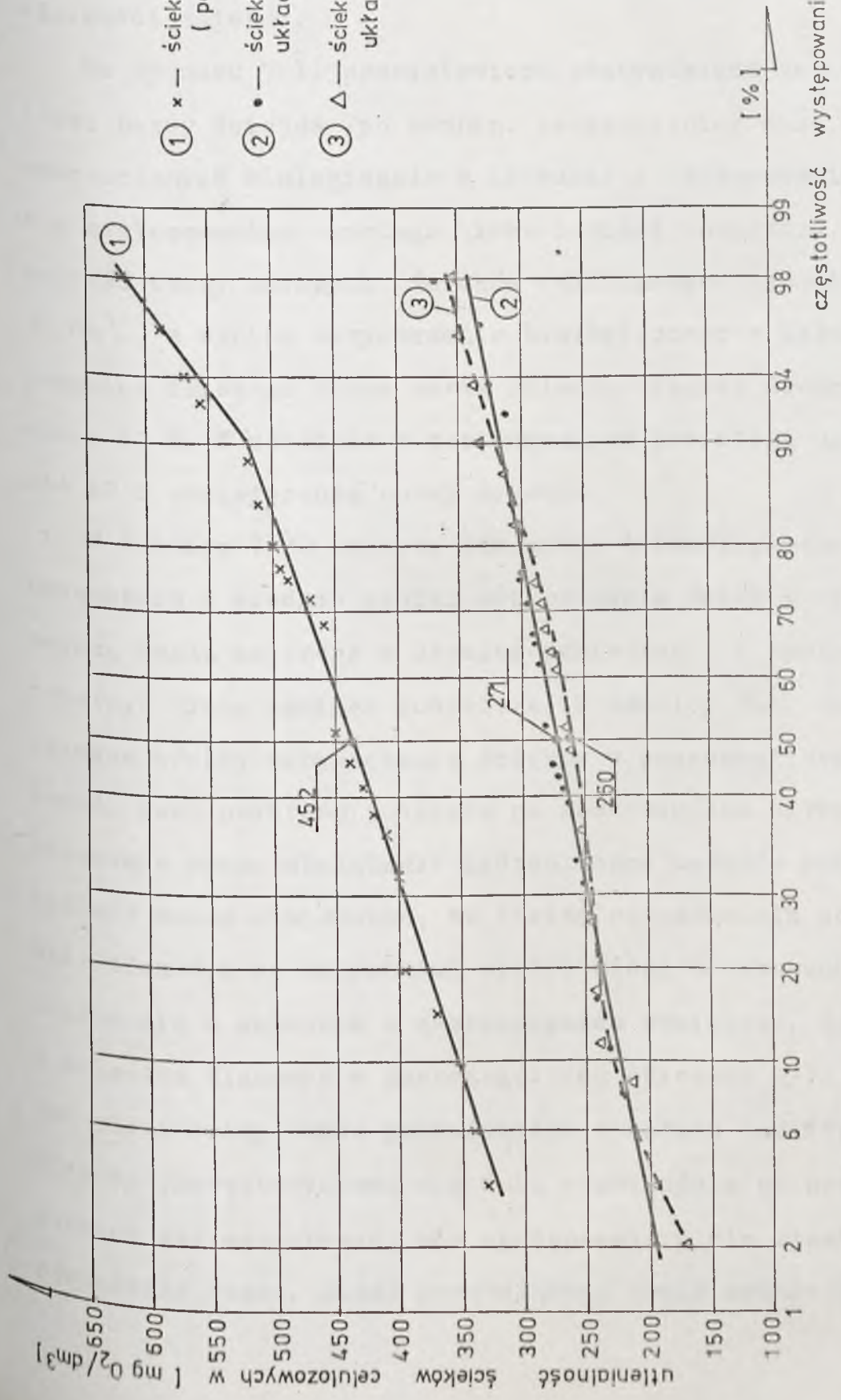
- ① x — ścieki celulozowe surowe ( po mech. oczyszcz.,)
- ② — ścieki po oczyszczeniu w układzie powietrznym.
- ③ Δ — ścieki po oczyszczeniu w układzie tlenowym



RYS. 7-9 STATYSTYCZNE ZESTAWIENIE WARTOŚCI ChZT ŚCIEKÓW SUROWYCH, ChZT ŚCIEKÓW PO BIOLOGICZNYM OCZYSZCZANIU W UKŁADZIE POWIETRZNYM I ChZT ŚCIEKÓW PO BIOLOGICZNYM OCZYSZCZANIU W UKŁADZIE TLENOWYM DLA DRUGIEJ SERII BADAŃ.



- ① x — ścieki celulozowe surowe ( po mech oczyszcz.)
- ② • — ścieki po oczyszczeniu w układzie powietrznym.
- ③ Δ — ścieki po oczyszczeniu w układzie tlenowym



RYS. 7-10. STATYSTYCZNE ZESTAWIENIE WARTOŚCI UTLENIALNOŚCI ŚCIEKÓW SUROWYCH, UTLENIALNOŚCI ŚCIEKÓW PO BIOLOGICZNYM OCZYSZCZANIU W UKŁADZIE POWIETRZNYM, I UTLENIALNOŚCI ŚCIEKÓW PO BIOLOGICZNYM OCZYSZCZANIU W UKŁADZIE TLENOWYM DLA DRUGIEJ SERII BADAŃ.

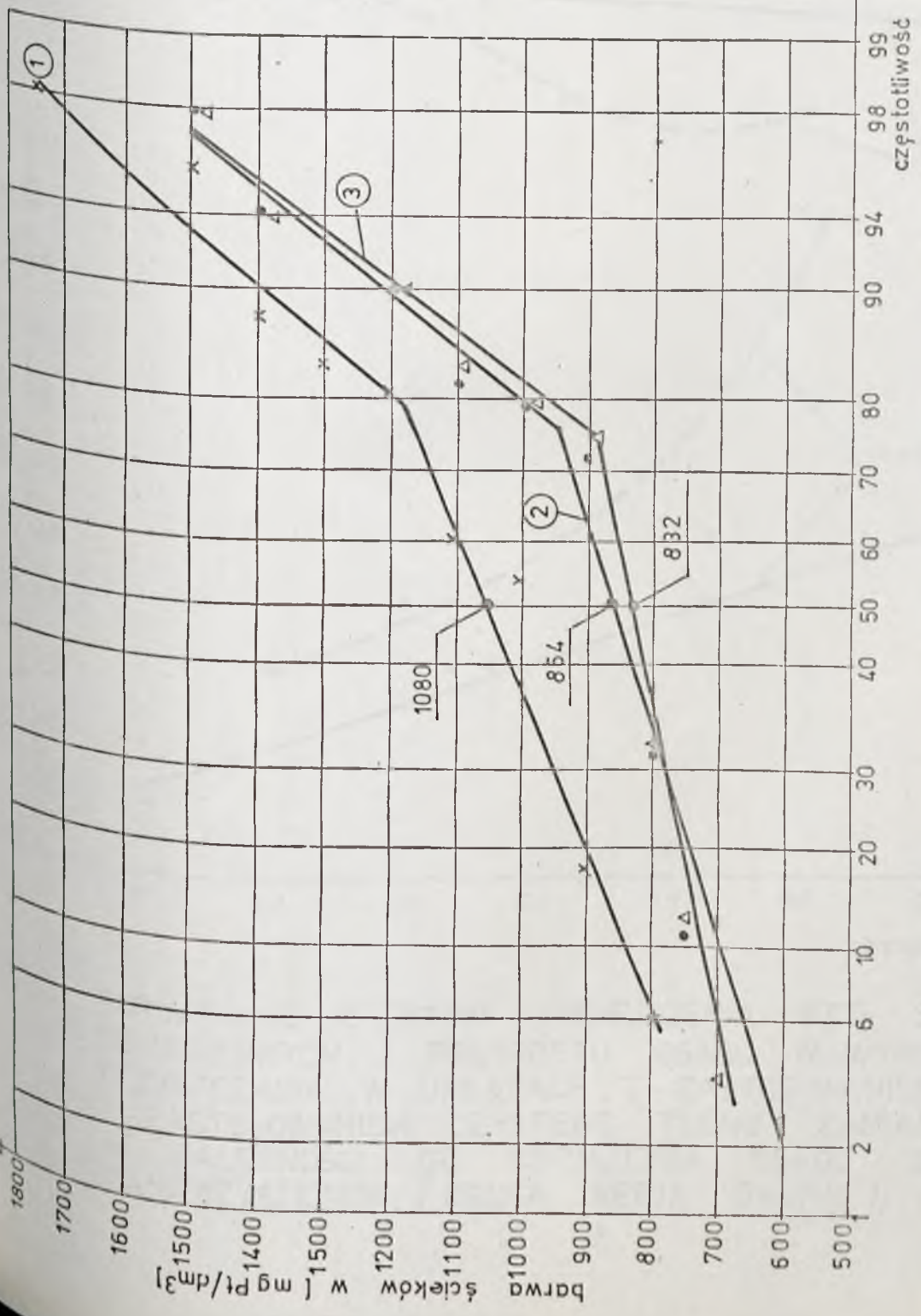
40 % zmniejszenia utleniałości ścieków. Natomiast w układzie z zastosowaniem tlenu uzyskano średnio 42,5 % zmniejszenia utleniałości ścieków.

Na rysunku 7-11 przedstawiono statystyczne zestawienie wartości barwy ścieków /po mechan. oczyszczeniu/ oraz barwy ścieków oczyszczonych biologicznie w układzie z zastosowaniem powietrza i z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza. Medialna wartość barwy surowych ścieków celulozowych wynosiła 1080 mg Pt/dm<sup>3</sup>. W wyniku oczyszczania biologicznego w układzie z zastosowaniem czystego tlenu barwa ścieków ulegała średnio obniżeniu o 23 %. W układzie z zastosowaniem powietrza uzyskano średnio 20 % zmniejszenia barwy ścieków.

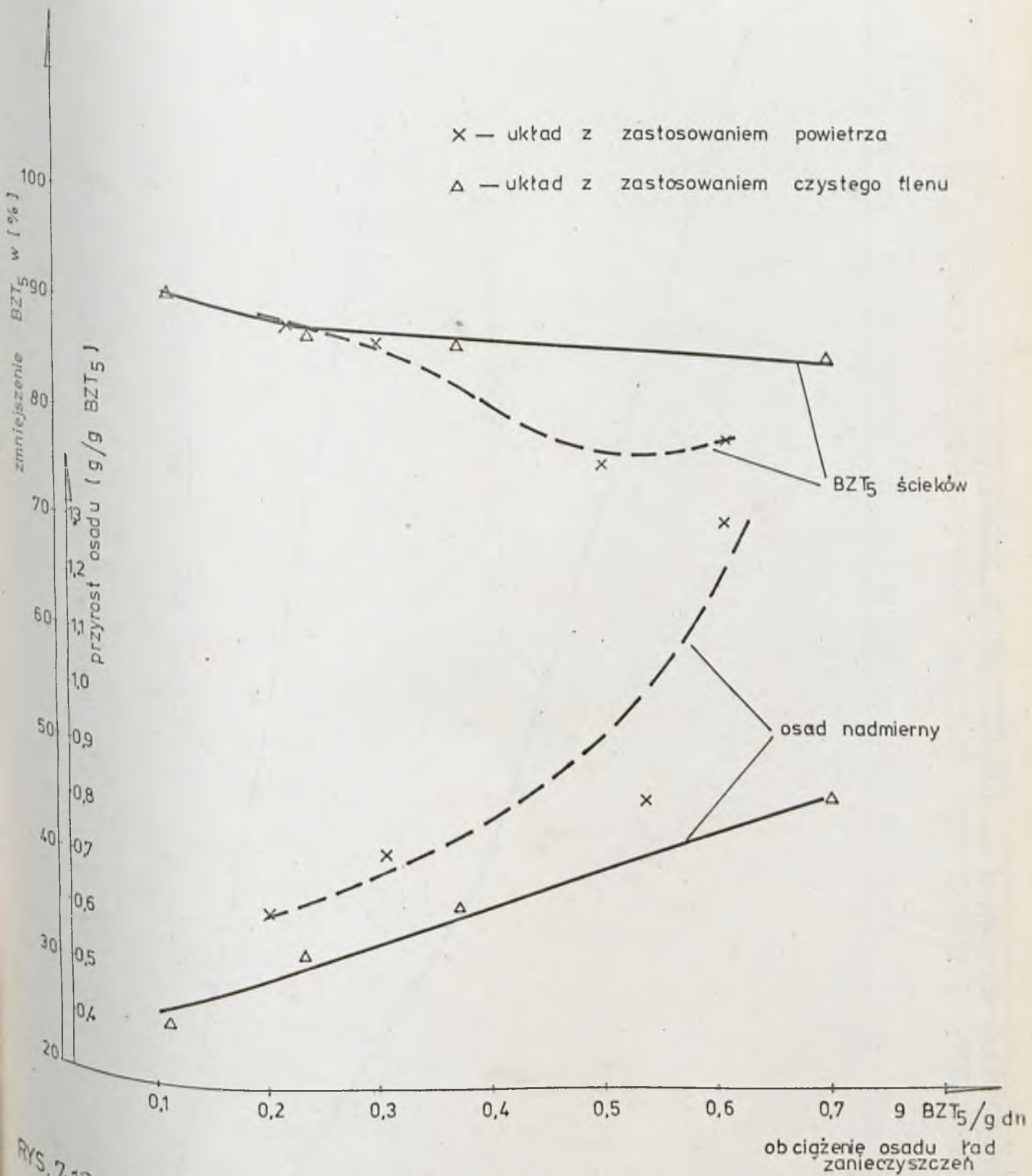
W tablicy 7-32 zawarto parametry technologiczne układów badawczych i średnie wyniki oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego z użyciem powietrza i z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza. W tablicy 7-32 zestawiono uzyskiwane efekty oczyszczania ścieków w poszczególnych okresach badań. Jako podstawę podziału na poszczególne okresy przyjęto stosowane różne obciążenia hydrauliczne układów modelowych. Ogólnie można stwierdzić, że efekty oczyszczania ścieków w układzie tlenowym we wszystkich wyodrębnionych okresach były wyraźnie lepsze niż w układzie z zastosowaniem powietrza. Indeksy osadu w układzie tlenowym w poszczególnych okresach były wyraźnie niższe niż indeksy osadu pochodzącego z układu powietrznego. Układ tlenowy charakteryzował się dużą odpornością na przeciążenia ładunkiem zanieczyszczeń, nie występowało w nim zjawisko tzw. pęcznienia osadu. Ilość powstającego osadu nadmiernego w układzie



- ① x - ścieki celulozowe surowe ( po mech. oczyszcz.)
- ② • - ścieki po oczyszczeniu w układzie powietrznym
- ③ Δ - ścieki po oczyszczeniu w układzie tlenowym.



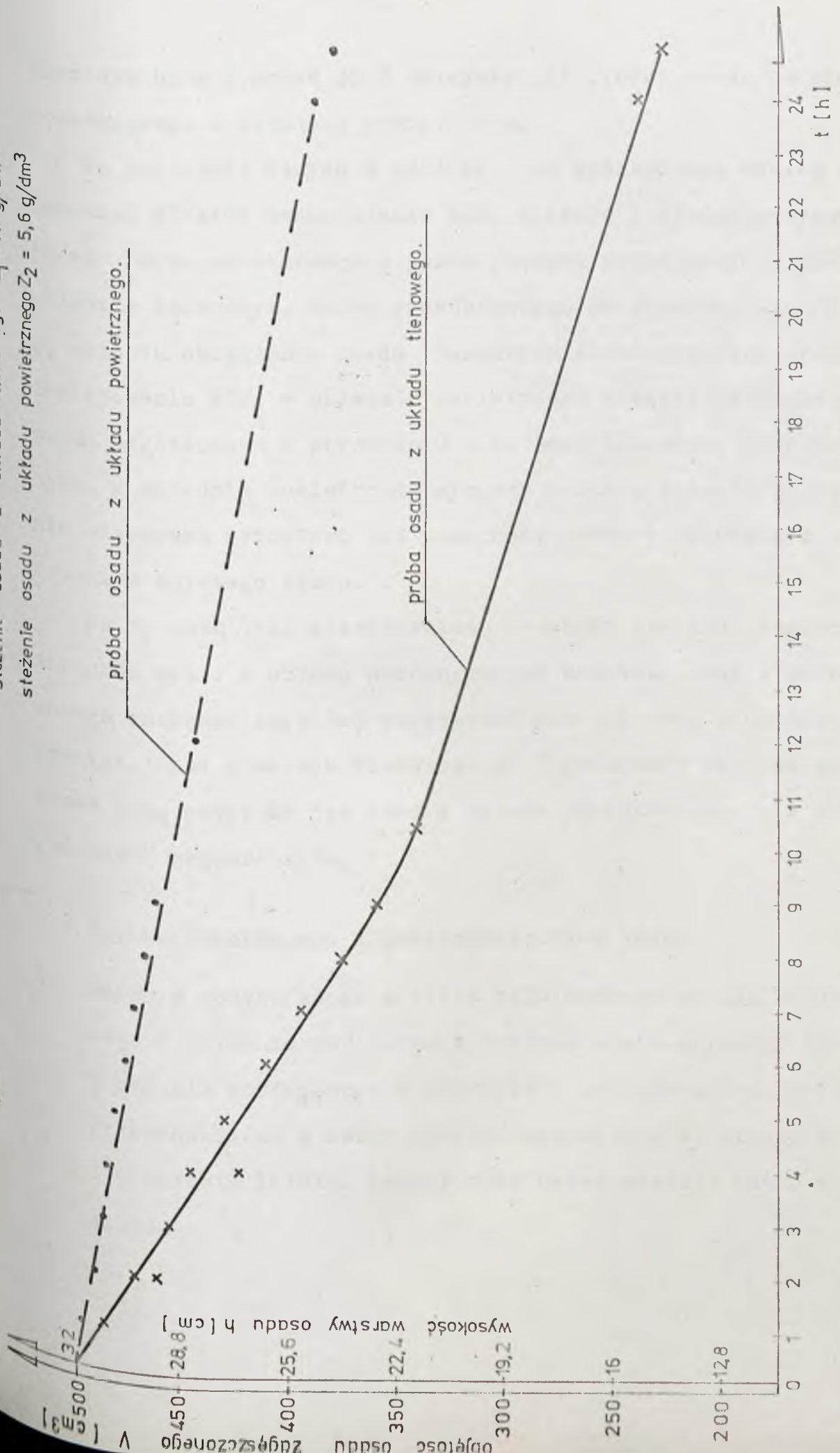
RYŚ. 7-11. STATYSTYCZNE ZESTAWIENIE BARWY ŚCIEKÓW SUROWYCH, BARWY ŚCIEKÓW PO BIOLOGICZNYM OCZYSZCZANIU W UKŁADZIE POWIETRZNYM I BARWY ŚCIEKÓW PO OCZYSZCZANIU BIOLOGICZNYM W UKŁADZIE TLENOWYM DLA DRUGIEJ SERII BADAŃ.



RYS. 7-12. PORÓWNANIE EFEKTÓW ZMNIEJSZENIA BZT<sub>5</sub> ŚCIEKÓW  
 CELULOZOWYCH I PRZYROSTU OSADU W WYNIKU ICH  
 OCZYSZCZANIA W UKŁADACH Z ZASTOSOWANIEM POWIETRZA  
 I ZASTOSOWANIEM CZYSTEGO TLENU ZAMIAST POWIETRZA  
 W ZALEŻNOŚCI OD OBCIĄŻENIA OSADU ŁADUNKIEM  
 ZANIECZYSZCZEN (DRUGA SERIA BADAŃ).



steżenie osadu z układu tlenowego  $Z_1 = 11 \text{ g/dm}^3$   
 steżenie osadu z układu powietrznego  $Z_2 = 5,6 \text{ g/dm}^3$



48

RYC. 7-13. PRZEBIEG PROCESU ZAGĘSZCZANIA OSADÓW UKŁADU POWIETRZNEGO I TLENOWEGO W ZALEŻNOŚCI OD CZASU t. (druga seria badań).

tlenowym była o ponad 35 % mniejsza niż ilości osadu nadmiernego powstającego w układzie powietrznym.

Na podstawie danych z tablicy 7-32 sporządzono wykres zależności efektów zmniejszenia  $BZT_5$  ścieków i ilości przyrastającego osadu nadmiernego w porównywanych powietrznym i tlenowym układzie badawczym, który przedstawiono na rysunku 7-12. W miarę wzrostu obciążenia osadu ładunkiem zanieczyszczeń efekty zmniejszenia  $BZT_5$  w układzie powietrznym ulegały znacznie szybszemu pogorszeniu w porównaniu z układem tlenowym. Przyrosty osadu w układzie powietrznym ulegały w miarę wzrostu obciążenia szybszemu wzrostowi niż przyrosty osadu w układzie z zastosowaniem czystego tlenu.

Na rysunku 7-13 przedstawiono przebieg procesu zagęszczania prób osadu z obydwu porównywanych układów. Osad z układu tlenowego znacznie szybciej zagęszczał się niż osad z układu powietrznego. Osad z układu tlenowego po 7 godzinach zagęszczania zajmował taką objętość jak osad z układu powietrznego, ale po 24 godzinach zagęszczania.

#### 7.7. Wnioski wynikające z przeprowadzonych badań

1. Badania oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego w układzie modelowym z zastosowaniem czystego tlenu i badania porównawcze w układzie z zastosowaniem powietrza przeprowadzono w dwóch cyklach badawczych w okresie zimowym i w okresie letnim. Łączny czas badań wynosił około 4 miesięcy.



2. Podczas pierwszego cyklu badań wstępnych efekty oczyszczania ścieków w zakresie zmniejszenia  $BZT_5$ , ChZT, utlenialności i barwy uzyskiwane w układzie "tlenowym" i "powietrznym" były zbliżone do siebie. Natomiast podczas drugiej serii badań efekty oczyszczania ścieków w zakresie redukcji podstawowych wskaźników były wyraźnie lepsze dla układu z zastosowaniem czystego tlenu.
3. Osad czynny w układzie z zastosowaniem czystego tlenu podczas obydwu serii badań charakteryzował się większą odpornością przy okresowych, niekorzystnych zmianach własności ścieków, niż osad czynny z układu powietrznego. W czasie trwania badań przeciążenie osadu czynnego z układu powietrznego powodowało jego "pęcznienie" - gwałtowny wzrost indeksu osadowego. Przy tym samym, a nawet większym obciążeniu osadu w układzie tlenowym nie zaobserwowano wzrostu indeksu osadowego, a jego wartości były przeszło dwukrotnie mniejsze, niż wartości indeksu osadu z komory powietrznej.
4. Ilości osadu nadmiernego powstającego w układzie oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza były o około 35 - 40 % mniejsze, niż przyrosty osadu w układzie powietrznym.
5. Osad czynny z układu tlenowego charakteryzował się korzystniejszym składem hydrobiologicznym, niż osad czynny pochodzący z porównawczego układu powietrznego.
6. Nadmierny osad czynny z układu tlenowego posiadał lepsze własności sedymentacyjne i lepiej zagęszczał się, niż osad nadmierny z układu powietrznego.

Prędkość zagęszczania się osadu z układu tlenowego otrzymanego w drugiej /letniej/ serii badań była dwukrotnie większa, niż prędkość zagęszczania osadu z układu powietrznego.

7. Nadmierny osad czynny z układu tlenowego charakteryzował się korzystniejszymi własnościami przy odwadnianiu na drodze filtracji próżniowej i odwirowania, niż osad z układu powietrznego. Opór właściwy filtracji osadu z układu tlenowego wynosił średnio  $400 - 460 \cdot 10^{11}$  m/kg i był znacznie niższy, niż opór filtracji osadu z układu powietrznego.
8. Podczas oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego z użyciem czystego tlenu zamiast powietrza występowało znacznie mniejsze pienienie się zawartości komory natleniania w porównaniu z układem gdzie stosowano powietrze.



## 8. ANALIZA EFEKTYWNOŚCI BADANYCH UKŁADÓW OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH

### 8.1. Porównanie efektów oczyszczania ścieków uzyskiwanych różnymi metodami.

W tablicy 8-1 zestawiono optymalne dawki koagulantów i uzyskiwane dla nich efekty zmniejszenia wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych biologicznie oczyszczonych z Ostrołęckich Zakładów Celulozowo - Papierniczych. Bardzo dobre efekty oczyszczania uzyskano w wyniku koagulacji ścieków siarczanem glinowym przy użyciu dużej dawki koagulantu wynoszącej  $400 \text{ mg Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$ . Przez wstępne zakwaszanie ścieków do odczynu  $\text{pH}=5,2$ , uzyskiwano podobne efekty redukcji wskaźników zanieczyszczenia, przy ograniczeniu dawki zużywanego koagulantu. Obniżenie odczynu do  $\text{pH} 6,2$  i dodatek flokulantu pozwalał na uzyskanie zmniejszenia ilości powstających osadów, przy zachowaniu tych samych efektów oczyszczania ścieków. W przypadku użycia siarczanu żelazawego uzyskiwano gorsze efekty zmniejszenia takich wskaźników zanieczyszczenia ścieków jak: barwa,  $\text{BZT}_5$ ,  $\text{ChZT}$ , utlenialność, w porównaniu ze stosowaniem siarczanu glinowego. Dodatek flokulantu w procesie koagulacji oczyszczonych biologicznie ścieków celulozowych siarczanem żelazawym pozwalał na kilkunastoprocentowe zmniejszenie ilości osadów pokoagulacyjnych. W dalszym ciągu jednak ilość powstających osadów była bardzo duża /18 %/. Dość dobre wyniki oczyszczania ścieków celulozowych uzyskano w przypadku użycia tlenku wapniowego w ilości  $3000 \text{ mg}/\text{dm}^3$ . Zaletą tej metody były małe objętościowo ilości osadów pokoagulacyjnych, nie przekraczające 6 % objętości oczyszczanych ścieków.

Istotnym mankamentem był jednak wysoki odczyn ścieków po procesie koagulacji /pH = 12,1/, co wymagałoby stosowania procesu neutralizacji przed wpuszczeniem doczyszczonych chemicznie ścieków do odbiornika. Z przeprowadzonych porównań wynika, że najlepszą z punktu widzenia osiągniętych efektów jest metoda koagulacji siarczanem glinowym przy obniżeniu odczynu do pH 6,2 i przy dodatku flokulantu Rokrysolu WF - 2 w ilości 1 mg/dm<sup>3</sup>.

W tablicy 8-2 zestawiono średnie wyniki oczyszczania ścieków celulozowych metodą koagulacji symultanicznej przy dawce 450 mg Al<sub>2</sub>/SO<sub>4</sub>/<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup> oraz wyniki oczyszczania biologicznego ścieków metodą osadu czynnego. W wyniku zastosowania koagulacji symultanicznej uzyskano 83 % zmniejszenia barwy, 91 % zmniejszenia BZT<sub>5</sub> i 67 % zmniejszenia ChZT ścieków. Efekty oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego bez dodatku koagulantu były gorsze w zakresie zmniejszenia barwy, utlenialności i ChZT. W metodzie koagulacji symultanicznej powstawały dość znaczne ilości osadów pokoagulacyjnych /7 % objętości ścieków/, około 10 krotnie większe, niż w przypadku samego biologicznego oczyszczania. Omówiona metoda zasługuje jednak na uwagę mimo, że osiągnięte efekty obniżenia takich wskaźników jak: barwa, utlenialność i ChZT były mniejsze w porównaniu z metodami wydzielonej koagulacji. Spowodowane jest to możliwością wykorzystania do procesu symultanicznego istniejących urządzeń oczyszczania biologicznego ścieków celulozowych.

W tablicy 8-3 zestawiono średnie efekty oczyszczania ścieków celulozowych w układzie dwustopniowym, chemicznie za pomocą tlenku wapni<sup>wego</sup> i biologicznie metodą osadu czynnego. W wyniku



oczyszczania chemicznego przy użyciu dawki  $2000 \text{ mg CaO/dm}^3$  uzyskano wysokie efekty zmniejszenia barwy,  $\text{BZT}_5$ , ChZT i utlenialności ścieków surowych. Ilość powstających osadów wyniosła tylko 4 % objętości oczyszczonych ścieków.

W wyniku chemicznego i biologicznego oczyszczania ścieków uzyskano wysokie, przekraczające 93 % zmniejszenie  $\text{BZT}_5$ , 83 % zmniejszenie ChZT i utlenialności ścieków. Łączne ilości osadów w rozpatrywanym układzie wynosiły 4,4 % objętości oczyszczanych ścieków, w tym przeszło 90 % stanowiły dobrze odwadniające się osady wodorotlenku i węgla wapniowego.

W tablicy 8-4 zestawiono średnie efekty oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego z zastosowaniem powietrza i z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza. W tablicy podano efekty uzyskiwane dla różnych czasów natleniania ścieków w komorze osadu czynnego oraz dla różnych obciążeń osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń. Dla wszystkich porównywanych czasów natleniania ścieków w komorze układ z zastosowaniem czystego tlenu dawał lepsze efekty zmniejszenia  $\text{BZT}_5$ , ChZT, utlenialności ścieków, niż układ gdzie stosowano powietrze. Szczególnie wyraźna przewaga układu z czystym tlenem występowała dla krótkich czasów aeracji 3,7 h i 2,2 h oraz wyższych obciążeń osadu czynnego od  $0,6 - 0,7 \text{ g BZT}_5/\text{g dn}$ . Układ z zastosowaniem czystego tlenu dawał określone efekty w zakresie zmniejszenia  $\text{BZT}_5$  przy dwukrotnie krótszych czasach przetrzymywania ścieków w komorze osadu czynnego w porównaniu z układem powietrznym. Ponadto zastosowanie czystego tlenu zamiast powietrza dawało mniejsze ilości powstających osadów nadmiernych.

W celu porównania efektywności oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego w czterech badanych układach technologicznych obliczono stałe szybkości biochemicznej obniżki BZT<sub>5</sub> ścieków /K/ według W. Eckenfeldera [11] [dla z w g/m<sup>3</sup> i t w godzinach]

Na rysunku 8-1 przedstawiono zależność średnich wartości stałych K obniżki BZT<sub>5</sub> ścieków celulozowych od dawki koagulantu dodawanego w procesie koagulacji symultanicznej. Wartości stałych K obniżki BZT<sub>5</sub> zmieniały się zależnie od wielkości dawki siarczanu gliny<sup>wego</sup> dodawanego do wypływającej z komory napowietrzania mieszaniny ścieków i osadu czynnego. Wartość stałych K obniżki BZT<sub>5</sub> początkowo rosła, następnie malała, osiągając minimum dla dawki 200 mg Al<sub>2</sub>/SO<sub>4</sub>/<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup> i znowu wzrastała osiągając maksimum dla dawki 450 mg Al<sub>2</sub>/SO<sub>4</sub>/<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup>. Przebieg zależności stałych K biochemicznej obniżki BZT<sub>5</sub> ścieków od dawki siarczanu gliny<sup>wego</sup> w procesie koagulacji symultanicznej był bardzo podobny do przebiegu zależności aktywności osadu czynnego oznaczonej wg testu WTC /tablica 5-7/. Średnia arytmetyczna wartość stałej K obniżki BZT<sub>5</sub> ścieków celulozowych w całym okresie badawczym wynosiła 0,00050.

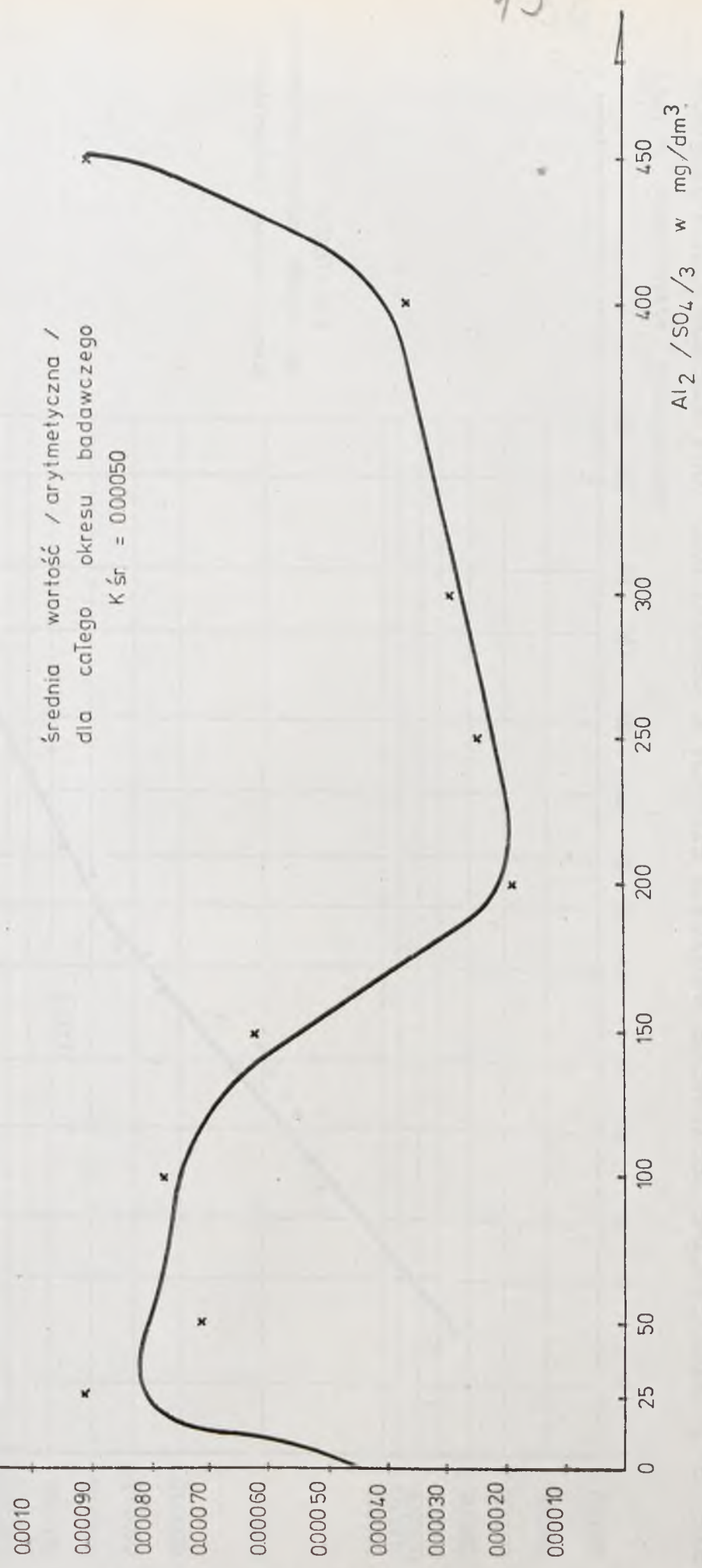
Na rysunku 8-2 zawarto statystyczne zestawienie wartości stałych K obniżki BZT<sub>5</sub> dla ścieków celulozowych oczyszczonych chemicznie za pomocą tlenku wapnia<sup>wego</sup> i następnie oczyszczonych biologicznie metodą osadu czynnego.

Wartości stałych K obniżki BZT<sub>5</sub> ścieków zmieniały się w zakresie od 0,00007 do 0,00158. Mediana wartość stałej K wynosiła 0,00049, średnia arytmetyczna wartość dla całego okresu badawczego wyniosła  $K_{\text{sr}} = 0,00051$ .

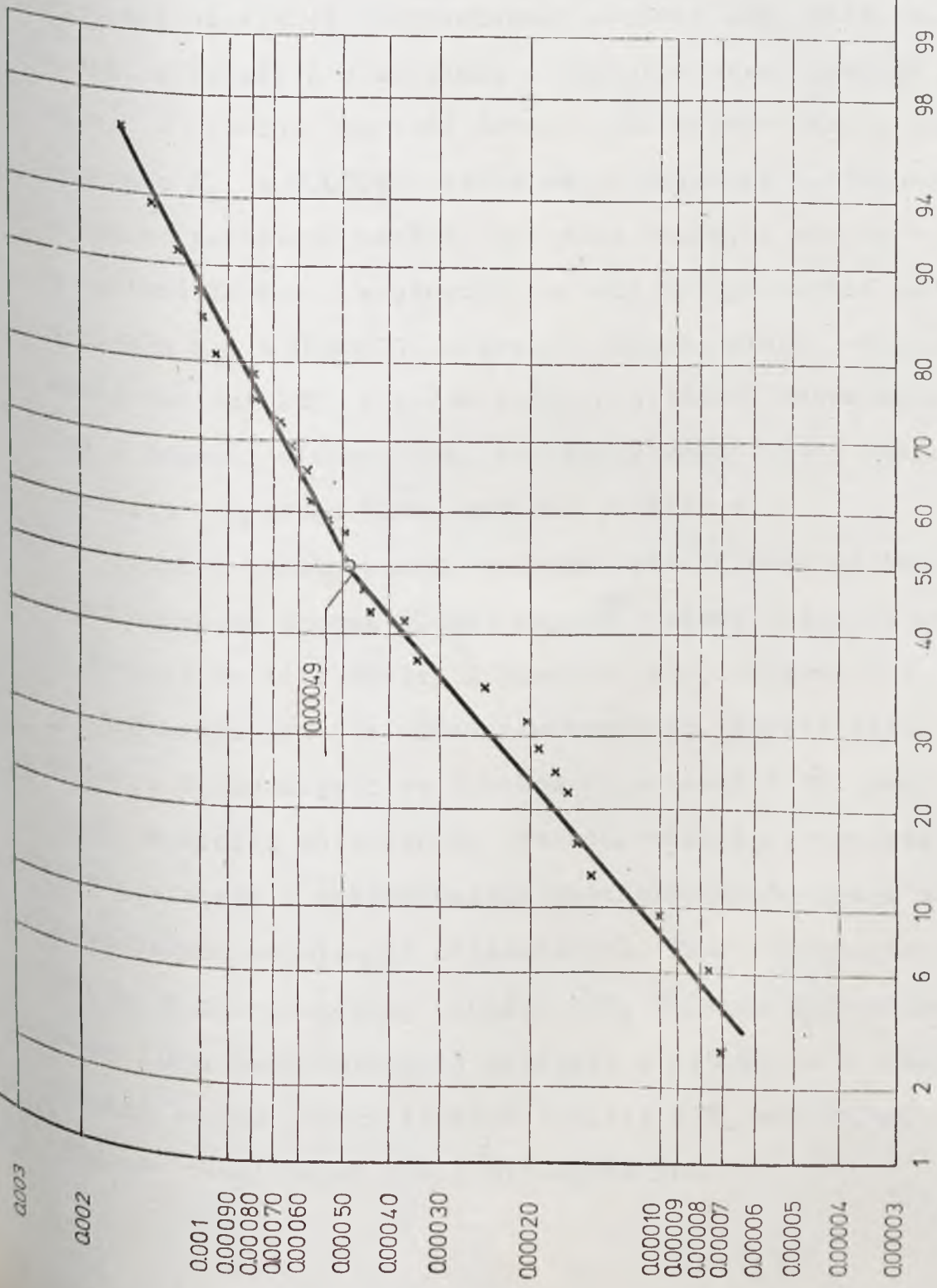


stała k  
ścieków  
celulozowych  
obniżki  
BZT<sub>5</sub>

średnia wartość / arytmetyczna /  
dla całego okresu badawczego  
K<sub>śr</sub> = 000050



rys. 8-1 ZALEŻNOŚĆ STAŁEJ K BIOLOGICZNEJ OBNIŻKI BZT<sub>5</sub> ŚCIEKÓW OD WIELKOŚCI DAWEK KOAGULANTU DODAWANEGO W PROCESIE KOAGULACJI SYMULTANICZNEJ.



średnia wartość / arytmetyczna / dla całego okresu badawczego  
K śr = 0,00051

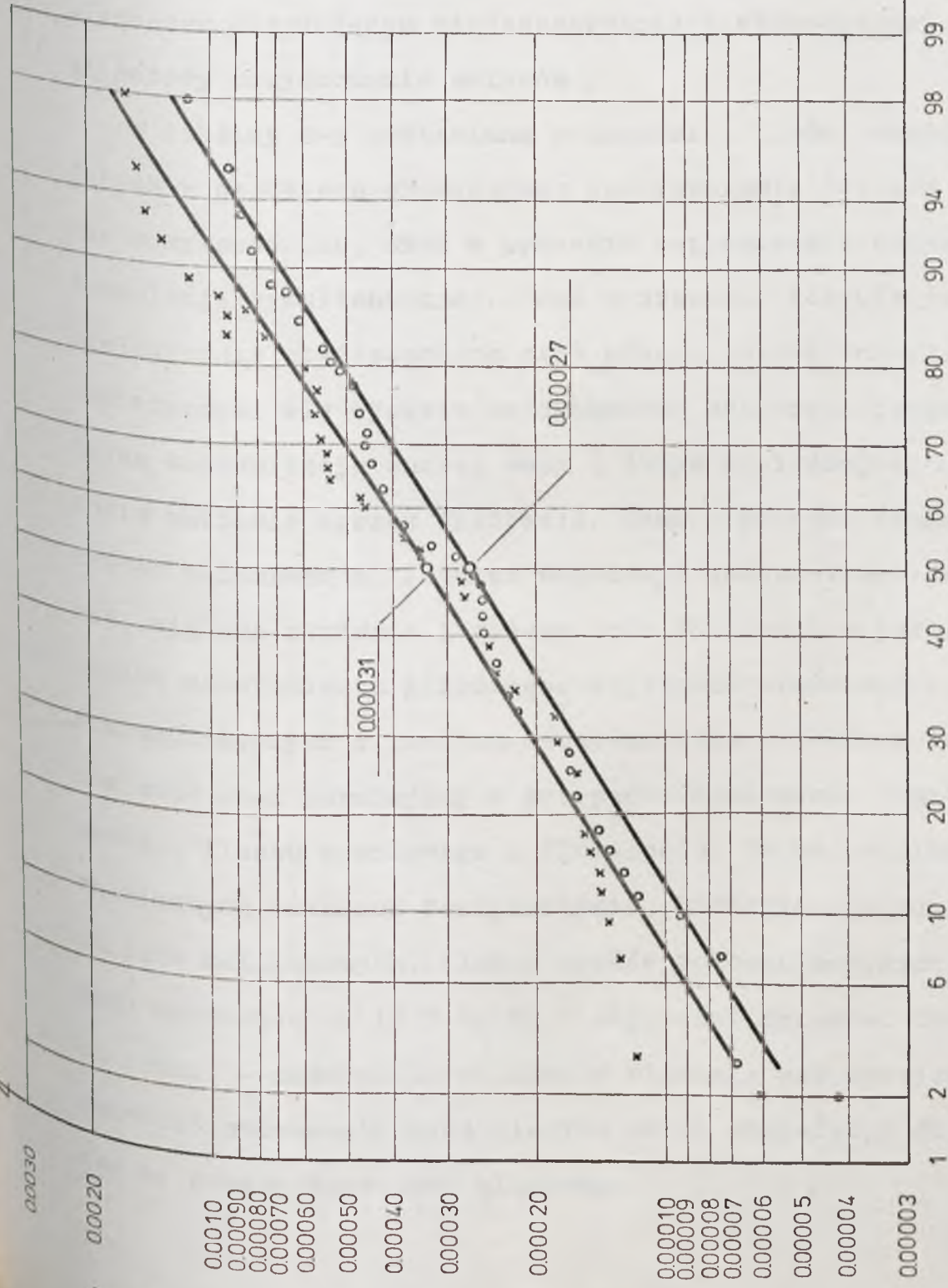
RYS. 8-2 STATYSTYCZNE ZESTAWIENIE WARTOŚCI STAŁYCH K OBNIŻKI BZT<sub>5</sub>, DLA ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH GCZYSZCZONYCH CHEMICZNIE ZA POMOCĄ TLENKU WAPNA I NASTĘPNIE OCZYSZCZANYCH BIOLOGICZNIE METODĄ OSADU CZYNNEGO

stała k szybkości obniżki ścieków celulozowych.



Na rysunku 8-3 zawarto statystyczne zestawienie wartości stałych  $K$  biochemicznej obniżki  $BZT_5$  dla ścieków celulozowych oczyszczanych metodą osadu czynnego w układzie z zastosowaniem czystego tlenu oraz w porównawczym układzie z zastosowaniem powietrza. W układzie z zastosowaniem czystego tlenu uzyskano wyższe wartości stałych  $K$  biochemicznej obniżki  $BZT_5$  ścieków. Wartość medialna stałej  $K$  w układzie z zastosowaniem czystego tlenu wyniosła  $K = 0,00031$ , wartość średnia dla całego okresu badawczego wyniosła  $K_{\text{śr}} = 0,00047$ . Natomiast w układzie porównawczym z zastosowaniem powietrza wartość medialna stałej  $K$  wyniosła  $K = 0,00027$ , a wartość średnia /arytmetyczna/ dla całego okresu badawczego wyniosła  $K_{\text{śr}} = 0,00037$ . Różnice w wielkościach stałych biochemicznej obniżki  $BZT_5$  w porównywanych układach świadczyły o przewadze i lepszej efektywności działania komór osadu czynnego z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza.

Stopień biologicznego oczyszczania ścieków po oczyszczeniu chemicznym za pomocą tlenu wapniowego posiadał większą medialną i średnią wartość stałej  $K$  biochemicznej obniżki  $BZT_5$  ścieków w porównaniu nawet z układem stosującym czysty tlen. Wynikałoby z tego, że usunięcie ze ścieków celulozowych związków ligninowych, w wyniku chemicznego ich oczyszczania za pomocą tlenu wapniowego ułatwiało i przyspieszało proces biochemicznego rozkładu pozostałych substancji organicznych. Dostatecznie wysoka średnia wartość stałej  $K$  biochemicznej obniżki  $BZT_5$  ścieków oczyszczanych metodą koagulacji symultanicznej wynikała z faktu, że w procesie tym nastąpiło zsumowanie efektów obniżki  $BZT_5$  wynikających z procesów zarówno chemicznych jak i biologicznych.



x - układ modelowy z zastosowaniem czystego tlenu  
 o - układ modelowy z zastosowaniem powietrza

Średnie wartości arytmetyczne / dla całego okresu badawczego

K<sub>śr</sub> powietrza = 0.00037  
 K<sub>śr</sub> tlenu = 0.00047

RYS. 8-3 STATYSTYCZNE ZESTAWIENIE WARTOŚCI STAŁYCH K BIOCHEMICZNEJ OBNIŻKI BZT<sub>5</sub> DLA ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH OCZYSZCZANYCH METODĄ OSADU CZYNNEGO W UKŁADZIE Z ZASTOSOWANIEM CZYSTEGO TLENU ORAZ W PORÓWNAWCZYM UKŁADZIE Z ZASTOSOWANIEM POWIETRZA

51



## 8.2. Problemy osadowe wynikające ze stosowania poszczególnych metod oczyszczania ścieków celulozowych

W każdej z badanych metod podwyższenia efektywności oczyszczania ścieków celulozowych powstawały większe lub mniejsze ilości osadów. Zagadnienia przeróbki i utylizacji osadów są istotnym elementem decydującym niejednokrotnie o ekonomicznej efektywności metody oczyszczania ścieków.

W tabelicy 8-5 zestawiono własności i ilości osadów powstających w procesach chemicznego doczyszczania ścieków biologicznie oczyszczonych, oraz w procesie oczyszczania ścieków metodą koagulacji symultanicznej. Osad z procesu koagulacji ścieków biologicznie oczyszczonych przy użyciu siarczanu glinowego charakteryzował się wysokim uwodnieniem przekraczającym 99,5 %, niską koncentracją suchej masy i dużym zmieniającym się w szerokim zakresie oporem filtracji. Osad z procesu koagulacji siarczanem żelazawym z tlenkiem wapniowym posiadał mniejsze uwodnienie, większe stężenie i niższy opór filtracji w porównaniu z osadem wodorotlenku glinowego. Najlepsze właściwości wśród osadów pokoagulacyjnych z procesu doczyszczania ścieków celulozowych posiadał osad powstający w przypadku dawkowania siarczanu żelazawego, tlenku wapniowego i flokulantu. We wszystkich omówionych chemicznych metodach doczyszczania, biologicznie oczyszczonych ścieków celulozowych, ilości osadów pokoagulacyjnych były bardzo duże wynoszące od 18 % do 23 % objętości ścieków. Tak duże ilości trudno - odwadniałych osadów stawiają pod znakiem zapytania celowość stosowania wydzielonych metod koagulacji ścieków zwłaszcza za pomocą siarczanu glinowego.

W tabelicy 8-5 zawarto także parametry charakteryzujące mieszany chemiczno - biologiczny osad z procesu koagulacji symultanicznej. Osad ten charakteryzował się stosunkowo niskim uwodnieniem /99,3 %/, dużą zawartością substancji organicznych w stosunku do suchej masy osadu oraz najniższym oporem filtracji w porównaniu z właściwościami innych osadów zawartych w tej tabelicy. Ilość powstających osadów była znacznie mniejsza w porównaniu z ilością osadów powstających w wydzielonych sposobach koagulacji i wynosiła 7 % objętości ścieków.

W tabelicy 8-6 zawarto charakterystykę właściwości osadów powstających w poszczególnych stopniach chemiczno - biologicznego oczyszczania ścieków celulozowych metodą koagulacji tlenkiem wapniowym i następującą po tym metodą osadu czynnego. Największe ilości osadów pochodziły z osadnika pokoagulacyjnego, wynosiły około 3,5 % objętości oczyszczanych ścieków. Osad wodoro-tlenku wapniowego z zaadsorbowanymi związkami ligninowymi posiadał uwodnienie 94,5 %, wysokie stężenie  $55 \text{ g/dm}^3$  i niski opór filtracji. Osad ten odwadniał się dobrze na drodze filtracji próżniowej i przez odwirowanie. Po procesie saturacji ścieków wytrącał się osad posaturacyjny składający się głównie z węglanu wapniowego. Osad posaturacyjny posiadał bardzo wysokie stężenie /230 g /dm<sup>3</sup>/ i składał się całkowicie ze związków mineralnych. Osad posaturacyjny posiadał wyjątkowo niski opór filtracji i bardzo dobrze odwadniał się na drodze filtracji próżniowej i przez odwirowanie. Osad posaturacyjny stanowił około 0,5 % objętości oczyszczanych ścieków.

W tabelicy 8-6 zawarto także właściwości nadmiernego osadu



czynnego ze stopnia biologicznego oczyszczania ścieków, następującego po stopniu oczyszczania chemicznego. Osad ten posiadał stosunkowo niskie uwodnienie i wysokie stężenie /23 g/dm<sup>3</sup>/. Nadmierny osad czynny dość dobrze odwadniał się na drodze filtracji próżniowej i przez odwirowanie. Opór filtracji nadmiernego, zagęszczonego w leju osadowym osadu czynnego wynosił 240 · 10<sup>11</sup> m/kg. Osad biologiczny stanowił mniej niż 10 % całkowitej ilości osadu powstającego w dwustopniowym układzie oczyszczania ścieków celulozowych. Mieszanka osadów występujących w takim układzie wykazywać będzie właściwości zbliżone do właściwości osadu pokoagulacyjnego. Osady powstające w dwustopniowym układzie oczyszczania ścieków celulozowych posiadają najlepsze właściwości z punktu widzenia późniejszych procesów odwadniania, w porównaniu z osadami pochodzącymi z metod wydzielonej koagulacji i procesu koagulacji symultanicznej. Najmniejsze są także objętościowo ilości powstających osadów.

W tablicy 8-7 zawarto wyniki oznaczeń właściwości zagęszczonego w leju osadnika nadmiernego osadu czynnego z układu tlenowego i osadu z układu powietrznego. Nadmierny osad czynny charakteryzował się mniejszym uwodnieniem i większym stężeniem niż osad z układu powietrznego. Lepiej odwadniał się też osad "tlenowy" na drodze filtracji próżniowej i przez odwirowanie. Masowy opór filtracyjny osadu z układu tlenowego był o około 30 % niższy niż osadu z układu powietrznego. Z danych zawartych w podrozdziale 3.4.6. wynika także, że zagęszczanie nadmiernego osadu czynnego z układu tlenowego przebiegało przeszło dwukrotnie szybciej niż osadu z układu powietrznego. Porównanie właściwości osadów

z obydwu układów badawczych wskazuje wyraźnie na znacznie korzystniejsze parametry osadu tlenowego z punktu widzenia procesu przeróbki i odwadniania mechanicznego, a także pojemności i wydajności poszczególnych urządzeń gospodarki osadowej.



## 9. WSTĘPNA ANALIZA EKONOMICZNA WYBRANYCH METOD POLEPSZENIA EFEKTYWNOŚCI OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH.

### 9.1. Ogólny sposób przeprowadzenia analizy.

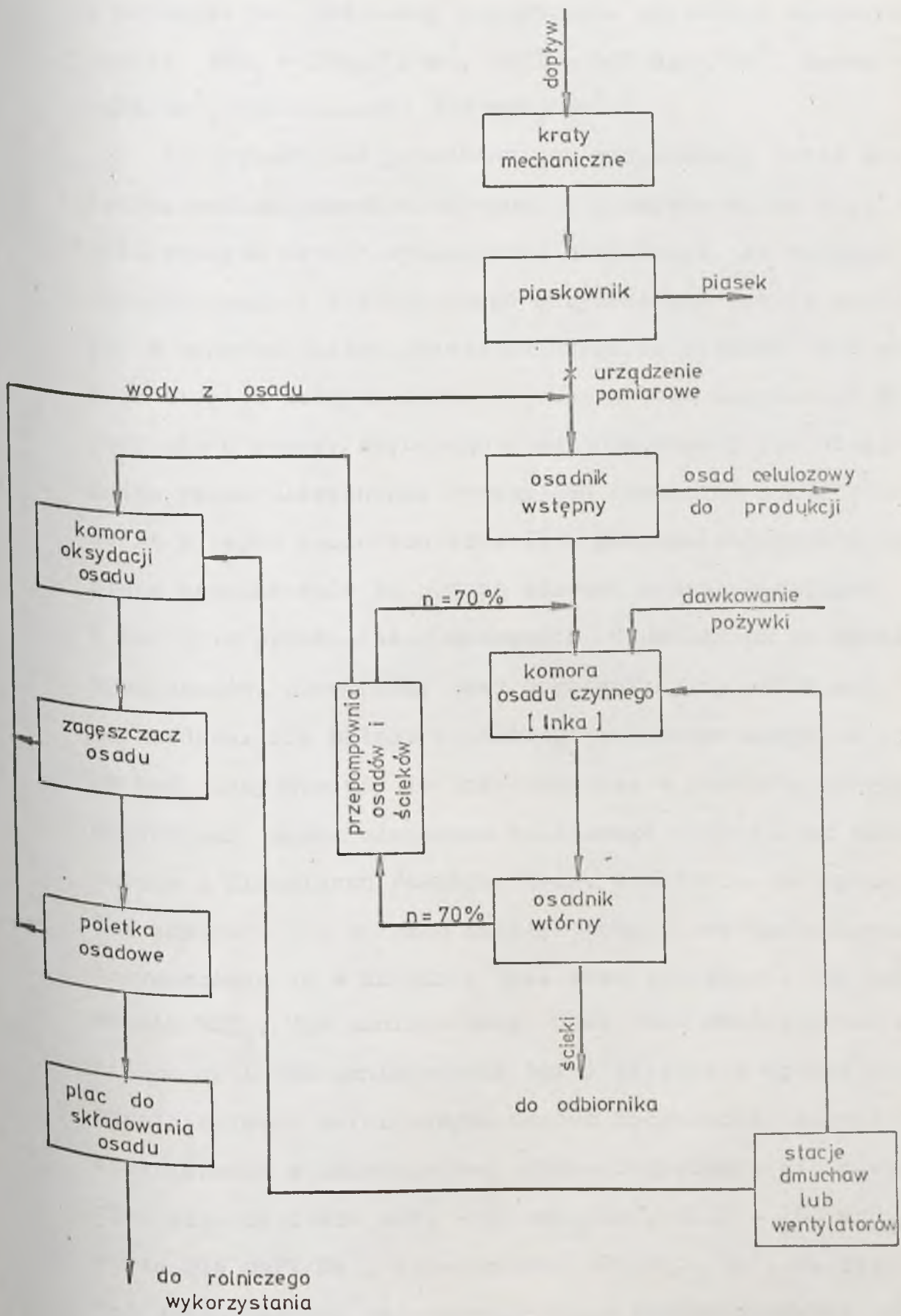
Wstępną analizę ekonomiczną przeprowadzono dla sześciu układów modelowych wynikających ze stosowanych w praktyce schematów oczyszczania ścieków celulozowych oraz układów będących przedmiotem badań w niniejszej pracy. W przyjętych do analizy ekonomicznej układach modelowych uwzględniono zarówno urządzenia do oczyszczania ścieków jak też urządzenia do przeróbki powstających osadów ściekowych. We wszystkich rozpatrywanych układach przewidziano wstępne, mechaniczne oczyszczanie ścieków. Dla przyjętych na podstawie badań własnych parametrów technologicznych wykonano projekty koncepcyjne oczyszczalni ścieków celulozowych oparte na analizowanych układach technologicznych. Analizę ekonomiczną przeprowadzono dla trzech wydajności oczyszczalni ścieków: 10000 m<sup>3</sup>/dn, 20000 m<sup>3</sup>/dn i 50000 m<sup>3</sup>/dn. Dla założonych przepływów ścieków przez modelowe układy oczyszczalni obliczono następnie nakłady inwestycyjne, koszty eksploatacyjne oraz wskaźniki ekonomicznej efektywności inwestycji, wykorzystując zalecaną aktualnie formułę. Wskaźniki ekonomicznej efektywności inwestycji obliczono w odniesieniu do efektu użytkowego, którym była ilość oczyszczanych ścieków i ładunek usuniętych zanieczyszczeń.

## 9.2. Charakterystyka modelowych układów oczyszczania ścieków.

Schematy układów oczyszczalni będących przedmiotem wstępnej analizy ekonomicznej przedstawiono na rysunkach 9-1, 9-2, 9-3, 9-4, 9-5, 9-6. Dla wszystkich układów przyjęto na podstawie analizy Skowyrskiego [12] i badań własnych jednakowe następujące wskaźniki zanieczyszczenia surowych ścieków celulozowych dopływających do krat oczyszczalni :  $BZT_5$  -  $305 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ ,  $ChZT$  -  $918 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ , utlenialność  $482 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ , barwa -  $850 \text{ mgPt}/\text{dm}^3$ . Założono następnie, że w wyniku oczyszczania mechanicznego uzyskuje się we wszystkich analizowanych 6 układach średnio 15% zmniejszenia  $BZT_5$ ,  $ChZT$  i utlenialności ścieków celulozowych.

Na rysunku 9-1 przedstawiono istniejący i stosowany w praktyce /Świecie, Ostrołęka/ układ mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych. W układzie tym ścieki celulozowe po stopniu mechanicznego oczyszczania składającego się z krat, piaskowników i osadników wstępnych, przepływają do stopnia biologicznego oczyszczania metodą osadu czynnego w komorach typu Inka. Osady włókniste z osadników wstępnych przesyłane są do produkcji, natomiast nadmierny osad czynny poddawany jest procesowi stabilizacji tlenowej, zagęszczeniu grawitacyjnemu i odwadnianiu na poletkach osadowych. Dla układu przedstawionego na rys. 9-1 przyjmujemy, że w wyniku stosowania biologicznego oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego /Ostrołęka/ uzyskuje się średnio 85%  $BZT_5$ , 43% zmniejszenia  $ChZT$ , 34% zmniejszenia utlenialności i 5% zmniejszenia barwy ścieków. Ścieki po oczyszczeniu



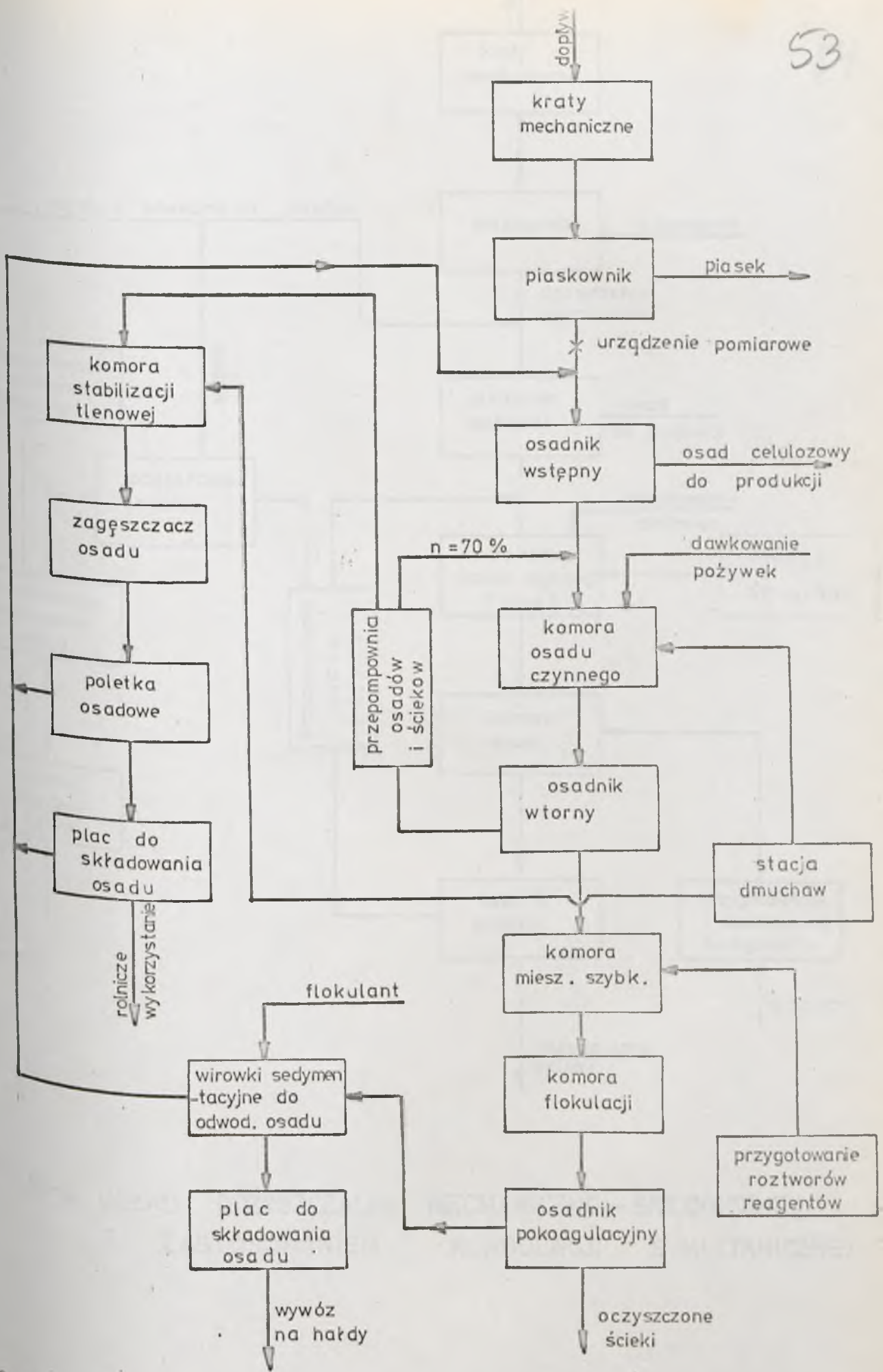


RYS. 9-1. UKŁAD OCZYSZCZALNI MECHANICZNO - BIOLOGICZNEJ ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH / KOMORY INKA /

w układzie 9-1 posiadały następujące wskaźniki zanieczyszczenia:  $BZT_5 - 38 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ ,  $ChZT - 639 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ , barwa  $-1030 \text{ mgPt}/\text{dm}^3$ , utlenialność  $300 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ .

Na rysunku 9-2 przedstawiono proponowany układ oczyszczalni mechaniczno-biologicznej z doczyszczaniem ścieków celulozowych metodą wydzielonej koagulacji. Po stopniu mechanicznego i biologicznego oczyszczania takich samych jak w wypadku układu przedstawionego na rysunku 9-1 następuje stopień doczyszczania ścieków metodą koagulacji składający się z komory szybkiego mieszania, komory flokulacji, osadnika pokoagulacyjnego. Powstające chemiczne osady pobierane są z lejów osadowych osadników pokoagulacyjnych i odwadniane mechanicznie za pomocą wirówek sedymentacyjnych. W układzie przewidziano dodawanie flokulantów do odwadnianych osadów. Odwodniony osad pokoagulacyjny składowany jest na hałdach. Dla układu modelowego przedstawionego na rysunku 9-2 przyjęto użycie jako reagenta w procesie koagulacji optymalnej dawki siarczanu żelazawego z dodatkiem tlenku wapnia i flokulantu /tablica 8-1/. W układzie na rysunku 9-2 uzyskuje się te same efekty mechaniczno-biologicznego oczyszczania co w układzie 9-1, oraz dodatkowo, 35% zmniejszenia  $BZT_5$ , 72% zmniejszenia  $ChZT$ , 68% zmniejszenia utlenialności i 70% zmniejszenia barwy ścieków w wyniku doczyszczania ścieków celulozowych metodą koagulacji. Ścieki po oczyszczeniu w układzie 9-2 charakteryzowały się następującymi własnościami:  $BZT_5 - 23 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ ,  $ChZT - 190 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ , barwa  $314 \text{ mgPt}/\text{dm}^3$ , utlenialność  $200 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ . Na rysunku 9-3 przedstawiono proponowany układ mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych z zastosowaniem koagulacji





UKŁAD OCZYSZCZALNI MECHANICZNO – BIOLOGICZNEJ  
 Z DOCZYSZCZANIEM ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH  
 METODĄ WYDZIELONEJ KOAGULACJI.

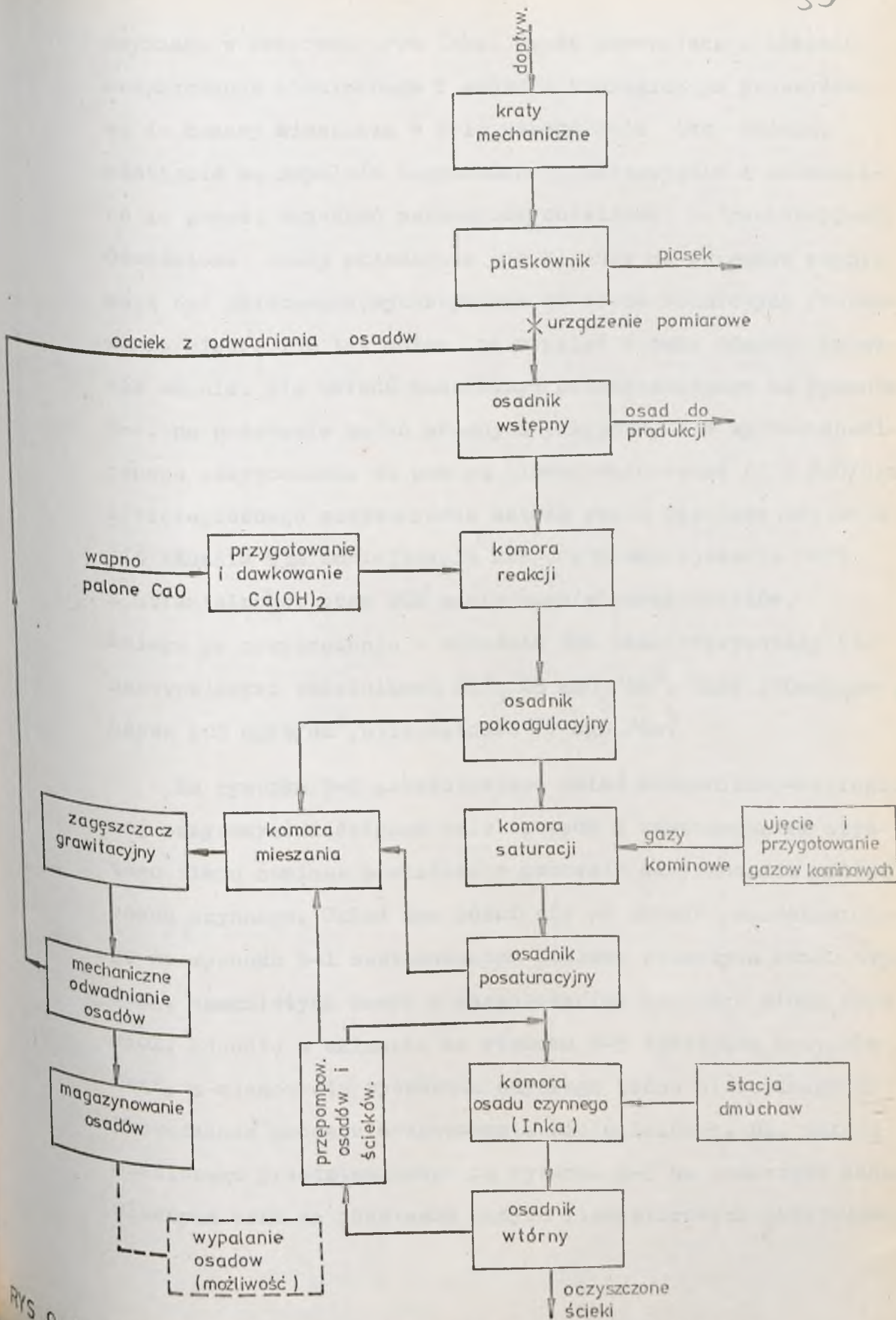
RYS. 9-2.





symultanicznej w stopniu biologicznego oczyszczania metodą osadu czynnego. W układzie tym wykorzystuje się do przeprowadzenia koagulacji symultanicznej istniejące urządzenia oczyszczalni biologicznej takie jak: komorę osadu czynnego i osadnik wtórny. Między komorą napowietrzania, a osadnikiem wtórnym znajduje się komora reakcji do której dawkowany jest koagulant - siarczan glinowy. Powstające mieszane chemiczno-biologiczne osady są zagęszczane w zagęszczaczu grawitacyjnym, a następnie mechanicznie <sup>odwadniane</sup> za pomocą wirówek sedymentacyjnych. Podobnie jak w przypadku układu 9-2 przewidziano kondycjonowanie osadów odwadnianych mechanicznie za pomocą flokulantów. Dla układu przedstawionego na rysunku 9-3 na podstawie badań własnych przyjęto, że w wyniku biologiczno-chemicznego oczyszczania metodą koagulacji symultanicznej z zastosowaniem siarczanu glinowego uzyskuje się 91% zmniejszenia BZT<sub>5</sub>, 67% zmniejszenia ChZT, 73% zmniejszenia utlenialności i 83% zmniejszenia barwy ścieków. Ścieki po oczyszczeniu w układzie 9-3 charakteryzowały się następującymi właściwościami: BZT<sub>5</sub> - 23 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, ChZT-370 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> barwa - 184 mgPt/dm<sup>3</sup>, utlenialność 122 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>.

Na rysunku 9-4 przedstawiono układ mechaniczno-chemiczno-biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych. Ścieki po oczyszczeniu na kratkach w piaskowniku i osadniku wstępnym przepływają do stopnia chemicznego oczyszczania za pomocą tlenku wapniowego. Stopień chemicznego oczyszczania składa się z komory reakcji, gdzie do ścieków dodawane jest mleko wapienne, osadnika pokoagulacyjnego, komory saturacji gdzie doprowadzane są ujmowane wcześniej gazy kominowe oraz osadnika posaturacyjnego. Po stopniu oczyszczania chemicznego następuje stopień oczyszczania biologicznego metodą osadu



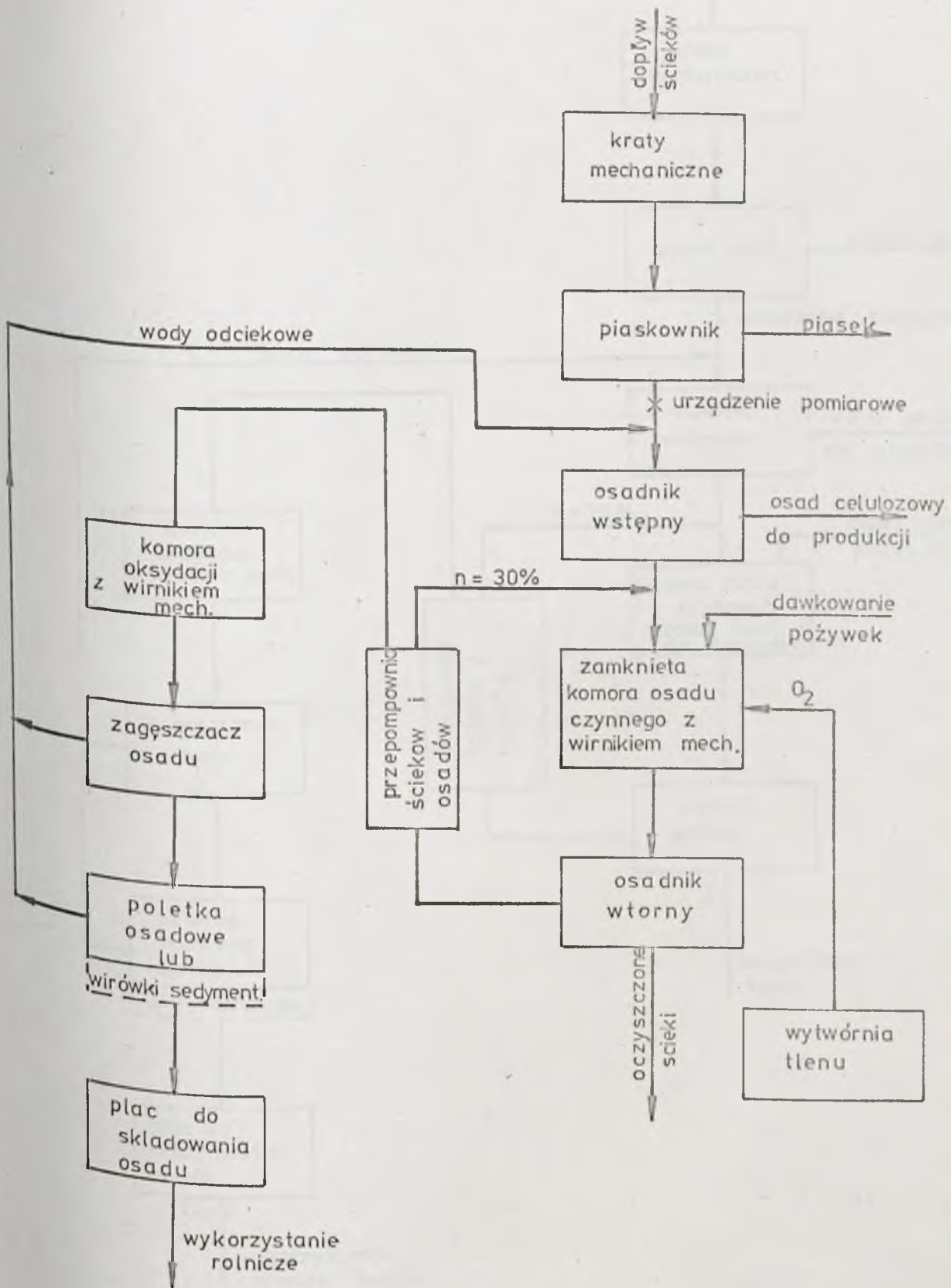
RYS. 9-4.

UKŁAD MECHANICZNO-CHEMICZNO-BIOLOGICZNEJ OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH.



czynnego w komorach typu Inka. Osady powstające w stopniu oczyszczania chemicznego i stopniu biologicznym przesyłane są do komory mieszania w celu uśrednienia ich składu, następnie są wspólnie zagęszczane grawitacyjnie i odwadniane za pomocą urządzeń mechanicznych/wirówki sedymentacyjne/. Odwodnione osady składające się głównie ze związków wapnia mogą być składowane, wykorzystane do celów rolniczych /wapnowanie gleb/, lub też można je wypalać w celu odzysku związków wapnia. Dla układu modelowego przedstawionego na rysunku 9-4, na podstawie badań własnych przyjęto, że w wyniku chemicznego oczyszczania za pomocą tlenku wapniowego /2 g CaO/dm<sup>3</sup>/ i biologicznego oczyszczania metodą osadu czynnego uzyskuje się łącznie 93% zmniejszenia BZT<sub>5</sub>, 83% zmniejszenia ChZT i utlenialności oraz 90% zmniejszenia barwy ścieków. Ścieku po oczyszczeniu w układzie 9-4 charakteryzowały się następującymi wskaźnikami: BZT<sub>5</sub> 18 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, ChZT 190mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, barwa 108 mgPt/dm<sup>3</sup>, utlenialność 77 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>.

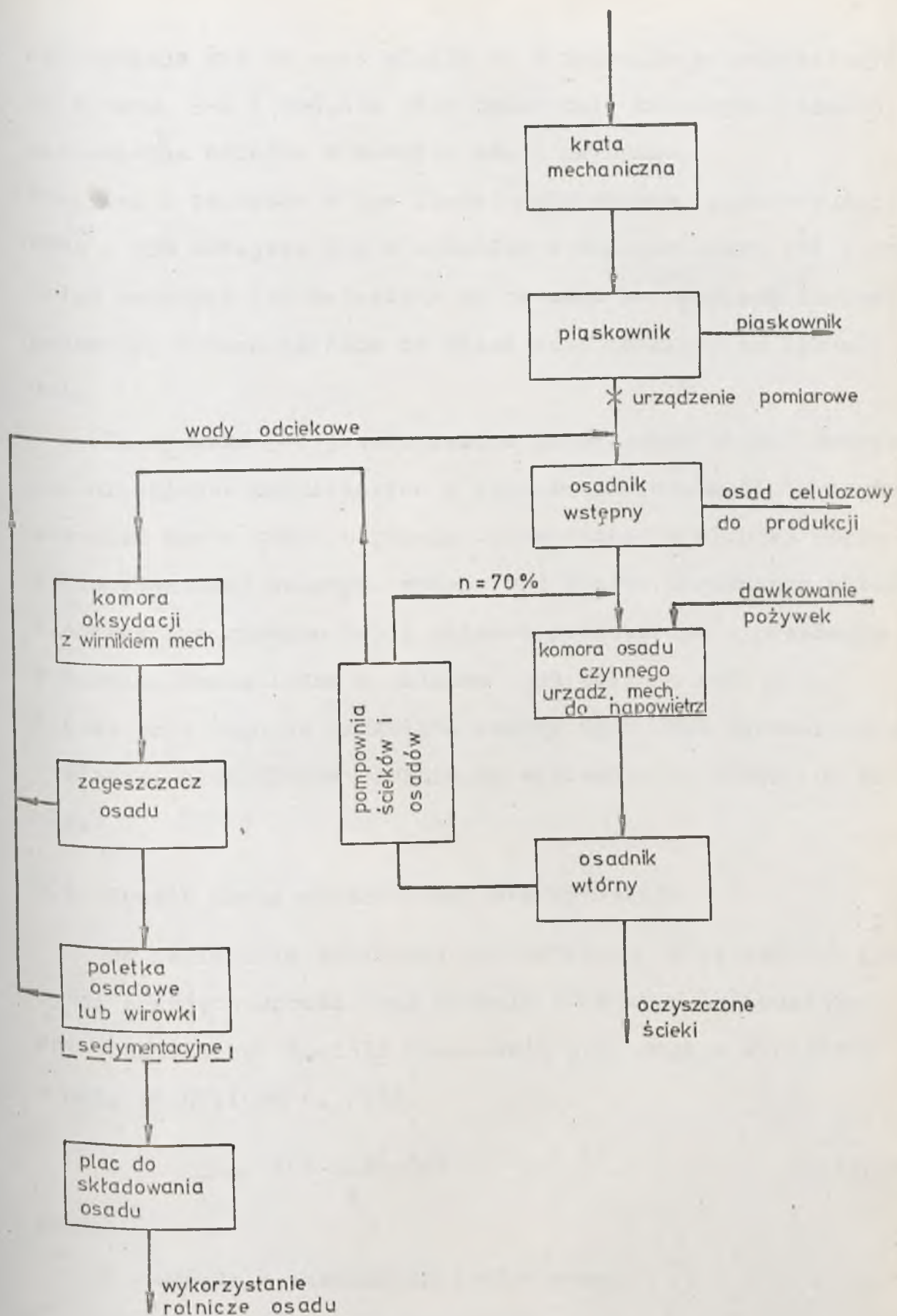
Na rysunku 9-5 przedstawiono układ mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza w procesie oczyszczania metodą osadu czynnego. Układ ten różni się od układu przedstawionego na rysunku 9-1 zastosowaniem zamiast otwartych komór typu Inka, zamkniętych komór z zastosowaniem czystego tlenu, typu UNOX. Ponadto w układzie na rysunku 9-5 występuje nowy element, a mianowicie wytwórnia czystego tlenu niezbędnego do prowadzenia procesu oczyszczania biologicznego. Dla układu modelowego przedstawionego na rysunku 9-5 na podstawie badań własnych oraz na podstawie danych literaturowych przyjmujemy,



RYS. 9-5.

UKŁAD MECHANICZNO-BIOLOGICZNEJ OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH Z ZASTOSOWANIEM CZYSTEGO TLENU ZAMIAST POWIETRZA.





RYS. 9-6. PORÓWNAWCZY UKŁAD MECHANICZNO - BIOLOGICZNY OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH Z ZASTOSOWANIEM POWIETRZA / WIRNIKI /.

że uzyskuje się te same efekty co w układzie przedstawionym na rysunku 9-1 i 9-6, ale przy dwukrotnie krótszych czasach natleniania ścieków w komorze osadu czynnego.

Przyrost i związane z tym ilości nadmiernego osadu czynnego będą o 35% mniejsze niż w układzie z zastosowaniem powietrza.

Układ modelowy przedstawiony na rysunku 9-6 posiada te same parametry technologiczne co układ przedstawiony na rysunku 9-1.

Na rysunku 9-6 przedstawiono porównawczy układ oczyszczalni ścieków celulozowych z użyciem powietrza, ale z zastosowaniem komór osadu czynnego wyposażonego w wirniki mechaniczne. Bardziej celowym wydaje się bowiem porównanie układu tlenowego na rysunku 9-5 z układem powietrznym wyposażonym w wirniki mechaniczne z układem typu Inka na rys. 9-1. Wynika to z tego, że zamknięte komory typu UNOX wyposażone są w wirniki mechaniczne służące do wprowadzenia tlenu do ścieków.

### 9.3. Sposób oceny ekonomicznej efektywności.

Do obliczenia wskaźnika ekonomicznej efektywności inwestycji przyjęto uproszczoną formułę zgodnie z Zarządzeniem Przewodniczącego Komisji Planowania przy Radzie Ministrów z dnia 26.07.1974 r. /93/.

$$E = \frac{J/r + s/ + K}{W}$$

/1/ •

gdzie:

E - wskaźnik ekonomicznej efektywności

W - wielkość efektu użytkowego

J - nakłady inwestycyjne, które wynoszą



$$J = I / 1 + 0,5 b \cdot r / \quad /2/$$

r- stopa dyskontowa przyjmowana w wysokości

$$r = 0,08$$

s - średnia stawka amortyzacyjna

K - roczna koszty eksploatacji pomniejszone o amortyzację na odtworzenie

b- okres budowy przyjmowany jako 3 lata.

Jako efekt użytkowy przyjęto:

- średnią roczną ilość oczyszczonych ścieków

$$W_1 = 365 \cdot Q / m^3/dn / \quad /3/$$

- średnią roczną ilość zanieczyszczeń zatrzymywanych

w oczyszczalni wyrażono przez BZT<sub>5</sub>

$$W_2 = 365 \cdot Q / Sp - Sk / \quad /kg BZT_5 \text{ usun/rok/} \quad /4/$$

- średnią roczną ilość zanieczyszczeń zatrzymywanych

w oczyszczalni wyrażoną przez ChZT

$$W_3 = 365 \cdot Q / Sp - Sk / \quad /kg ChZT \text{ usun/rok/} \quad /5/$$

- średnią roczną ilość zanieczyszczeń zatrzymywanych

w oczyszczalni wyrażoną przez barwę ścieków

$$W_4 = 365 \cdot Q / Sp - Sk / \quad /kg Pt \text{ usun/rok/} \quad /6/$$

gdzie Sp jest stężeniem zanieczyszczeń w ściekach surowych a Sk jest stężeniem zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych.

Przy obliczaniu nakładów inwestycyjnych określono dla trzech rozpatrywanych wielkości oczyszczalni ścieków sumę nakładów na podstawowe obiekty technologiczne oraz sumę całkowitych nakładów inwestycyjnych. Jednostkowe

wskaźniki kosztów inwestycyjnych dla poszczególnych obiektów oczyszczalni przyjęto wg Zamorskiego /85/ przy uwzględnieniu współczynnika wzrostu kosztów od roku 1969 do 1977.

Przy obliczaniu kosztów eksploatacyjnych oczyszczalni ścieków uwzględniono: koszty obsługi urządzeń, koszty zużytej energii elektrycznej, koszty reagentów używanych przy oczyszczaniu ścieków i odwadnianiu osadów ściekowych, koszty remontów kapitalnych i bieżących, koszty ogólne i koszty amortyzacji. Koszty ogrzewania oraz koszty wody używanej do celów technologicznych zostały pominięte ze względu na ich stosunkowo niedużą wielkość w porównaniu z poprzednimi składnikami kosztów eksploatacyjnych. Sposób obliczania nakładów inwestycyjnych i kosztów eksploatacyjnych podano w załączniku 1 do niniejszej pracy.

#### 9.4. Wyniki wstępnej analizy ekonomicznej i ich dyskusja.

Porównanie wskaźników efektywności inwestycji  $E$  rozpatrywanych 6 modelowych układów oczyszczalni ścieków celulozowych /dla trzech wielkości przepływów/ zawarto w tabelicy 9-1. Wskaźniki efektywności inwestycji obliczono w stosunku do ilości oczyszczonych ścieków oraz w stosunku do ładunku usuniętych zanieczyszczeń wyrażonych przez  $BZT_5$ ,  $ChZT$  i barwę ścieków.

Na podstawie danych zawartych w tabelicy 9-1 sporządzono na rysunku 9-7 wykres zależności wskaźnika efektywności inwestycji  $E_1$  /odniesionego do ilości oczyszczonych





ścieków/ od wielkości oczyszczalni ścieków dla różnych schematów technologicznych. W miarę wzrostu wielkości oczyszczalni wskaźniki efektywności  $E_1$  dla wszystkich układów maleją. Najkorzystniejsze, a więc najmniejsze wartości wskaźnika  $E_1$  posiada układ oczyszczalni mechaniczno-biologicznej z zastosowaniem czystego tlenu. Najmniej ekonomicznym układem okazał się układ z zastosowaniem wydzielonej koagulacji po biologicznym oczyszczaniu za pomocą siarczanu żelazawego.

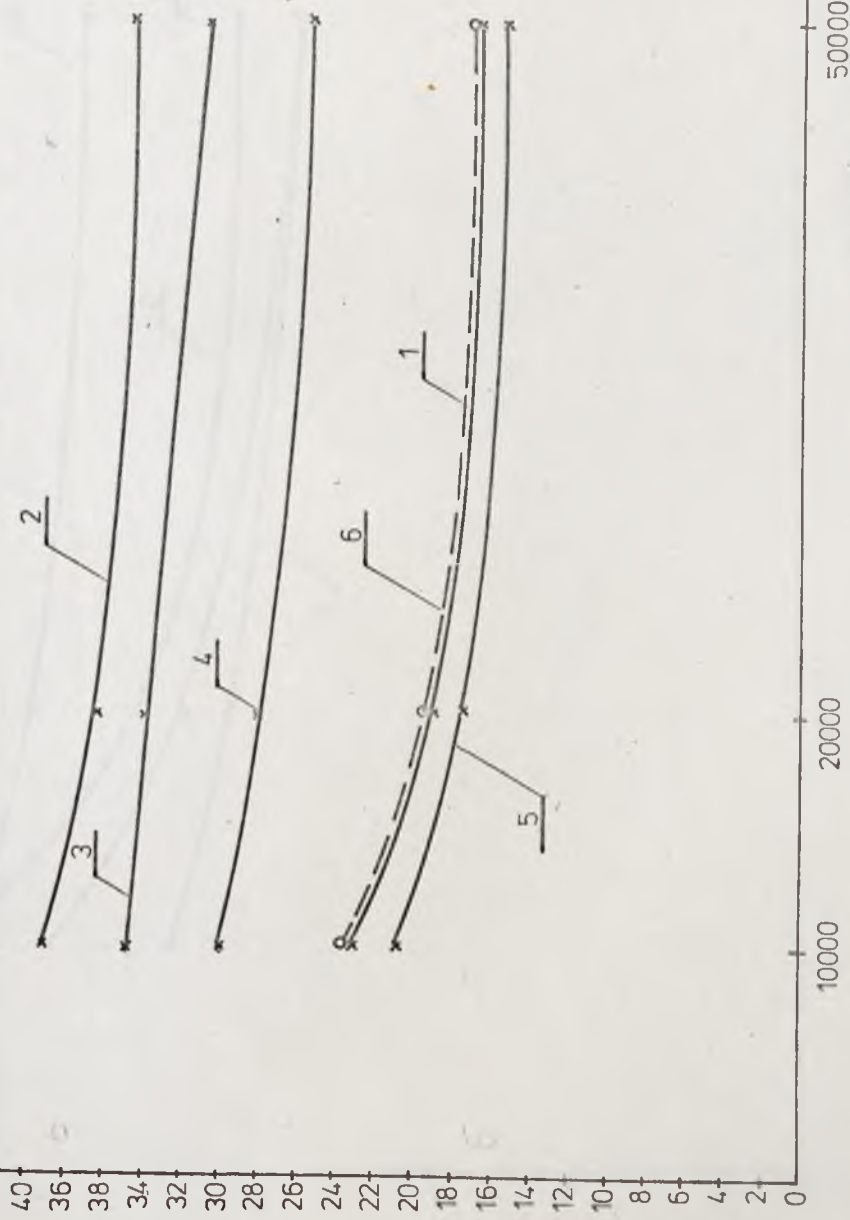
Na rysunku 9-8 przedstawiono zależność wskaźnika efektywności inwestycji  $E_2$  od wielkości oczyszczalni ścieków celulozowych dla różnych schematów technologicznych. Wskaźnik  $E_2$  obliczony został w stosunku do usuniętego  $BZT_5$ . Najmniejsze wartości wskaźnika  $E_2$  wystąpiły dla układu z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza. Podobnie jak w przypadku wskaźnika  $E_1$  największe wartości wskaźnika  $E_2$  wystąpiły dla układu oczyszczalni mechaniczno-biologiczno-chemicznej/ wydzielona koagulacja/.

Na rysunku 9-9 przedstawiono zależność wskaźnika efektywności  $E_3$  od wielkości oczyszczalni ścieków celulozowych dla różnych schematów technologicznych. Wskaźnik  $E_3$  obliczony został w stosunku do usuniętego ładunku ChZT. Najbardziej ekonomicznym z punktu widzenia usuwania ChZT okazał się układ oczyszczalni mechaniczno-chemiczno-biologicznej.

Na rysunku 9-10 przedstawiono zależność wskaźnika efektywności inwestycji  $E_4$  od wielkości oczyszczalni ścieków celulozowych dla różnych schematów technologicznych.



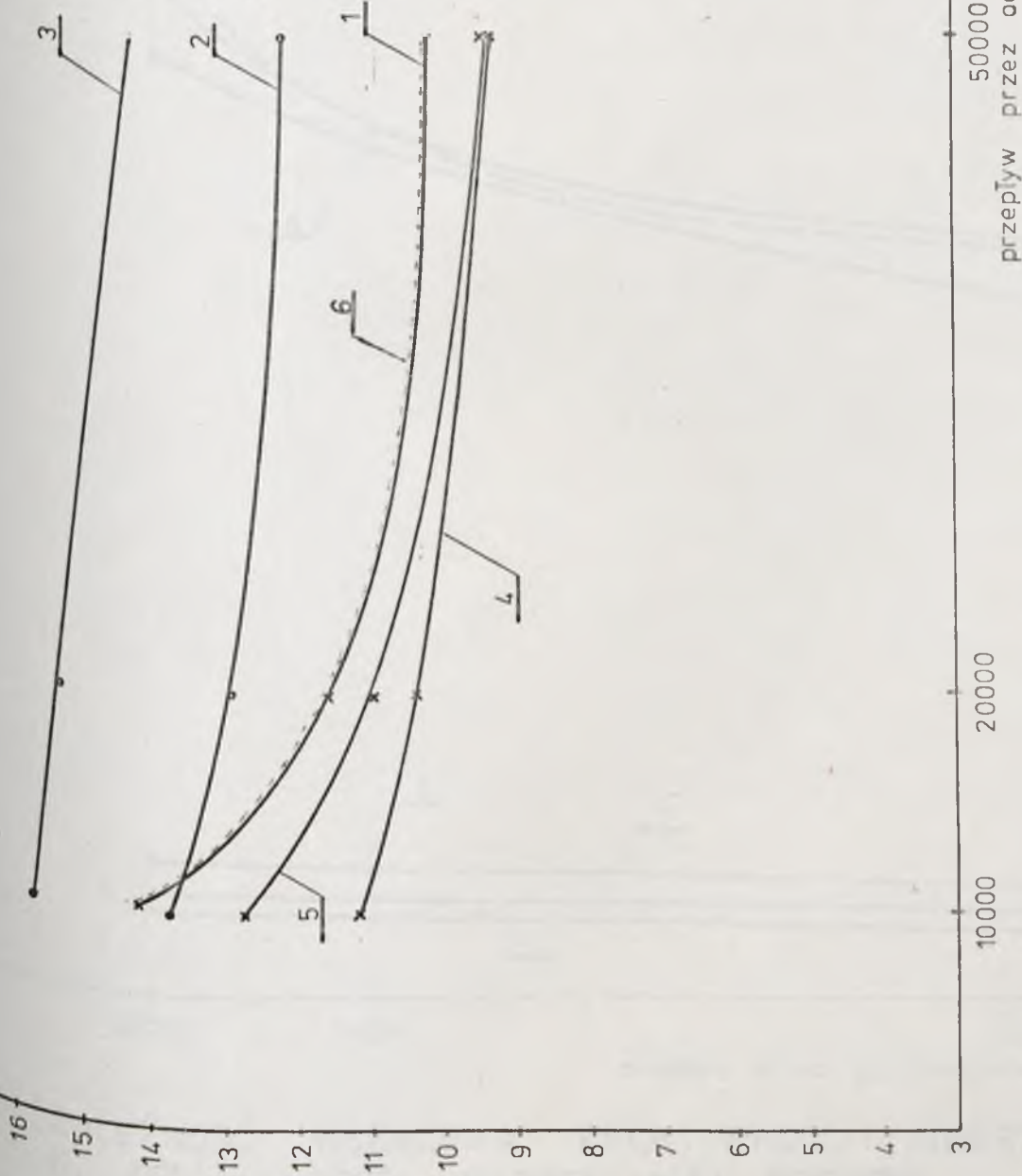
Wskaźnik efektywności inwestycji  $E_2$  w [zł/kg BZTS usun.]



RYS. 9-8. ZALEŻNOŚĆ WSKAŹNIKA EFEKTYWNOŚCI INWESTYCJI  $E_2$  OD WIELKOŚCI OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH DLA RÓŻNYCH SCHEMATÓW TECHNOLOGICZNYCH.

- 1 Układ oczyszczalni mechaniczno — biologicznej z komorami Inka
- 2 Układ oczyszczalni mechaniczno — biologiczno — chemicznej [ koagulacja ]
- 3 Układ oczyszczalni mechaniczno — biologicznej z koagulacją, symultaniczną,
- 4 Układ oczyszczalni mechaniczno — chemiczno — biologicznej
- 5 Układ oczyszczalni z użyciem czystego tlenu
- 6 Porównawczy układ oczyszczalni mechaniczno — biologicznej z użyciem powietrza [ wirniki mechaniczne ]

Wskaźnik efektywności inwestycji  $E_3$  w [zł/kg ChZT usun.]

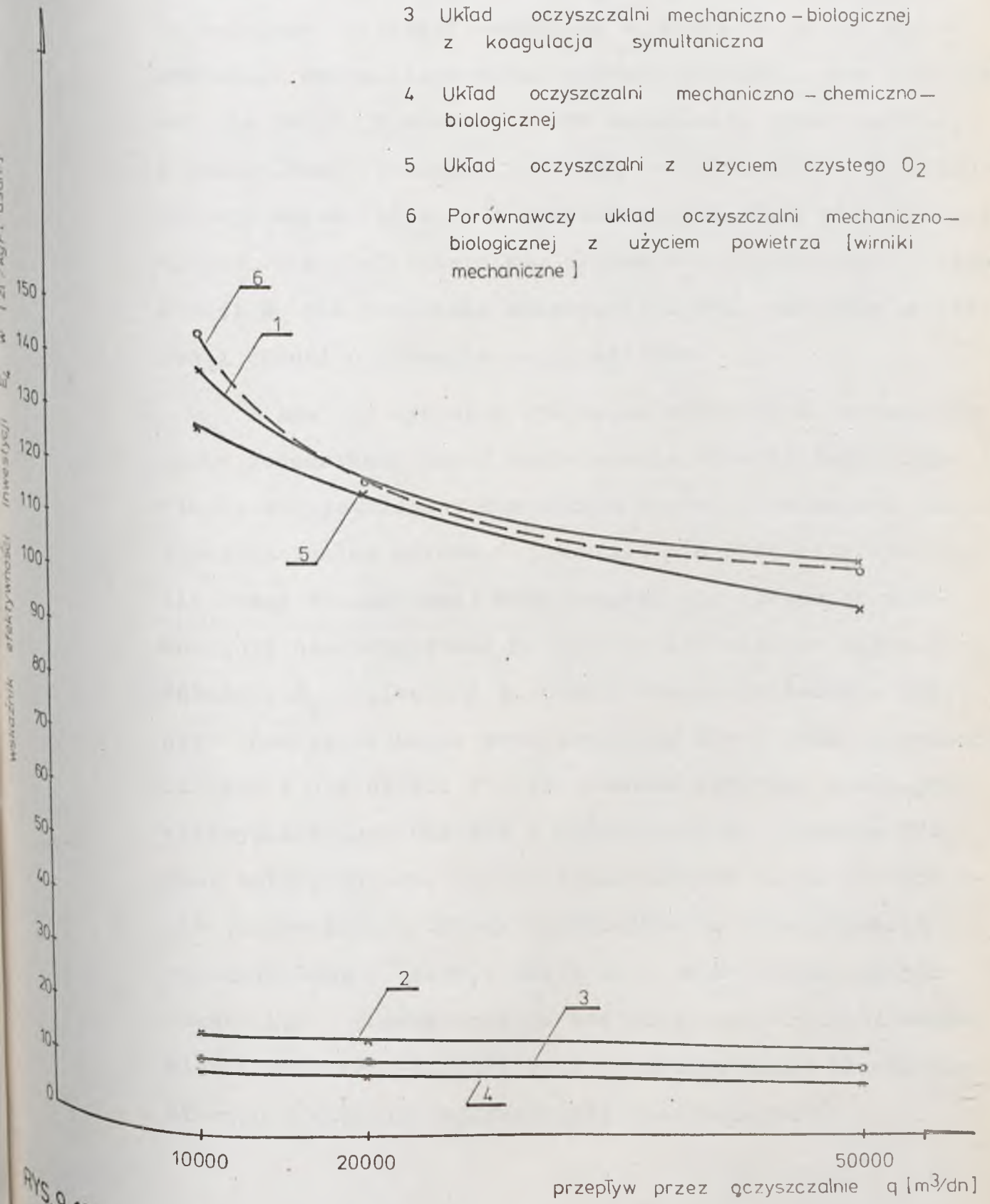


- 1 Układ oczyszczalni mechaniczno-biologicznej z komorami Inka
- 2 Układ oczyszczalni mechaniczno-biologiczno-chemicznej [koagulacja]
- 3 Układ oczyszczalni mechaniczno-biologicznej z koagulacją, symultaniczną
- 4 Układ oczyszczalni mechaniczno-chemiczno-biologicznej
- 5 Układ oczyszczalni z użyciem czystego tlenu
- 6 Porównawczy układ oczyszczalni mechaniczno-biologicznej z użyciem powietrza [wirniki mechaniczne]

RYS. 9-9 ZALEŻNOŚĆ WSKAŹNIKA EFEKTYWNOŚCI  $E_3$  OD WIELKOŚCI OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH DLA RÓŻNYCH SCHEMATÓW TECHNOLOGICZNYCH



- 1 Układ oczyszczalni mechaniczno – biologicznej z komorami Inka
- 2 Układ oczyszczalni mechaniczno – biologiczno – chemicznej
- 3 Układ oczyszczalni mechaniczno – biologicznej z koagulacją symultaniczną
- 4 Układ oczyszczalni mechaniczno – chemiczno – biologicznej
- 5 Układ oczyszczalni z użyciem czystego O<sub>2</sub>
- 6 Porównawczy układ oczyszczalni mechaniczno – biologicznej z użyciem powietrza [wirniki mechaniczne]



RYS. 9-10. ZALEŻNOŚĆ WSKAŹNIKA EFEKTYWNOŚCI INWESTYCJI E<sub>4</sub> OD WIELKOŚCI OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW CELULOZOWYCH DLA RÓŻNYCH SCHEMATÓW TECHNOLOGICZNYCH.

Wskaźnik efektywności inwestycji  $E_4$  został obliczony w stosunku do wielkości usuniętego ładunku barwy. Najmniejsze wartości wskaźnika  $E_4$  posiadał układ oczyszczalni mechaniczno-chemiczno-biologicznej. Droższym okazał się układ z zastosowaniem koagulacji symultanicznej i wydzielonej koagulacji. Układy oczyszczalni mechaniczno-biologicznych, tlenowe i powietrzne posiadały wielokrotnie wyższe wartości wskaźników ekonomicznej efektywności inwestycji  $E_4$  niż pozostałe układy, czyli były znacznie droższe jeśli chodzi o usuwanie barwy ścieków.

Z analizy wykresów wynika, że wskaźnik  $E_1$  wyrażający jakby jednostkowy koszt oczyszczania ścieków jest oczywiście korzystniejszy dla układu konwencjonalnego i układu z zastosowaniem czystego tlenu, ale nie jest on miarodajny dla oceny ekonomicznej efektywności analizowanych układów, gdyż nie uwzględnia on różnicy ich efektów użytkowych. Wskaźnik  $E_2$  odniesiony do ilości usuwanego ładunku  $BZT_5$  jest również wyraźnie korzystniejszy dla układu konwencjonalnego i dla układu z zastosowaniem czystego tlenu, gdyż efektywność tych układów w odniesieniu do usuwania  $BZT_5$  jest bardzo wysoka. Układy trójstopniowe natomiast wyraźnie przewyższają układy konwencjonalne efektywnością usuwania  $ChZT$  i barwy, a wśród nich najkorzystniejszymi wskaźnikami charakteryzuje się układ oczyszczalni mechaniczno-chemiczno-biologicznej z zastosowaniem tlenku wapniowego w stopniu oczyszczania chemicznego.



### 9.5. Podsumowanie analizy ekonomicznej.

1. Układ mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych z zastosowaniem komór osadu czynnego typu INKA charakteryzuje się stosunkowo niskimi wartościami wskaźników efektywności inwestycji w przeliczeniu na ilość oczyszczanych ścieków, ładunek usuniętego  $BZT_5$  i ChZT ścieków. Bardzo wysokie są natomiast wartości wskaźnika efektywności w odniesieniu do usuwanego ładunku barwy ścieków. W miarę wzrostu wielkości oczyszczalni wskaźniki ekonomicznej efektywności inwestycji maleją.
2. Układ oczyszczania ścieków celulozowych z zastosowaniem wydzielonej koagulacji po stopniu oczyszczania biologicznego charakteryzuje się najwyższymi wartościami wskaźnika efektywności w odniesieniu do ilości oczyszczonych ścieków usuniętego ładunku  $BZT_5$ , ChZT czyli jest najdroższy.
3. Najkorzystniejsze wartości współczynnika efektywności odniesionych do usuniętego ładunku ChZT i barwy ścieków uzyskano dla układu mechaniczno-chemiczno-biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych. Znacznie wyższe wartości wskaźnika efektywności uzyskano dla układu oczyszczalni z zastosowaniem koagulacji symultanicznej.

4. Zastosowanie czystego tlenu w procesie biologicznego oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego jest ekonomicznie uzasadnione dla wszystkich trzech rozpatrywanych przepustowości oczyszczalni. Wartości wskaźników efektywności i inwestycji dla układu z czystym tlenem są niższe niż w układach z zastosowaniem powietrza zarówno jeśli chodzi o rozwiązanie z użyciem komór typu Inka i komór napowietrzanych wirnikami mechanicznymi.



## 10. PODSUMOWANIE I WNIOSKI KONCOWE.

1. W pracy przedstawiono aktualny stan w dziedzinie oczyszczania ścieków celulozowych z produkcji celulozy metodą siarczanową w kraju i za granicą. Przeanalizowano pracę istniejących mechaniczno-biologicznych oczyszczalni ścieków celulozowych w Ostrołęce i Swieciu.

Uzyskiwane efekty oczyszczania ścieków celulozowych zwłaszcza w zakresie zmniejszenia ChZT, utlenialności i barwy są niedostateczne i konieczne jest zastosowanie dodatkowych stopni i metod dla ich doczyszczania. W celu polepszenia efektywności oczyszczania ścieków celulozowych zbadano na przykładzie ścieków z Ostrołęckich Zakładów Celulozowo-Papierniczych następujące metod:

- a/ doczyszczanie ścieków po biologicznym oczyszczaniu metodą koagulacji przy użyciu takich reagentów jak: siarczan glinowy, siarczan żelazawy i tlenek wapniowy,
- b/ zastosowanie procesu koagulacji symultanicznej przy użyciu siarczanu glinowego w trakcie oczyszczania biologicznego ścieków metodą osadu czynnego,
- c/ Oczyszczanie ścieków w układzie dwustopniowym, chemicznie za pomocą wapna i biologicznie metodą osadu czynnego.
- d/ oczyszczanie ścieków celulozowych metodą osadu czynnego z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza w procesie aeracji.

2. Zastosowanie procesu koagulacji przy użyciu siarczanu glinowego dawało znaczne efekty zmniejszenia barwy, utlenialności i ChZT ścieków celulozowych po oczyszczeniu biologicznym. Dla dawki optymalnej wynoszącej  $300-400 \text{ mg Al}_2\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$  uzyskano ponad 90% zmniejszenia barwy i ponad 80% zmniejszenia ChZT ścieków. Duże dawki reagentu

można było zmniejszyć przez obniżenie odczynu pH w trakcie prowadzenia procesu koagulacji oraz przez dodatek flokulantów. Wadą procesu było powstawanie znacznych ilości osadu pokoagulacyjnego /20 do 25 % objętości ścieków/które charakteryzowały się bardzo wysokim uwodnieniem, słabo zagęszczaly się i odwadniały.

3. Przy stosowaniu siarczanu żelazawego do oczyszczania ścieków celulozowych, po oczyszczaniu biologicznym, optymalna dawka koagulantów wynosiła  $1000 \text{ mgFeSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O/dm}^3 + 250 \text{ mg CaO/dm}^3$ . Dla dawki optymalnej uzyskano 74% zmniejszenia barwy i 72% zmniejszenia ChZT ścieków. Ilość osadów pokoagulacyjnych stanowiła około 20% objętości oczyszczanych ścieków. Powstające osady miały znacznie lepsze właściwości z punktu widzenia procesu ich dalszego odwadniania niż osady z koagulacji ścieków za pomocą siarczanu glinowego.

4. Przy stosowaniu tlenku wapniowego do oczyszczania ścieków celulozowych oczyszczonych biologicznie optymalna dawka wynosiła  $3000 - 4000 \text{ mgCaO/dm}^3$ . Dla dawki optymalnej uzyskiwano przeszło 90% zmniejszenia barwy i 53% zmniejszenia ChZT ścieków. Ilość powstających osadów stanowiła 6% objętości oczyszczanych ścieków i osad ten charakteryzował się bardzo dobrymi zdolnościami do zagęszczania grawitacyjnego oraz posiadał niski opór filtracji. Ścieki jednak po oczyszczeniu posiadały wysoki odczyn /pH = 12,0/ i musiałyby być neutralizowane przed odprowadzeniem do odbiornika.



5. Badania procesu koagulacji symultanicznej przeprowadzono w modelu przepływowym odzwierciedlającym układ biologiczny oczyszczalni ścieków Ostrołęckich Zakładów Celulozowo-Papierniczych. Do mieszaniny ścieków z osadem czynnym po komorze napowietrzania dodawano wzrastające dawki siarczanu glinu w zakresie 25-450 mg  $Al_2/SO_4/3/dm^3$ . Dla dawki optymalnej wynoszącej 450 mg  $Al_2/SO_4/3/dm^3$  uzyskano 83% zmniejszenia barwy ścieków i 67% zmniejszenia ChZT ścieków. Efekty oczyszczania w zakresie obniżenia BZT<sub>5</sub> ścieków celulozowych nie uległy znacznej poprawie w porównaniu z samym procesem biologicznego oczyszczania metodą osadu czynnego.
6. W trakcie prowadzenia badań procesu koagulacji symultanicznej nastąpiła przemiana charakteru osadu czynnego z bakteryjnego na grzybowy. Było to przyczyną wahań aktywności dehydrogenazowej osadu czynnego /test TTC/. Właściwości filtracyjnego osadu nadmiernego przy prowadzeniu procesu koagulacji symultanicznej były znacznie lepsze w porównaniu z właściwościami osadu nadmiernego z komory osadu czynnego gdzie nie dodawano siarczanu glinowego. Metoda koagulacji symultanicznej może być wprowadzona do eksploatacji praktycznie bez dodatkowych nakładów inwestycyjnych, ale omawiany proces wymaga dużych dawek reagentów. Ponadto w wyniku wprowadzenia siarczanu glinowego bezpośrednio do komory osadu czynnego duże dawki koagulantu wpływały na pracę osadu czynnego i jego skład.
7. Oczyszczanie ścieków celulozowych w układzie dwustopniowym chemicznie za pomocą tlenku wapniowego i biologicznie

metodą osadu czynnego przeprowadzono w warunkach przepływowych /skala ćwierćtechniczna/ w dwóch seriach badawczych. W wyniku chemicznego oczyszczania ścieków stosując dawkę  $2\text{gCaO/dm}^3$  uzyskano średnio 54% zmniejszenia ChZT, 65% zmniejszenia utlenialności, 88% zmniejszenia barwy i 42% zmniejszenia  $\text{BZT}_5$  ścieków. Następujący po stopniu chemicznym stopień biologicznego oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego dawał dalsze zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych.

W wyniku chemicznego i biologicznego oczyszczania ścieków uzyskano średnio 83% zmniejszenia ChZT, 83% zmniejszenia utlenialności, 90% zmniejszenia barwy i 93% zmniejszenia  $\text{BZT}_5$ . Osady powstające w stopniu chemicznego oczyszczania charakteryzowały się niskimi oporami filtracji, /zwłaszcza osad posaturacyjny/ i dobrze odwadniały się na drodze filtracji próżniowej oraz przez odwirowanie.

8. Badania oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego w układzie modelowym z zastosowaniem czystego tlenu i badania porównawcze w układzie ścieków <sup>wykazały ze wyniki</sup> w zakresie zmniejszenia  $\text{BZT}_5$ , ChZT, utlenialności i barwy uzyskiwane w układzie "tlenowym" były wyraźnie lepsze niż w układzie powietrznym.
9. Osad czynny w układzie z zastosowaniem czystego tlenu charakteryzował się większą odpornością przy okresowych, niekorzystnych zmianach własności ścieków niż osad czynny z układu powietrznego. Ilości osadu nadmiernego powstającego w układzie oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego z zastosowaniem czystego tlenu zamiast



powietrza były o około 35–40% mniejsze niż przyrosty osadu w układzie powietrznym. Osad czynny układu tlenowego charakteryzował się korzystniejszym składem hydrobiologicznym niż osad czynny pochodzący z porównawczego układu powietrznego. Nadmierny osad czynny z układu tlenowego posiadał lepsze własności sedymentacyjne i lepiej zagęszczał się niż osad nadmierny z układu powietrznego, a także charakteryzował się korzystniejszymi własnościami przy odwadnianiu na drodze filtracji próżniowej i odwirowania. Opór właściwy filtracji osadu z układu tlenowego był znacznie niższy niż opór filtracji osadu z układu powietrznego.

10. Z przeprowadzonej wstępnej analizy ekonomicznej wynika, że najniższe wartości wskaźników efektywności odniesionych do usuniętego ładunku ChZT i barwy ścieków uzyskano dla układu mechaniczno-chemiczno-biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych. Znacznie wyższe wartości wskaźników, a więc mniej korzystne uzyskano dla układu oczyszczalni z zastosowaniem koagulacji symultanicznej. Zastosowanie czystego tlenu w procesie biologicznego oczyszczania ścieków celulozowych było ekonomicznie uzasadnione dla wszystkich trzech rozpatrywanych przepustowości oczyszczalni.
11. Na podstawie przeprowadzonych badań własnych oraz z przeprowadzonej wstępnej analizy ekonomicznej wynika, że najlepszą metodą polepszenia efektywności oczyszczania ścieków celulozowych jest zastosowanie układu oczyszczania ścieków surowych za pomocą tlenu wapniowego

i późniejsze ich oczyszczanie biologiczne metodą osadu czynnego. Metoda ta zapewnia uzyskanie najwyższych efektów oczyszczania ścieków w zakresie redukcji ChZT, barwy ścieków przy najmniejszych wartościach wskaźników efektywności inwestycji. Metoda ta może być zastosowana w istniejących oczyszczalniach ścieków celulozowych /Ostrołęka, Świecie/, po wybudowaniu stopni oczyszczania chemicznego ścieków surowych, a także powinna być uwzględniona przy budowie nowych oczyszczalni ścieków dla zakładów produkcji celulozy metodą siarczanową.

12. Ze względu na małą skalę prowadzonych badań /laboratoryjne i ćwierćtechniczne/ celowe jest ich kontynuowanie w większej skali półtechnicznej. Program dalszych badań powinien ponadto obejmować:
- a/ badanie procesu koagulacji symultanicznej z zastosowaniem innych koagulantów,
  - b/ badanie wpływu zmian stężenia ścieków celulozowych na efektywność ich oczyszczania w układzie mechaniczno-chemiczno-biologicznym,
  - c/ badania procesu oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego z zastosowaniem czystego tlenu w zamkniętych wielostopniowych komorach wg. rozwiązania typu UNOX.



WYKAZ PIŚMIENICTWA

1. Bara M. Podstawowe zasady gospodarki wodnej i ściekowej w przemyśle celulozowo - papierniczym. Materiał Sekcji Ochrony Czystości Wód. Polskiego Komitetu Gospodarki Wodnej NOT. Warszawa - marzec 1974.
2. Meinck F., Stooff M., Kohlschütter H. Ścieki przemysłowe. Arkady. Warszawa 1975.
3. Pulp & Paper. Industry Wastewater Treatment with the Unox System. April 1975, Materiały firmowe.
4. Koziorowski B., Kucharski J. Ścieki przemysłowe. Wydawnictwa Naukowo Techniczne Warszawa 1964.
5. Wagner H. Die Bewertung von Abwasseranleitungen. Ges. Ing. 71 /1950/ 73.
6. Szmidt G. Die Arbeitsweise eines Savalla - Stoffängers im Betrieb. Papier. 7./1953/190.
7. Rohr H. Pollution Control by recovery. Industrial Water Wastes 7/1962/105.
8. Zieliński J. Biologiczne oczyszczalnie ścieków pocelulozowych. Przegląd Papierniczy 16.272/1960/.
9. Gehm H. The activated sludge process for pulp and paper mill effluent. Industrial Water and Wastes. 8./1963/zesz.4.23.
10. Pobis J. Belebtschlamm. als 2 Stufe der Reinigung von Abwasser der Kraftzellstoffherstellung. Vodni Hospodarstvi 14 /1964/480.
11. Gańczarczyk J. Oczyszczanie ścieków metodą osadu czynnego. Arkady, Warszawa 1969.
12. Skowyrski E. Podwyższenie efektów oczyszczania ścieków celulozowych z OZCP. Praca dyplomowa. Inst. ZwiBW PW 1976 r.

13. Duda J. Ocena efektu działania i analiza wypadków uszkodzeń urządzeń oczyszczalni ścieków celulozowych w Zakładach Celulozy i Papieru w Świeciu n.Wisłą. Praca dyplomowa. Wydział ISiW . Politechniki Warszawskiej.
14. Spruil F.L. Color removal from paper mill waste. Proc 25 th Ind waste Conf. Purdue Univ. /1970/.
15. Kobayshi K. Studies on the sulfite spent liquor. Color characteristics. Wood. Res. Kyoto. N.26.10./1961/.
16. Norrström M. Spektra of lignin from pulp and spent liquor. Svensk Papperstidn 73.619./1970/.
17. Rydholm A. Pulping Processes. s. 538, Interscience Publ. New York /1965/.
18. Mc Glasson W.G. Thibodeaux L.J. Berger H.F. Potential uses of activated carbon for wastewater renovation, Tappi 49.521/1966/.
19. Warner M.L. Miller B.C. Water pollution control by in plant measures. Tappi 46.260/1963/.
20. Buldoc E.J.jr. Current status of NCSJ research and development program. Pulp and Paper Mag. Can.62.2 T 46/1967/ .
21. Bebin J. Developement and research into pulp and paper waste treatment in France. Pulp and Paper Mag.Can. 71.1053./1970/.
22. Leszczyński Cz., Zieliński J. Wpływ różnych czynników technologicznych na barwę ścieków pocelulozowych . Przegląd papierniczy. Nr 8 s.200 /1974/.
23. Leszczyński Cz. Opracowanie metody oznaczania barwy modelowych i rzeczywistych ścieków pocelulozowych /praca BUW-16/ 71./73/P-II/. Instytut Celulozowo - Papierniczy. Zakład Ochrony Środowiska.



24. Leszczyński Cz. Usuwanie barwy ścieków posiarczanowych, Przegląd Papierniczy. 1970, 26.221.
25. Olthof M.G. Eckenfelder W.Ir. Color removal from pulp and paper Wastewaters by coagulation. Water Research vol.9. N 10. 1975.
26. Gould M. Lime based process help decolor kraft wastewater. Chem. Engang. 55 /1971/.
27. Halska J., Żoźnowski H. Badania nad oczyszczaniem ścieków metodami mechaniczno - chemicznymi wraz ze wstępnym określe- niem parametrów odwadniania powstających osadów. BPGWS. Prosan Warszawa 1975. nr arch. 7678/L.
28. Żoźnowski H. Możliwości zastosowania saturowanej koagulacji do oczyszczania ścieków celulozowych i kondycjonowania nad- miernego osadu czynnego. BPGWS Prosan. 1975. nr arch.7677/2.
29. Hermanowicz W. Fizyczno chemiczne badania ścieków miejskich osadów ściekowych. Arkady 1967.
30. Baskerville R., Gale S. , A.Simple Automatic Instrument for Determining the Filtrability of Sewage Sludges. Journal of the Institute of Water Pollution Control, nr 2 1968.
31. Leszczyński Cz. Opracowanie jednolitej metodyki analizy ścieków w przemyśle celulozowo- papierniczym. Instytut Celu- lozowo Papierniczy . Zakład Produktów Ubocznych i Gospodarki Wodnej. Pracownia Gospodarki Wodnej Łódź 1963 r.
32. Apolinarski M. Apolinarska M. Badania nad odbarwieniem ście- ków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu metodą koagu- lacji siarczanem glinu. Praca Instytutu ZW i BW Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1975.

33. Apolinarski M, Apolinarska M. Badania nad odbarwieniem ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu . Konferencja Postęp Techniczny w Dziedzinie Oczyszczania Ścieków. Katowice, czerwiec 1975.
34. Leuman P. Die phosphatfallung an Kommunalen Abwasser nach dem simultanverfahren - Ihre Anwendung im der Schweiz. Das Gas und Wasserfach 114. Jahrgang Juni. 1973. 272.
35. Haris A.B. Alum Addition to Activated Sludge with Tertiary Solids Removal. Advan. Waste Treatment Research. Lab. EPA Cincinnati 1971. Pollution Abstracts. 72 -5 TF -0597/1972/
36. Zezn I. Pivnicka R. Effective Phosphorus Removal by the Addition of Alum to the Activated Sludge Process. Proc. 24th Industrial Waste Conf. Purdue University. Sewage 135 273/1969/
37. Brenner W.I. Combined Biological - Chemical Treatment for Control Phosphorus Advanced Waste Treatment and Water Reuse Pollution Abstracts 71-4 TF - 730/1971/.
38. Apolinarski M., Roman M., Skowyrski E., Ulaska Z., Zieliński J Wstępne badania odbarwiania ścieków celulozowych metodą koagulacji symultanicznej. Przegląd Papierniczy, 5. 1976.
39. Lelonkiewicz K. Adaptacja i zastosowanie metody określania aktywności dehydrogenazowej TTC osadu czynnego oczyszczającego ścieki z przemysłu celulozowo - papierniczego. Przegląd Papierniczy nr 28. s.215, 1972.
40. Leszczyński Cz. Praktyka usuwania barwy ścieków posiarczanowych. Przegląd Papierniczy. 1972. 28 nr 3.
41. Spruil E.L. Color removal and sludge recovery from total mill effluent. TAPPI. 1973. 56. nr 4, s.58-100.
42. Wrifht R. Oswalt J., Land J.: Color removal from kraft pulp mill effluents by massive lime treatment. TAPI 1974, 57 s.3.



44. Trubacek. J. Papier a Celulosa. 19. 8. 213. / 1964 /
43. Rapson B., Sullivan D.P. Now to clarify kraft effluents with seawater and lime . Pulp and Paper. Canadian .1975.78 nr 1 s. 88-91.
45. Instytut Gospodarki Wodnej. Podstawowe metody analitycznych pomiarów jakościowych wód powierzchniowych i ścieków. cz. II, 1970 r.
46. Okun A.D. System of Bio-Precipitation of Organic Matter from Sewage. Sewage and Industrial Wastes. 1949. 21.5.763.
47. Okun D.A. Lynn W.R. Preliminary Investigations into the Effect of Oxygen Tension on Biological Sewage Treatment. Biological Treatment of Sewage and Industrial Wastes. Vol.I. Aerobic Oxidation. Reinhold Publish Corporation . New York /1956/.
48. Budd.W.E., Lambeth G.F. High Purity Oxygen in Biological Sewage Treatment . Sewage and Industrial Wastes. 29.253/1957/.
49. Ball J.E., Humanick M.J. High-purity oxygen in biological treatment of municipal Wastewater. Journal Water Pollution Control Federation 1972, 4.1.65,76.
50. Materiały firmowe przedsiębiorstwa UNION CARBIDE CORPORATION. UNOX SYSTEM. Waste/water Treatment.
51. Dick. R.I. and Young K.W. Analysis of Thickening Performance of Final Settling Tanks 27 th Annual Meeting, Purdue Industrial Waste Conference, Purdue University. Lafayette Indiana May 2-4, 1972.

52. Materiał firmowy. Comparison of Fundamentals, Design Parameters and Operational Characteristics of Air and Oxygen Activated Sludge System. Union Carbide Corporation. Linde Division. Environmental Systems Department.
53. Hegemann W. Experimental Results on the Application of High Purity Oxygen in Wastewater Treatment, Wimpey Unox Technical Symposium. London. England October 31.1973 .
54. Stamburg J.B. EPA. Research and Development Activities with Oxygen Aeration. Technolog Transfer Design Seminar for Municipal Wastewater Treatment Facilities, New York, February/March, 1973.
55. Ball J.E., Humenick M.J. ,& Spece R.E. The Kinetics and <sup>+</sup>Settleability of Activated Sludge Developed Under Pure Oxygen Conditions: Report # EHE 72-18. Center of Research in Water Resources. University of Texas. Austin ,August 1972.
56. Jewell W.J. and Eckenfelder W.W. The Use of Pure Oxygen for the Biological Treatment of Brewery Waste Waters, Purdue Industrial Waste, Conference 1971.
57. Albertsson J.G. Investigation of the Use of High Purity Oxygen Aeration in the Conventional Activated Sludge Process, Batavia I, EPA-PN 17050 DN W. May 1970.
58. Lewandowski T.P. The Use of High-Purity Oxygen in Sewage Treatment Water Pollution Control 1974, s.647-655.
59. Łanowy T. Badania laboratoryjne nad porównaniem efektów oczyszczania ścieków sanitarnych metodą osadu czynnego natlenianego powietrzem i czystym tlenem. Opracowanie nr 80/V/72. temat 10.1.2. IGW Wrocław grudzień 1972.
60. Biczysko J. i inn. Zastosowanie tlenu do biochemicznego oczyszczania ścieków z koksowni. Gospodarka Wodna 1972. 32.5.188,192.



61. Przewłocki J., Łanowy T. Zastosowanie czystego tlenu do oczyszczania ścieków osadem czynnym. Gospodarka Wodno - Ściekowa. nr 2/22/ 1972.
62. Gromiec M.J. Aktualny stan badań nad zastosowaniem tlenu do oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego. Gaz Woda i Technika Sanitarna. 7/8 1975. s.232-235.
63. Sikora J., Zieliński J. Zastosowanie tlenu do oczyszczania ścieków pocelulozowych metodą osadu czynnego. Przegląd Papierniczy 10.1976.
64. Ergaman G. Bradakis H., Steep H. Speedway Indiana Oxygen Activated Sludge. Speedway Wastewater Treatment Plant. Speedway Indiana.
65. Guarino C.F., Nelson M.D. Edward A.B. Philadelphia Pilots - builds Oxygen Activated Sludge. Journal of the Environmental Engineering Division. 1974.
66. Matsch L.C. Application of Pure Oxygen Activated Sludge Systems to Industrial Effluents in the United States. Symposium on the Use of Pure Oxygen in Water Treatment. Praque. Czechoslovakia. February 26 i 27.1974.
67. Boon A.G. Technical Review of the Use of Oxygen in the Treatment of Waste Water. Water Pollution Control 1976, s.206- - 230.
68. Martin P.H., Schönfelder H. Tischer W. Das Unox-Verfahren - Ein Grossversuch zur biologischen Abwasserreinigung mit reinem sauerstoff - Stadtentwässerung München. GWF Wasser / abwasser 116. Jahrgang 1975. Heft 6.
69. Humzenick J., Speece R. The Kinetics and Settleability of Activated Sludge Developed under Pure Oxygen Conditions. Technical Raport EHE-72-18.C.RWR -94. The University of Texas Austin, Texas, August 1972.

70. Das BSK-OXY - System zur biologischen Behandlung von Abwässern. Norm AMC AG CH-6374 Buochs-Ennetbürgen. 10.1973.  
/Lizenz der Union Carbide Corp./
71. Grader R.S. et.al. Pilot Plant Results Using Pure Oxygen for Treating New Orleans Wastewater. ALCHE Biological Treatment Symposium, Dallas Texas Feb. 21.1972.
72. Seid S., Thomas A. Pure Oxygen in the Activated Sludge Treatment of Strong Wastewater. WPCF. Conference. San Francisco., Oct. 7.1971.
73. Robbins M.H. Use of Molecular Oxygen in Treating semi Chemical Pulp Mill Wastes Proceedings of the Industrial Waste Conference. Purdue University. Lafayette. Indiana /1961/.
74. Peterson R.R., Unit Process Design Criteria Development High Purity Oxygen Treatment System Kraft Pulp and Paper Mill. CHZM HiLL Corvallis Oregon. October 1974.
75. Matsch L.C. Pure Oxygen Activated Sludge Treatment of Pulp and Paper Mill Wastewater. Symposium on the Use of Pure Oxygen in Wastewater Treatment Prague. Czechoslovakia. February 26-27.1974.
76. Environmental Systems Wastewater Treatment Pulp and Paper Industry Wastewater Treatment with the Unox System. April 1975.
77. Tosh Mosoi. Biological Treatment Pilot Plant Study at Alaska Lumber & Pulp CO Inc. Sitka Alaska, Materialy f-my UNOX.
78. Technical Fact Sheet. Pulp and Paper Industry. Union Carbide Unox System Wastewater Treatment 1976.
79. Grader J., South D. Djordjevic B. The Activated Sludge Process Using High Purity Oxygen for Treating Kraft Mill Wastewater. Materials at. TAPPI 1972. Environmental Conference.



80. System Unox. Przeróbka wód Ściekowych Przemysłu Miazgi i Papieru. Wykład Techniczny, Łódź. Polska 5 maj 1976.
81. Anon TWO Kraft mills waste not. Chemical Week. November 5. 1975. Environment.
82. Anon. Pulp mill gets its own oxygen generator. July 22.1974. EN 15. /Technolog/.
83. Hall J.W. Singman T.l. Oxygen: new chemical for the Pulp Industry. 26 th Alkaline Pulping Conference. Memphis Tennessee. 12.1972.
84. Apolinarski M., Roman M. Oczyszczanie ścieków celulozowych metodą osadu czynnego z zastosowaniem czystego tlenu. Przegląd Papierniczy 1.1977.
85. Zamorski J. Podstawy planowania układów oczyszczalni ścieków miejskich pod kątem ochrony silnie obciążonych odbiorników przed zanieczyszczeniem. Rozprawa doktorska. Katowice - Warszawa 1969.
86. Praca zbiorowa. Oczyszczanie ścieków miejskich. Arkady 1972. Warszawa.
87. Benedek P. Basterbungen zur Vereinfachung der Technologie von Abwasserreinigungsanlagen, Gas und Wass.Fach. 107 1966, 657.
88. Ministerstwo Budownictwa i Przemysłu Materiałów Budowlanych Zbiór przepisów dotyczących zasad i podstaw kosztorysowania według poziomu cen obowiązujących po dniu 1.01.1971. Wydawnictwo Katalogów i Cenników.
89. Ministerstwo Budownictwa i Przemysłu Materiałów Budowlanych Zbiór przepisów w sprawie ustalenia cen obiektów oraz robót budowlanych i montażowych. /od 1.I.1976/.Wydawnictwo Katalogów i Cenników.

90. Założenia Techniczno-Ekonomiczne Rozbudowy Oczyszczalni Ścieków dla OZCP w Ostrołęce. Wykonane przez BPGWS Prosan Warszawa 1975. Projektował T. Onuch i J. Pomorski.
91. Założenia Techniczno-Ekonomiczne oczyszczalni ścieków dla Zakładów Celulozowo-Papierniczych w Kwidzynie BPGWS. Prosan Warszawa 1975. Proj. Maliszewski.
92. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3.XI.1975. w sprawie opłat za szczególne korzystanie z wód i urządzeń wodnych. Dziennik Ustaw nr 33/75.
93. Ocena ekonomicznej efektywności inwestycji i innych zamierzeń rozwojowych. Zbiór przepisów. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne. 1975.
94. Zajączkowska-Stemplowska A., Ziętek J. Wybrane urządzenia do przeróbki osadów ściekowych. Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1975.
95. Praca zbiorowa. "Wodociągi i Kanalizacja". Poradnik, Arkady, Warszawa 1971.
96. Założenia Techniczno-Ekonomiczne modernizacji oczyszczalni ścieków dla Białostockich Zakładów Przemysłu Bawełnianego "Fasty" w Białymstoku. BPGWiŚ. Prosan, wrzesień 1972. projektował mgr inż. Bogdan Maliszewski.
97. Zbiorcze Zestawienie Kosztów nr 148/73/ do Założeń Techniczno Ekonomicznych Rozbudowy Oczyszczalni ścieków dla BZPB "Fasty" w Białymstoku.
98. Projekt Założeń Techniczno - Ekonomicznych Nr prod. 2958/TW 7/74. Aktualizacja ZTE rozbudowy i modernizacji ścieków dla ZPB "Frotex" w Prudniku. BPGWiŚ Prosan. Warszawa.
99. Wiśniewski A. Sposób saturacji ścieków za pomocą gazów kominowych. Opis patentowy złożony w Archiwum Biblioteki Biura Projektów Gospodarki Wodno-Ściekowej Prosan, Warszawa.



SPIS RYSUNKÓW

1. Rys. 2-1 Uproszczony schemat procesu produkcji celulozy metodą siarczanową i produkcji papieru.
2. Rys. 4-1 Zależność zmniejszenia barwy, utlenialności, ChZT i BZT<sub>5</sub> ścieków celulozowych od dawki koagulantu siarczanu glinowego.
3. Rys. 4-2 Wpływ odczynu na uzyskiwane efekty zmniejszenia barwy ścieków przy prowadzeniu procesu koagulacji siarczanem glinowym.
4. Rys. 4-3 Wpływ odczynu na uzyskiwane efekty zmniejszenia utlenialności ścieków celulozowych przy ich oczyszczaniu metodą koagulacji za pomocą siarczanu glinowego.
5. Rys. 4-4 Wpływ dodatku flokulantów typu Magnafloc na uzyskiwane efekty zmniejszenia barwy ścieków celulozowych przy ich oczyszczaniu metodą koagulacji za pomocą siarczanu glinowego.
6. Rys. 4-5 Wpływ dodatku flokulantów typu Magnafloc na uzyskiwane efekty zmniejszenia utlenialności ścieków celulozowych przy ich oczyszczaniu metodą koagulacji za pomocą siarczanu glinowego.
7. Rys. 4-6 Wpływ dodatku flokulantów typu Magnafloc na uzyskiwane efekty zmniejszenia ChZT ścieków celulozowych przy ich oczyszczaniu metodą koagulacji za pomocą siarczanu glinowego.
8. Rys. 4-7 Wpływ dodatku flokulantów i obniżenia odczynu do pH = 6,2 na uzyskiwane efekty zmniejszenia barwy ścieków celulozowych przy ich oczyszczaniu metodą koagulacji za pomocą siarczanu glinowego.
9. Rys. 4-8 Wpływ dodatku flokulantów i obniżenia odczynu do pH=6,2 na uzyskiwane efekty zmniejszenia ChZT ścieków celulozowych przy ich oczyszczaniu metodą koagulacji za pomocą siarczanu glinowego.

10. Rys. 4-9 Wpływ dodatku flokulantów i obniżenia odczynu do  $\text{pH} = 5,2$  na uzyskiwane efekty zmniejszenia barwy ścieków celulozowych przy ich oczyszczaniu metodą koagulacji za pomocą siarczanu glinowego.
11. Rys. 4-10 Wpływ dodatku flokulantów i obniżenia odczynu do  $\text{pH} = 5,2$  na uzyskiwane efekty zmniejszenia ChZT ścieków celulozowych przy ich oczyszczaniu metodą koagulacji za pomocą siarczanu glinowego
12. Rys. 4-11 Zależność zmniejszenia barwy, utleniałości, ChZT i  $\text{BZT}_5$  ścieków celulozowych od dawki koagulantu siarczanu żelazawego.
13. Rys. 4-12 Zależność zmniejszenia barwy, utleniałości ChZT i  $\text{BZT}_5$  ścieków celulozowych od dawki koagulantu, tlenku wapniowego.
14. Rys. 4-13 Przebieg procesu zagęszczania osadów pokoagulacyjnych z oczyszczania ścieków celulozowych.
15. Rys. 5-1 Schemat układu badawczego oczyszczania ścieków celulozowych metodą koagulacji symultanicznej.
16. Rys. 5-2 Układ modelu badawczego wykorzystywanego do przeprowadzenia procesu koagulacji symultanicznej.
17. Rys. 5-3 Zależność pomiędzy wartościami ChZT w ściekach surowych oznaczanych dwoma metodami /na "zimno" i wg metodyki standartowej na "gorąco"/.
18. Rys. 5-4 Zależność między wartościami ChZT w ściekach odpływających z laboratoryjnego układu badawczego oznaczonych dwoma metodami /na "zimno" i wg metodyki standartowej na "gorąco"/.
19. Rys. 5-5 Zmiana średniodobowych wartości obciążenia osadu czynnego, uzyskiwanego zmniejszenia barwy ścieków celulozowych i ilości dawkowanego siarczanu glinowego <sup>wg</sup> poszczególnych kolejnych dniach prowadzenia procesu koagulacji symultanicznej.



20. Rys. 5-6 Zależność efektów zmniejszenia barwy ścieków celulozowych w % od dawki siarczanu glinu dodawanego w procesie koagulacji symultanicznej przeprowadzanej w modelu badawczym w Ostrołęce.
21. Rys. 5-7 Zmiana średniodobowych wartości obciążenia osadu czynnego, uzyskiwanego zmniejszenia ChZT ścieków celulozowych i ilości dawkowanego siarczanu glinowego w poszczególnych kolejnych dniach prowadzenia procesu koagulacji symultanicznej.
22. Rys. 5-8 Zależność efektów zmniejszenia ChZT ścieków celulozowych w % od dawki siarczanu glinowego<sup>węgo</sup> dodawanego w procesie koagulacji symultanicznej przeprowadzanej w modelu badawczym w Ostrołęce.
23. Rys. 5-9 Zależność efektów zmniejszenia utlenialności ścieków celulozowych w % od dawki siarczanu glinowego<sup>g</sup> dodawanego w procesie koagulacji symultanicznej przeprowadzanej w modelu badawczym w Ostrołęce.
24. Rys. 5-10 Zależność efektów zmniejszenia BZT<sub>5</sub> ścieków celulozowych w % od dawki siarczanu glinowego<sup>węgo</sup> dodawanego w procesie koagulacji symultanicznej przeprowadzanej w modelu badawczym w Ostrołęce.
25. Rys. 5-11 Zależność ilości usuwanego z układu koagulacji symultanicznej osadu nadmiernego od dawki dozowanego siarczanu glinowego
26. Rys. 5-12 Zależność przyrostu mieszaniny osadu chemiczno-biologicznego powstającego w układzie koagulacji symultanicznej od dawki dozowanego siarczanu glinowego
27. Rys. 6-1 Schemat układu badawczego oczyszczania ścieków w układzie dwustopniowym, chemicznie za pomocą tlenku wapniowego i biologicznie metodą osadu czynnego.
28. Rys. 6-2 Schemat urządzeń modelowego układu badawczego oczyszczania ścieków w układzie dwustopniowym, chemicznie za pomocą tlenku wapniowego i biologicznie metodą osadu czynnego.

29. Rys. 6-3 Statystyczne zestawienie wartości ChZT w ściekach surowych, w ściekach odbarwionych tlenkiem wapniowym i w ściekach po procesie biologicznego oczyszczania dla dwóch dawek CaO /3 g/dm<sup>3</sup> i 2 g/dm<sup>3</sup>/.
30. Rys. 6-4 Statystyczne zestawienie wartości utlenialności w ściekach celulozowych surowych, w ściekach odbarwionych tlenkiem wapniowym i w ściekach po biologicznym oczyszczaniu dla dwóch dawek CaO /3 g/dm<sup>3</sup> i 2 g/dm<sup>3</sup>/.
31. Rys. 6-5 Statystyczne zestawienie wartości barwy w ściekach surowych, w ściekach odbarwionych tlenkiem wapniowym i w ściekach po biologicznym oczyszczaniu dla dwóch dawek CaO /3 g/dm<sup>3</sup> i 2 g/dm<sup>3</sup>/.
32. Rys. 6-6 Statystyczne zestawienie wartości BZT<sub>5</sub> w ściekach surowych, w ściekach odbarwionych tlenkiem wapniowym i w ściekach po biologicznym oczyszczaniu dla dwóch dawek CaO /3 g/dm<sup>3</sup> i 2 g/dm<sup>3</sup>/.
33. Rys. 6-7 Statystyczne zestawienie wartości ChZT ścieków surowych, ścieków po oczyszczaniu chemicznym za pomocą tlenku wapniowego i ChZT ścieków po oczyszczaniu biologicznym /druga seria badań/.
34. Rys. 6-8 Statystyczne zestawienie wartości utlenialności ścieków surowych, ścieków po oczyszczaniu chemicznym za pomocą tlenku wapniowego i utlenialności ścieków po oczyszczaniu biologicznym /druga seria badań/.
35. Rys. 6-9 Statystyczne zestawienie wartości barwy ścieków surowych, ścieków po oczyszczaniu chemicznym za pomocą tlenku wapniowego i ścieków po oczyszczaniu biologicznym /druga seria badań/.
36. Rys. 6-10 Statystyczne zestawienie wartości BZT<sub>5</sub> ścieków surowych, w ściekach po oczyszczaniu chemicznym za pomocą tlenku wapniowego i w ściekach po oczyszczaniu biologicznym /druga seria badań/.



37. Rys. 7-1 Komora natleniania ścieków systemu "Unox" z głębokim wprowadzeniem tlenu.
38. Rys. 7-2 Schemat układów badawczych oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego z użyciem powietrza i czystego tlenu zamiast powietrza.
39. Rys. 7-3 Statystyczne zestawienie wartości  $BZT_5$  i ścieków biologicznie oczyszczonych metodą osadu czynnego w układzie stosującym do natleniania komory powietrza i w układzie z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza.
40. Rys. 7-4 Statystyczne zestawienie wartości  $ChZT$  ścieków surowych i ścieków biologicznie oczyszczonych metodą osadu czynnego w układzie stosującym do natleniania komory, powietrza i w układzie z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza.
41. Rys. 7-5 Statystyczne zestawienie wartości utleniałości ścieków surowych i ścieków biologicznie oczyszczonych metodą osadu czynnego w układzie stosującym do natleniania komory powietrze<sup>1</sup> w układzie z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza.
42. Rys. 7-6 Porównanie efektów zmniejszenia  $BZT_5$  ścieków celulozowych i przyrostu osadu w wyniku ich oczyszczania w układach z zastosowaniem powietrza i z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza w zależności od obciążenia osadu ładunkiem zanieczyszczeń.
43. Rys. 7-7 Statystyczne zestawienie wartości  $BZT_5$  ścieków surowych,  $BZT_5$  ścieków po biologicznym oczyszczaniu w układzie powietrznym i  $BZT_5$  ścieków po biologicznym oczyszczaniu w układzie tlenowym dla drugiej serii badań.
44. Rys. 7-8 Statystyczne zestawienie wartości  $ChZT$  ścieków surowych,  $ChZT$  ścieków po biologicznym oczyszczaniu w układzie powietrznym i  $ChZT$  ścieków po biologicznym oczyszczaniu w układzie tlenowym dla drugiej serii badań.

45. Rys. 7-9 Statystyczne zestawienie wartości utlenialności ścieków surowych, utlenialności ścieków po biologicznym oczyszczaniu w układzie powietrznym i utlenialności ścieków po biologicznym oczyszczaniu w układzie tlenowym dla drugiej serii badań.
46. Rys. 7-10 Statystyczne zestawienie barwy ścieków surowych, barwy ścieków po biologicznym oczyszczaniu w układzie powietrznym i barwy ścieków po biologicznym oczyszczaniu w układzie tlenowym dla drugiej serii badań.
47. Rys. 7-11 Porównanie efektów zmniejszenia  $BZT_5$  ścieków celulozowych i przyrostu osadu w wyniku ich oczyszczania w układach z zastosowaniem powietrza i z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza w zależności od obciążenia osadu ładunkiem zanieczyszczeń /druga seria badań/.
48. Rys. 7-12 Przebieg procesu zagęszczania osadów z układu powietrznego i układu tlenowego w zależności od czasu /druga seria badań/.
49. Rys. 8-1 Zależność stałej /K/ obniżki  $BZT_5$  ścieków od wielkości dawek koagulantu dodawanego w procesie koagulacji symultanicznej.
50. Rys. 8-2 Statystyczne zestawienie stałych biochemicznej obniżki  $BZT_5$  /K/ dla ścieków celulozowych oczyszczonych chemicznie za pomocą tlenku wapniowego następnie oczyszczonych biologicznie metodą osadu czynnego.
51. Rys. 8-3 Statystyczne zestawienie wartości stałych biochemicznej obniżki  $BZT_5$  /K/ dla ścieków celulozowych oczyszczanych metodą osadu czynnego w układzie z zastosowaniem czystego tlenu oraz w porównawczym układzie z zastosowaniem powietrza.



52. Rys. 9-1 Układ oczyszczalni mechaniczno - biologicznej ścieków celulozowych /komory Inka/.
53. Rys. 9-2 Układ oczyszczalni mechaniczno - biologicznej z doczyszczaniem ścieków celulozowych metodą wydzielonej koagulacji.
54. Rys. 9-3 Układ oczyszczalni mechaniczno - biologicznej z zastosowaniem koagulacji symultanicznej.
55. Rys. 9-4 Układ mechaniczno chemiczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych.
56. Rys. 9-5 Układ mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza.
57. Rys. 9-6 Porównawczy układ mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych z zastosowaniem powietrza /wirniki typu Vortair/.
58. Rys. 9-7 Zależność wskaźnika efektywności inwestycji  $E_1$  od wielkości oczyszczalni ścieków celulozowych dla różnych schematów technologicznych.
59. Rys. 9-8 Zależność wskaźnika efektywności inwestycji  $E_2$  od wielkości oczyszczalni ścieków celulozowych dla różnych schematów technologicznych.
60. Rys. 9-9 Zależność wskaźnika efektywności inwestycji  $E_3$  od wielkości oczyszczalni ścieków celulozowych dla różnych schematów technologicznych.
61. Rys. 9-10 Zależność wskaźnika efektywności inwestycji  $E_4$  od wielkości oczyszczalni ścieków celulozowych dla różnych schematów technologicznych.

## SPIS TABLIC

1. Tablica 2-1 Skład najważniejszych surowców do produkcji celulozy .
2. Tablica 2-2 Średnie efekty oczyszczania ścieków celulozowych uzyskiwane na oczyszczalniach w Świeciu /1973-74/ i Ostrołęce /1974-75/.
3. Tablica 4-1 Przykładowe wyniki analizy ścieków celulozowych po oczyszczaniu biologicznym /ścieki z produkcji celulozy metodą siarczanową oczyszczane metodą osadu czynnego/.
4. Tablica 4-2 Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w zależności od dawki siarczanu glinowego.
5. Tablica 4-3 Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w zależności od dawki siarczanu glinowego<sup>waga</sup> przy korekcie odczynu do pH = 6,0.
6. Tablica 4-4 Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w zależności od dawki siarczanu glinowego<sup>waga</sup> przy korekcie odczynu do pH = 5,2.
7. Tablica 4-5 Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w zależności od dawki siarczanu glinowego<sup>waga</sup> przy korekcie odczynu do pH = 4,2.
8. Tablica 4-6 Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w zależności od dawki siarczanu glinowego<sup>waga</sup> przy dodatku flokulanta Rokrysol WF-1 w ilości 1 mg/dm<sup>3</sup>.
9. Tablica 4-7 Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w zależności od dawki siarczanu glinowego<sup>waga</sup> przy dodatku flokulanta Rokrysol WF-2 w ilości 1 mg/dm<sup>3</sup>.
10. Tablica 4-8 Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w zależności od dawki siarczanu glinowego<sup>waga</sup> przy dodatku flokulanta "Gigtar" w ilości 1 mg/dm<sup>3</sup>.



11. Tablica 4-9 Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w zależności od dawki siarczanu glinu<sup>węgi</sup> przy dodatku flokulanta kationowego "Magnafloc 292"
12. Tablica 4-10 Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w zależności od dawki siarczanu glinu<sup>węgi</sup> przy dodatku flokulanta kationowego "Magnafloc 352".
13. Tablica 4-11 Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w zależności od dawki siarczanu glinu<sup>węgi</sup> przy dodatku flokulanta Rokrysol WF-1 i przy obniżonym odczynie do pH = 6,2.
14. Tablica 4-12 Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w zależności od dawki siarczanu glinu<sup>węgi</sup> przy dodatku flokulanta Rokrysol WF-2 i przy obniżonym odczynie do pH = 6,2.
15. Tablica 4-13 Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w zależności od dawki siarczanu - glinu<sup>węgi</sup> przy dodatku flokulanta Rokrysol WF-1 i przy obniżonym odczynie do pH = 5,3.
16. Tablica 4-14 Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w zależności od dawki siarczanu glinu<sup>węgi</sup> przy dodatku flokulanta Rokrysol WF-2 i przy obniżonym odczynie do pH = 5,3.
17. Tablica 4-15 Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w wyniku koagulacji za pomocą siarczanu żelazawego.
18. Tablica 4-16 Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w wyniku koagulacji za pomocą siarczanu żelazawego.

19. Tablica 4-17 Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w wyniku koagulacji za pomocą siarczanu żelazawego z dodatkiem flokulantu Rokrysol WF-2 w ilości  $1 \text{ mg/dm}^3$ .
20. Tablica 4-18. Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w wyniku koagulacji za pomocą siarczanu żelazawego z dodatkiem flokulantu Rokrysol WF-2 w ilości  $5 \text{ mg/dm}^3$ .
21. Tablica 4-19 Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w wyniku koagulacji za pomocą tlenku wapniowego.
22. Tablica 4-20 Właściwości fizyczno-chemiczne osadów powstałych w procesie koagulacji ścieków celulozowych biologicznie oczyszczonych.
23. Tablica 4-21 Przebieg procesu grawitacyjnego zagęszczania osadów pokoagulacyjnych powstałych przy chemicznym oczyszczaniu ścieków celulozowych.
24. Tablica 5-1 Zestawienie wyników badań oczyszczania ścieków celulozowych metodą koagulacji symultanicznej uzyskanych w modelowej instalacji.
25. Tablica 5-2 Wyniki oczyszczania ścieków celulozowych metodą koagulacji symultanicznej w stacji modelowej w Ostrołęce. wartości średnie dobowe.
26. Tablica 5-3 Charakterystyka osadu czynnego z komory napowietrzania, recyrkulatu oraz odprowadzanego z układu koagulacji symultanicznej osadu nadmiernego. Wartości średnie dobowe.
27. Tablica 5-4 Efekty zmniejszenia wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych otrzymane w wyniku ich oczyszczania metodą koagulacji symultanicznej.
28. Tablica 5-5 Wyniki oznaczeń ChZT wykonywanych różnymi metodami.



29. Tablica 5-6 Wyniki odwadniania osadów pochodzących z układu koagulacji symultanicznej na drodze filtracji próżniowej i odwirowanie.
30. Tablica 5-7 Oznaczenia aktywności oddechowej /metodą testu TTC/ osadu czynnego pobranego z komory napowietrzania w układzie koagulacji symultanicznej.
31. Tablica 5-8 Zestawienie zbiorcze wyników analizy biologicznej osadu czynnego pobranego z modelowego układu koagulacji symultanicznej.
32. Tablica 6-1 Wyniki badań procesu chemicznego oczyszczania ścieków celulozowych za pomocą CaO /badania laboratoryjne/. Próby ścieków z 10 - 12.VII.1975.
33. Tablica 6-2 Wyniki prób laboratoryjnych określania optymalnej dawki CaO do oczyszczania surowych ścieków celulozowych. Próby z września 1975 r.
34. Tablica 6-3 Wyniki badań właściwości ścieków surowych, ścieków po procesie oczyszczania chemicznego i oczyszczania biologicznego w modelowej stacji badawczej w Ostrołęce.
35. Tablica 6-4 Wartości średnie dobowe wielkości przedstawionych w tablicy 4-32.
36. Tablica 6-5 Stopień zmniejszenia zawartych w tablicy 4-33 podstawowych badanych wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych .
37. Tablica 6-6 Wyniki oznaczeń twardości i zawartości związków ligninowych w ściekach celulozowych.
38. Tablica 6-7 Wyniki badań ilości i właściwości osadów powstających w poszczególnych urządzeniach modelowej oczyszczalni ścieków w Ostrołęce, /oczyszczanie chemiczne-biologiczne/.
39. Tablica 6-8 Zestawienie zbiorcze wyników analizy biologicznej osadu czynnego pobranego z modelowej chemiczno-biologicznej oczyszczalni ścieków w Ostrołęce.

40. Tablica 6-9 Oznaczenia aktywności oddechowej /metodą testu TTC/ osadu czynnego pobranego z modelowej chemiczno-biologicznej oczyszczalni ścieków w Ostrołęce.
41. Tablica 6-10 Wyniki badań właściwości osadów powstających w urządzeniach modelowej chemiczno-biologicznej stacji oczyszczania ścieków z OZCP /Ostrołęckie Zakłady Celulozowo - Papiernicze/.
42. Tablica 6-11 Wyniki badań własności fizyko-chemicznych surowych ścieków, celulozowych /po oczyszczeniu mechanicznym/ z drugiej serii badań.
43. Tablica 6-12 Średnio dobowe wyniki badań właściwości fizyko-chemicznych surowych ścieków celulozowych z OZCP /druga seria badań/.
44. Tablica 6-13 Wyniki badań własności fizyko-chemicznych ścieków celulozowych po procesie chemicznego oczyszczania za pomocą tlenku wapnia<sup>węgo</sup> /druga seria bad.,
45. Tablica 6-14 Średniodobowe wyniki badań własności fizyko-chemicznych ścieków celulozowych po procesie chemicznego oczyszczania za pomocą tlenku wapnia<sup>węgo</sup> /druga seria badań/.
46. Tablica 6-15 Wyniki badań własności fizyko-chemicznych ścieków celulozowych po procesie chemicznego oczyszczania za pomocą tlenku wapnia<sup>węgo</sup> i biologicznego oczyszczania metodą osadu czynnego.
47. Tablica 6-16 Średniodobowe wyniki badań własności fizyko-chemicznych ścieków celulozowych po procesie chemicznego oczyszczania za pomocą tlenku wapnia<sup>węgo</sup> i biologicznego oczyszczania metodą osadu czynnego.
48. Tablica 6-17 Stopnie redukcji podstawowych wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych uzyskiwane w wyniku chemicznego oczyszczania za pomocą tlenku wapnia<sup>węgo</sup> /druga seria badań/.



49. Tablica 6-18 Stężenie osadu czynnego w modelowej komorze napowietrzania, stężenia recyrkulatu, oraz własności ścieków po komorze mieszalnej z  $\text{Ca}/\text{OH}/_2$  /druga seria badań/.
50. Tablica 6-19 Wartości średnie dobowe parametrów przedstawionych w tablicy 4-47 /druga seria badań/.
51. Tablica 6-20 Ilości i stężenia osadów nadmiernych usuwanych z poszczególnych stopni chemiczno-biologicznego oczyszczania ścieków celulozowych /druga seria badań/.
52. Tablica 6-22 Zestawienie zbiorcze wyników analizy biologicznej osadu czynnego z komory napowietrzania w chemiczno-biologicznym układzie oczyszczania ścieków /druga seria badań/.
53. Tablica 6-23 Oznaczenie aktywności oddechowej /metodą testu TTC/ próbek osadu czynnego pobranego z komory napowietrzania modelowego chemiczno-biologicznego układu oczyszczania ścieków celulozowych. /druga seria badań/.
54. Tablica 6-24 Wyniki badania własności i odwadnialności osadów w modelowej chemiczno-biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych w Ostrołęce /druga seria badań/.
55. Tablica 6-25 Wyniki badań własności i odwadnialności osadów z modelowej, chemiczno biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych /druga seria badań/.
56. Tablica 6-26 Wyniki badań własności i odwadnialności osadów z modelowej chemiczno-biologicznej oczyszczalni ścieków w Ostrołęce /druga seria badań/.
57. Tablica 6-27 Wyniki badań własności i odwadnialności osadów z modelowej chemiczno-biologicznej oczyszczalni ścieków w Ostrołęce /druga seria badań/.
58. Tablica 7-1 Własności fizyko-chemiczne surowych ścieków celulozowych /po mechan. oczyszcz./ z poszczególnych dni prowadzenia badań oczyszczania ścieków

metodą osadu czynnego z zastosowaniem powietrza i z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza.

59. Tablica 7-2 Parametry technologiczne modelowej komory osadu czynnego natlenianej powietrzem.
60. Tablica 7-3 Parametry technologiczne modelowej komory osadu czynnego natlenianej czystym tlenem zamiast powietrza.
61. Tablica 7-4 Zestawienie zbiorcze wyników analizy biologicznej osadu czynnego z komory natlenianej powietrzem.
62. Tablica 7-5 Zestawienie zbiorcze wyników analizy biologicznej osadu czynnego. Z komory natlenianej czystym tlenem.
63. Tablica 7-6 Oznaczenia aktywności oddechowej /metodą testu TTC/ próbek osadu czynnego z komory napowietrzania z zastosowaniem powietrza.
64. Tablica 7-7 Oznaczenia aktywności oddechowej /metodą testu TTC/, próbek osadu czynnego z komory modelowej z użyciem czystego tlenu.
65. Tablica 7-8 Własności fizyko-chemiczne ścieków celulozowych oczyszczonych biologicznie metodą osadu czynnego w modelowym układzie z zastosowaniem powietrza.
66. Tablica 7-9 Własności fizyko-chemiczne ścieków celulozowych oczyszczanych biologicznie metodą osadu czynnego w modelowym układzie z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza.
67. Tablica 7-10 Efekty zmniejszenia podstawowych wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych w wyniku biologicznego oczyszczania metodą osadu czynnego w układzie modelowym z zastosowaniem powietrza i w układzie modelowym z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza.
68. Tablica 7-11 Porównanie ilości osadu nadmiernego powstającego w układzie z zastosowaniem powietrza i w układzie z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza.



69. Tablica 7-12 Wyniki odwadniania nadmiernego osadu czynnego z układu powietrznego i tlenowego na drodze filtracji próżniowej przy  $p = 0,6$  at dla dwóch rodzajów tkanin filtracyjnych.
70. Tablica 7-13 Wyniki badań odwadniania nadmiernego osadu czynnego z układu "powietrznego" i "tlenowego" na drodze filtracji próżniowej i odwirowania.
71. Tablica 7-14 Wyniki badania własności i odwadnialności nadmiernego osadu czynnego z układu powietrznego i tlenowego na drodze filtracji próżniowej i odwirowania.
72. Tablica 7-15 Zagęszczanie nadmiernego osadu czynnego z modelowego układu z zastosowaniem powietrza i układu z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza.
73. Tablica 7-16 Wyniki badań własności fizyko-chemicznych ścieków celulozowych /po mechan. oczyszczeniu/ z Ostrólskich Zakładów Celulozowo-Papierniczych /druga seria badań/.
74. Tablica 7-17 Właściwości fizyczne osadu czynnego w komorze napowietrzania i osadu czynnego recyrkulowanego w układzie powietrznym.
75. Tablica 7-18 Właściwości fizyczne osadu czynnego w komorze natleniania i układu recyrkulowanego w układzie z zastosowaniem czystego tlenu.
76. Tablica 7-19 Porównanie wyników analizy biologicznej osadu czynnego w komorze z zastosowaniem powietrza i w komorze z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza /druga seria badań/.
77. Tablica 7-20 Wyniki badań własności fizyko-chemicznych ścieków celulozowych po oczyszczeniu biologicznym metodą osadu czynnego w układzie powietrznym /druga seria badań/.
78. Tablica 7-21 Wyniki badań własności fizyko-chemicznych ścieków celulozowych, po oczyszczaniu biologicznym metodą osadu czynnego w układzie tlenowym /druga seria badań/.

79. Tablica 7-22 Porównanie przebiegu procesu nitryfikacji w układzie powietrznym i w układzie tlenowym oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego /druga seria badań/.
80. Tablica 7-23 Efekty zmniejszenia podstawowych wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych w wyniku biologicznego oczyszczania metodą osadu czynnego w układzie modelowym powietrza i w układzie z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza /druga seria badań/.
81. Tablica 7-24 Ilości osadu nadmiernego usuwanego w trakcie prowadzenia badań z układu powietrznego i z układu z zastosowaniem czystego tlenu /druga seria badań/.
82. Tablica 7-25 Porównanie ilości osadu nadmiernego powstającego w układzie z zastosowaniem powietrza i w układzie z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza /druga seria badań/.
83. Tablica 7-26 Wyniki badań własności i odwadnialności nadmiernego osadu czynnego z układu powietrznego i tlenowego na drodze filtracji próżniowej i odwirowania /druga seria badań/.
84. Tablica 7-27 Wyniki badań własności i odwadnialności nadmiernego osadu czynnego z układu powietrznego i tlenowego na drodze filtracji próżniowej i odwirowania /druga seria badań/.
85. Tablica 7-28 Wyniki badań własności i odwadnialności nadmiernego osadu czynnego z układu powietrznego i tlenowego na drodze filtracji próżniowej i odwirowania /druga seria badań/.
86. Tablica 7-29 Wyniki badań własności i odwadnialności nadmiernego osadu czynnego z układu powietrznego i tlenowego na drodze filtracji próżniowej i odwirowania /druga seria badań/.



87. Tablica 7-30 Zagęszczanie nadmiernego osadu czynnego /z leja osadowego osadnika wtórnego/ z układu powietrznego i z układu stosującego czysty tlen zamiast powietrza /druga seria badań/.
88. Tablica 7-31 Parametry technologiczne układów i średnie wyniki oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego z użyciem powietrza i z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza. Wyniki badań wstępnych.
89. Tablica 7-32 Parametry technologiczne układów badawczych i średnie wyniki oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego z użyciem powietrza i z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza /druga seria badań/.
90. Tablica 8-1 Zestawienie optymalnych dawek koagulantów i uzyskiwanych dla nich efektów zmniejszenia wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych biologicznie oczyszczonych z Ostrołęckich Zakładów Celulozowo- Papierniczych.
91. Tablica 8-2 Zestawienie optymalnych dawek koagulantów i uzyskiwanych efektów oczyszczania ścieków, uzyskiwanych w wyniku koagulacji symultanicznej /ścieki celulozowe oczyszczane w układzie modelowym/.
92. Tablica 8-3 Zestawienie średnich efektów oczyszczania ścieków celulozowych w układzie dwustopniowym, chemicznie za pomocą tlenu wapniow<sup>wapni</sup> i biologicznie metodą osadu czynnego.
93. Tablica 8-4 Porównanie średnich efektów oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego z użyciem powietrza i z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza.

94. Tablica 8-5 Zestawienie własności osadów powstających w procesach oczyszczania ścieków celulozowych biologicznie oczyszczonych metodą koagulacji wydzielonej, oraz w procesie oczyszczania metodą koagulacji symultanicznej.
95. Tablica 8-6 Właściwości osadów powstających w układzie chemiczno-biologicznego oczyszczania ścieków celulozowych /koagulacja tlenkiem wapniowym i oczyszczanie biologiczne metodą osadu czynnego/.
96. Tablica 8-7 Porównanie własności nadmiernego osadu czynnego z układów "powietrznego" i "tlenowego" .
97. Tablica 9-1 Porównanie wskaźników efektywności inwestycji E rozpatrywanych modelowych układów oczyszczalni ścieków celulozowych.



Średnie efekty oczyszczania ścieków celulozowych  
metodą osadu czynnego uzyskiwane na oczyszczalniach w Świeciu /1973-74/ i Ostrołęce /1974-75/

Lp.	Oznaczenia	Jednostki	Oczyszczalnia w Ostrołęce			Oczyszczalnia w Świeciu		
			Ścieki dopływające do komór	Ścieki po biologicznym oczyszczeniu	Efekty zniejszenia w %	Ścieki dopływające do komór	Ścieki po biologicznym oczyszczeniu	Efekty zniejszenia w %
1.	BZP <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	260	40	85	659	236	64
2.	ChZP	mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	780	430	45	1353	711	48
3.	Utlenialność	mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	410	270	34	-	-	-
4.	Barwa	mgPt/dm <sup>3</sup>	840	800	5	750	595	21
5.	Stężenie osadu czynnego w komorach	g/m <sup>3</sup>	3000-3500			4400		
5.	Obciążenie osadu czynnego	gBZP <sub>5</sub> /gd	0,25 - 0,5			0,9		
7.	Obciążenie objętości komory redukcji zanieczyszczeń	gBZP <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> dn	900 - 1200			3950		

Tablica 4-1

Przykładowe wyniki analizy ścieków celulozowych po oczyszczeniu biologicznym /ścieki z produkcji celulozy metodą siarczanową oczyszczane metodą osadu czynnego/

Oznaczenia	Jednostki	Termin poboru próby ścieków	
		18.X.1974 r.	14.XI.1974 r.
Odczyn	pH	7,9	7,6
Barwa	mg/pi/dm <sup>3</sup>	1200	1000
Utlenialność	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	352	336
ChZT	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	1060	800
BZT <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	60	48
Sucha pozostałość	mg/dm <sup>3</sup>	1202,8	1112,4
Pozostałość po prażeniu	mg/dm <sup>3</sup>	901,2	852
Straty po prażeniu	mg/dm <sup>3</sup>	301,6	260,4



Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych  
po biologicznym oczyszczaniu w zależności od dawki siarczanu glinowego.

Próby ścieków pobrane 18.XI.1974 r.

Oznaczenie	Jednostki	Ścieki po bio- logicz- nym oczy- szczeniu	Dawka siarczanu glinowego $Al_2/SO_4/3$ w $mg/dm^3$							
			50	100	200	300	400	500	600	700
Odczyn	pH	79	7,5	7,3	7,0	6,8	6,5	6,1	5,3	5,2
Barwa	$mgPt/dm^3$	1200	1200	1200	400	150	110	80	80	70
Zmniejszenie barwy	%	-	0	66,6	87,5	90,5	93,1	95	94,1	
Utlenialność	$mg O_2/dm^3$	352	332	328	192	115,2	102,4	92,8	89,6	100
Zmniejszenie utlenial.	%	-	5,7	6,8	45,4	68,4	7,1	74	74,5	71,5
ChZT	$mg O_2/dm^3$	1060	1000	1000	260	202	181	112	94	232
Zmniejszenie ChZT	%	-	6	75,4	81	82,6	89,3	91	78	
BZT <sub>5</sub>	$mg O_2/dm^3$	60	60	20	15	15	12,5	10	15	15
Zmniejszenie BZT <sub>5</sub>	%	-	-	66,6	75	75	79	83,4	75	
Ilość osadu	$cm^3/dm^3$	-	-	180	190	230	200	260	210	

Tablica 4-3

Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w zależności od dawki siarczanu glinowego przy korekcie odczynu do pH = 6,0

Oznaczenie	Jednostki	Dawka siarczanu glinowego $Al_2(SO_4)_3$ w $mg/dm^3$																								
		50	100	120	140	160	180	200	250	300	400															
Odczyn	pH	7,9	6,2	6,1	6,0	6,1	6,0	6,0	6,1	6,1	6,0	6,0	6,0													
		Barwa	$mg Pt/dm^3$	1200	1160	1040	900	750	700	550	250	160	104	80												
				Zmniejszenie barwy	%	-	3,3	13,3	25	37,5	41,6	54	79	86,6	91,6	93,4										
						Utlenialność	$mg O_2/dm^3$	352	328	308	264	228	208	156	132	112	102,4	94,4								
								Zmniejszenie utleniaeln.	%	-	6,8	12,5	25	35,5	41	55,6	62,5	68,2	70	71						
										OhZT	$mg O_2/dm^3$	1060	940	920	880	640	600	540	420	352	200	180				
												Zmniejszenie OhZT	%	-	11,3	13,2	17	39,6	45,4	49	60,5	66,8	81	83		
														Ilość osadu	$cm^3/dm^3$	-	2	7	65	117	105	125	190	175	200	230

Dawka kwasu siarkowego  $H_2SO_4$  w  $mg/dm^3$

Dawka kwasu siarkowego $H_2SO_4$ w $mg/dm^3$	140	130	128	120	105	100	95	85	70	30
50	140	130	128	120	105	100	95	85	70	30



Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych  
po biologicznym oczyszczaniu w zależności od dawki siarczanu glinu przy  
korekcie odczynu do pH = 5,2

Oznaczenia	Jednostki	Ścieki po biologicznym oczyszczeniu	Dawka siarczanu glinu $Al_2/SO_4/3$ w $mg/dm^3$				
			50	100	200	300	400
			Dawka kwasu siarkowego $H_2SO_4$ w $mg/dm^3$				
			185	170	150	100	80
Odczyn	pH	7,9	5,2	5,2	5,1	5,2	5,1
Barwa	$mg Pt/dm^3$	1200	900	600	80	70	60
Zmniejszenie barwy	%	-	25	50	93,2	94	95
Utlonialność	$mg O_2/dm^3$	352	320	300	122	98	91
Zmniejszenie utlenialności	%	-	9,0	15	65	72	74
ChZT	$mg O_2/dm^3$	1060	920	902	405	188	172
Zmniejszenie ChZT	%	-	13	15	62	82	84
Glin w ściekach po sedymentacji	$mg Al/dm^3$	-	2,0	2,0	1,0	1,0	0,8
Ilość osadu pokoagulacyjnego po 2 h sedymentacji	$cm^3/dm^3$	-	5	7	185	205	220

Tablica 4-5

Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczeniu w zależności od dawki siarczanu glinu przy korekcie odczynu do pH = 4,2

Oznaczenia	Jednostki	Ścieki po biologicznym oczyszczeniu	Dawka siarczanu glinu Al <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /3 w mg/dm <sup>3</sup>				
			50	100	200	300	400
			Dawka kwasu siarkowego H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> w mg/dm <sup>3</sup>				
			230	225	200	180	170
Odczyn	pH	7,9	4,2	4,2	4,1	4,2	4,2
Barwa	mg Pt/dm <sup>3</sup>	1200	900	500	160	155	140
Zmniejszenie barwy	%	-	25	58	86,6	87	88,5
Utlonialność	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	352	325	310	128	105	93
Zmniejszenie utlenialności	%	-	8	12	64	70	74
ChZT	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	1060	925	912	408	192	178
Zmniejszenie ChZT	%	-	13	14	61	82	83
Glin w ściekach po sedymentacji	mg Al/dm <sup>3</sup>	nw.	3,0	25	2,0	2,0	1,5
Ilość osadu pokoa-gulacyjnego po 2 h sedymentacji	cm <sup>3</sup> /dm <sup>3</sup>	-	10	12	190	200	210



Tablica 4-6

Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w zależności od dawki siarczanu glinu przy dodatku flokulanta Rokrysol WF-1 w ilości 1 mg/dm<sup>3</sup>

Oznaczenia	Jednostki	Ścieki po biologicznym oczyszczeniu	Dawka siarczanu glinu Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> w mg/dm <sup>3</sup>						
			50	100	150	200	300	400	
Odczyn	pH	7,9	7,7	7,7	7,6	6,9	6,6	6,3	
Barwa	mg Pt/dm <sup>3</sup>	1200	1200	1200	1200	600	280	80	
Zmniejszenie barwy	%	-	0	0	0	50	76,5	93,5	
Utlenialność	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	352	312	296	296	216	126	91,2	
Zmniejszenie utlenialności	%	-	11	16	16	27	64	74	
ChZT	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	1060	984	940	940	614	580	121	
Zmniejszenie ChZT	%	-	7,6	11,3	11,3	41,2	45	86,6	
Ilość osadu pokoagulacyjnego po 2 h sedymentacji	cm <sup>3</sup> /dm <sup>3</sup>	-	5	70	70	150	180	200	

Tablica 4-7

Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w zależności od dawki siarczanu glinu przy dodatku flokulanta Rokrysol WF-2 w ilości 1 mg/dm<sup>3</sup>

Oznaczenia	Jednostki	Ścieki po biologicznym oczyszczeniu	Dawka siarczanu glinu Al <sub>2</sub> /SO <sub>4</sub> w mg/dm <sup>3</sup>						
			50	100	150	200	300	400	
Odczyn	pH	7,9	7,8	7,7	7,7	7,1	6,7	6,6	
Barwa	mg Pt/dm <sup>3</sup>	1200	1200	1200	1000	700	280	75	
Zmniejszenie barwy	%	-	0	0	16,5	41,5	76,5	93,8	
Utlenialność	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	352	312	314	308	248	152	92,8	
Zmniejszenie utlenialności	%	-	11	11	12	29	45	68	
ChZT	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	1060	980	960	950	423	240	142	
Zmniejszenie ChZT	%	-	7,6	9,4	10,4	60,5	77,5	86,5	
Ilość osadu pokoagulacyjnego po 2 h sedymentacji	cm <sup>3</sup> /dm <sup>3</sup>	-	5	10	80	160	180	180	



Tablica 4-8

Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w zależności od dawki siarczanu glinu przy dodatku flokulanta "Gigtar" w ilości 1 mg/dm<sup>3</sup>

Oznaczenie	Jednostki	Ścieki po biologicznym oczyszczeniu	Dawka siarczanu glinu Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> w mg/dm <sup>3</sup>						
			50	100	150	200	300	400	
Odczyn	pH	7,9	7,6	7,6	7,6	7,1	6,6	6,4	
Barwa	mg Pt/dm <sup>3</sup>	1200	1200	1200	1200	500	350	120	
Zmniejszenie białawy	%	-	0	0	0	58,3	70,8	90	
Utlonialność	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	352	320	304	303	268	180	105	
Zmniejszenie utlenialności	%	-	9	14	14	24	49	71	
ChZT	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	1060	944	940	939	404	280	156	
Zmniejszenie ChZT	%	-	10,9	11,3	11,4	62	73,5	85	
Ilość osadu pokoagulacyjnego po 2 h sedimentacji	cm <sup>3</sup> /dm <sup>3</sup>	-	5	5	90	150	180	180	

Tablica 4-9

Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczeniu w zależności od dawki siarczanu glinu przy dodatku flokulantu kationowego "Magnafloc 292"

Oznaczenia	Jednostki	Dawka siarczanu glinowego w mg/dm <sup>3</sup>													
		Dawka flokulantu "Magnafloc 292" w mg/dm <sup>3</sup>					Dawka siarczanu glinowego w mg/dm <sup>3</sup>								
		1	1	0,1	0,5	10	5,0	0,1	0,5	1,0	5,0	1			
Odczyn	pH	7,9	7,8	7,6	7,5	7,3	7,5	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,5	7,4	7,2
Barwa	mg Pt/dm <sup>3</sup>	1200	800	700	800	700	180	160	160	160	160	160	140	80	60
Zmniejszenie barwy	%	-	33,3	41,6	33,3	41,6	85	86,6	86,6	86,6	86,6	86,6	88,5	93,4	95
Utlenialność	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	352	312	310	225	218	128	116	106	106	106	105	106	76	75
Zmniejszenie utlenialności	%	-	11	12	36	38	64	67	70	70	70	70	70	78	78
ChZT	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	1060	966	960	264	248	218	164	185	181	180	180	180	112	111
Zmniejszenie ChZT	%	-	9,4	9,5	75,5	76,2	79	85	82,5	83	83,1	83,1	89,5	89,5	89,5
Ilość osadu pokoagulacyjnego po 2 h sedymentacji	cm <sup>3</sup> /dm <sup>3</sup>	-	-	5	150	250	150	150	180	180	180	180	180	200	210





71

Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w zależności od dawki siarczanu glinu, przy dodatku flokulanta Rokrysol WF-1 i przy obniżonym odczynie do pH = 6,2

Tablica 4-11

Oznaczenia	Jednostki	Ścieki po biologicznym oczyszczeniu	Dawka flokulanta Rokrysol WF-1 w mg/dm <sup>3</sup>														
			Dawka siarczanu glinu Al <sub>2</sub> /SO <sub>4</sub> /3 w mg/dm <sup>3</sup>														
			1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55			
Odczyn	pH	7,6	6,2	6,2	6,1	6,1	6,0	6,1	6,2	6,2	6,1	6,2	6,2	6,1	6,2	6,2	6,2
Barwa	mg Pt/dm <sup>3</sup>	1000	350	200	160	100	80	80	80	400	400	300	250	160	140	80	80
Zmniejszenie barwy	%	-	65	80	84	90	92	92	92	60	70	75	84	86	86	92	92
Utlonialność	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	336	128	74	71	68	66	66	62	131	104	81	68	68	68	68	68
Zmniejszenie utleniałości	%	-	42	78	79	80	80,5	81	81	61	69	76	80	80	80	80	80
ChZT	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	800	288	272	256	200	152	135	304	272	264	208	169	135	135	135	135
Zmniejszenie ChZT	%	-	36	66	68	75	81	83	62	66	67	74	79	85	85	85	85
Ilość osadu pokoagulacyjnego po 2 h sedymentacji	cm <sup>3</sup> /dm <sup>3</sup>	-	65	70	145	160	180	200	65	70	150	155	180	205	205	205	205



Tabela 4 -12

Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w zależności od dawki siarczanu glinu przy dodatku flokulenta Rokrysol WF-2 i przy obniżonym odczynie do pH = 6,2

Oznaczenia	Jednostki	Ścieki po biologicznym oczyszczeniu	Dawka flokulenta "Rokrysol WF-2" w mg/dm <sup>3</sup>																		
			1																		
			Dawka siarczanu glinu Al <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /3 w mg/dm <sup>3</sup>																		
Odczyn	pH	7,6	100	150	200	250	300	400	100	150	200	250	300	400	50	55	140	155	170	190	
Barwa	mg Pt/dm <sup>3</sup>	1000	500	140	80	80	70	60	400	140	80	70	70	70	60	80	80	80	70	70	60
Zmniejszenie barwy	%	-	50	86	92	92	93	94	60	86	92	93	93	94	60	86	92	93	93	93	94
Utlonialność	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	336	185	107	101	98	94	94	154	105	101	94	94	94	154	105	101	94	94	94	90
Zmniejszenie utleniałości	%	-	45	68	70	71	72	72	54	69	70	72	72	73	54	69	70	72	72	72	73
ChZT	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	800	495	265	145	135	130	120	464	255	152	130	120	120	464	255	152	130	120	120	120
Zmniejszenie ChZT	%	-	38	67	82	83	84	85	42	68	81	84	85	85	42	68	81	84	85	85	85
Ilość osadu pokoagulacyjnego po 2 h sedymentacji	cm <sup>3</sup> /dm <sup>3</sup>	-	50	60	150	160	180	190	25	55	140	155	170	190	50	60	150	160	180	190	190

Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w zależności od dawki siarczanu glinu przy dodatku flokulanta "Rokrysol WF-1" i przy obniżonym odczynie do pH = 5,3

Tablica 4-13

Oznaczenia	Jednostki	Dawka flokulanta Rokrysol WF-1 w mg/dm <sup>3</sup>															
		Dawka siarczanu glinu Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> w mg/dm <sup>3</sup>															
		50	100	150	200	250	300	50	100	150	200	250	300				
Ścieki po biologicznym oczyszczeniu																	
Odczyn	pH	7,6	5,2	5,2	5,3	5,3	5,2	5,3	5,3	5,2	5,3	5,3	5,2	5,3	5,2	5,3	5,3
Barwa	mg Pt/dm <sup>3</sup>	1000	500	400	170	100	90	80	800	350	180	120	90	85			
Zmniejszenie barwy	%	-	50	60	83	90	91	92	20	65	82	88	91	91,5			
Utleniałość	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	336	272	255	151	136	124	118	302	245	153	141	128	124			
Zmniejszenie utleniałości	%	-	20	24	55	60	63	65	10	27	54	58	62	63			
ChZT	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	800	624	600	385	335	472	305	680	576	393	352	336	329			
Zmniejszenie ChZT	%	-	22	25	52	58	59	62	15	28	51	56	58	59			
Ilość osadu pokąsyalacyjnego po 2 h sedymentacji	cm <sup>3</sup> /dm <sup>3</sup>	-	15	25	100	145	165	180	5	20	90	140	160	180			





Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w wyniku koagulacji za pomocą siarczanu żelazowego

Tablica 4-15

Oznaczenie	Jednostki	Ścieki po biologicznym oczyszczaniu	Siarczan żelazawy Fe SO <sub>4</sub> x 7 H <sub>2</sub> O w mg/dm <sup>3</sup>			
			600	800	1000	1200
			Tlenek wapniowy CaO w mg/dm <sup>3</sup>			
Odczyn	pH	7,6	8,2	8,6	10,8	10,8
Barwa	mg Pt/dm <sup>3</sup>	1000	400	300	300	400
Zmniejszenie barwy	%	-	60	70	70	60
Utlonialność	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	336	150	145	132	130
Zmniejszenie utlenia- ności	%	-	55	57	61	62
ChZT	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	800	530	480	400	400
Zmniejszenie ChZT	%	-	34	40	50	50
BZT <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	48	-	30	20	19
Zmniejszenie BZT <sub>5</sub>	%	-	-	37	58	59
Objętość osadu poka- gulacyjnego po 2 h sedymtacji	cm <sup>3</sup> /dm <sup>3</sup>	-	120	175	150	140



Tablica 4-16

Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczaniu w wyniku koagulacji za pomocą siarczanu żelazawego

Oznaczenie	Jednostki	Ścieki po biologicznym oczyszczaniu	Siarczan żelazawy FeSO <sub>4</sub> x 7 H <sub>2</sub> O w mg/dm <sup>3</sup>			
			Tlenek wapniowy w mg/dm <sup>3</sup>			
			7,6	7,4	8,2	8,2
Odczyn	pH	7,6	7,4	8,2	8,2	
Barwa	mg Pt/dm <sup>3</sup>	1000	600	400	300	
Zmniejszenie barwy	%	-	40	60	70	
Utlonialność	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	336	295	130	108	
Zmniejszenie utleniałości	%	-	12	62	68	
ChZT	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	800	591	244	222	
Zmniejszenie ChZT	%	-	26	69	72	
BZT <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	48	-	40	31	
Zmniejszenie BZT <sub>5</sub>	%	-	-	16	35	
Objętość osadu po 2 h sedymentacji	cm <sup>3</sup> /dm <sup>3</sup>	-	125	170	200	

Tablica 4-17

Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczeniu w wyniku koagulacji za pomocą siarczanu żelazowego z dodatkiem flokulanta Rokrysol WFE w ilości 1 mg/dm<sup>3</sup>

Oznaczenia	Jednostki	Siarczan żelazawy Fe SO <sub>4</sub> x 7 H <sub>2</sub> O w mg/dm <sup>3</sup>									
		Tlenek wapniowy CaO w mg/dm <sup>3</sup>									
		200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200
Ścieki po biologicznym oczyszczeniu		200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200
Odczyn	pH	7,6	7,7	8,2	8,2	8,5	8,3	8,3			
Barwa	mg Pt/dm <sup>3</sup>	1000	600	410	400	305	300	300	250	300	240
Zmniejszenie barwy	%	-	40	59	60	70	70	70	70	70	76
Utlenialność	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	396	293	152	128	142	107	107	107	107	105
Zmniejszenie utlenialności	%	-	12	55	62	58	68	68	68	68	68
ChZT	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	800	594	528	242	478	220	220	220	220	212
Zmniejszenie ChZT	%	-	26	34	69	40	72	72	72	72	73
BZT <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	48	42	41	39	30	30	30	30	30	34
Zmniejszenie BZT <sub>5</sub>	%	-	12	14	16	37	37	37	37	37	29
Objętość osadu pokoa-gulacyjnego po 2 h sedimentacji	cm <sup>3</sup> /dm <sup>3</sup>	-	110	110	150	160	180	180	180	180	170



Tablica 4-18

Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczeniu w wyniku koagulacji za pomocą siarczanu żelazowego z dodatkiem flokulanta flokrysol WF-2 w ilości 5 mg/dm<sup>3</sup>

Oznaczenia	Jednostki	Ścieki po biologicznym oczyszczeniu						
		Siarczan żelazowy Fe SO <sub>4</sub> · 7 H <sub>2</sub> O w mg/dm <sup>3</sup>						
		200	300	200	300	300	300	300
		Tlenek wapniowy CaO w mg/dm <sup>3</sup>						
		200	300	200	300	300	300	300
Odczyn	pH	7,6	7,7	8,2	8,2	8,5	8,3	8,3
Barwa	mg Pt/dm <sup>3</sup>	1000	590	410	400	310	300	240
Zmniejszenie barwy	%	-	41	59	60	69	70	76
Utlenialność	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	396	290	150	126	141	105	104
Zmniejszenie utlenialności	%	-	13	55	62	58	68	68
OhZP	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	800	590	525	240	480	221	212
Zmniejszenie OhZP	%	-	26	35	70	40	72	73
BZT <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	48	42	40	39	30	31	34
Zmniejszenie BZT <sub>5</sub>	%	-	12	15	16	37	35	29
Objętość osadu pokoagulacyjnego po 2 h sedimentacji	cm <sup>3</sup> /dm <sup>3</sup>	-	105	100	140	150	170	155

Zmniejszenie wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych po biologicznym oczyszczeniu w wyniku koagulacji za pomocą tlenku wapniowego

Tablica 4-19

Oznaczenie	Jednostki	Dawka tlenku wapniowego CaO w mg/dm <sup>3</sup>										
		Ścieki po czynnym oczyszczeniu	500	1000	1500	2000	2500	3000	4000	5000	10000	15000
Odczyn	pH	7,9	11,6	11,7	11,9	12	12,1	12,1	12,2	12,2	12,3	12,3
Barwa	mg Pt/dm <sup>3</sup>	1200	640	220	160	120	120	120	90	90	100	100
Zmniejszenie barwy	%	-	46	81	87	90	90	90	92	92	91	91
ChZP	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	1060	962	820	742	612	560	552	516	500	588	600
Zmniejszenie ChZP	%	-	9	22	30	42	47	50	51	53	44	43
Utlalność	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	352	324	150	145	140	130	120	112	105	108	115
Zmniejszenie utleniałości	%	-	8	57	58	60	63	66	68	70	69	67
BZP <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	60	-	-	-	48	-	45	42	40	-	-
Ilość osadu po 2 h sedimentacji	cm <sup>3</sup> /dm <sup>3</sup>	-	32	40	48	45	50	60	63	65	70	85



Właściwości fizyczno-chemiczne osadów powstałych w procesie koagulacji ścieków celulozowych biologicznie oczyszczonych

Oznaczenie	Jednostki	Rodzaj osadu pokogulacyjnego		
		Osad z koagulacji siarczanem glinowym $Al_2/SO_4/3$ Dawka 400 mg/dm <sup>3</sup>	Osad z koagulacji siarczanem żelazawym $Fe SO_4 \cdot 7 H_2O$ Dawka 1000 mg/dm <sup>3</sup> ścieków	Osad z koagulacji siarczanem żelazawym $Fe SO_4 \cdot 7 H_2O$ + 5 mg/dm <sup>3</sup> Rokrysol WF-2 Dawka 3000 mg/dm <sup>3</sup> ścieków
1. Uwodnienie osadu po 2 h okresie sedymentacji	%	99,7 - 99,5	99,3 - 99,4	99,1
2. Sucha pozostałość osadu surowego	g/dm <sup>3</sup>	3 - 4,75	6,4	8,5
3. Zawartość substancji mineralnych w stosunku do suchej masy osadu	%	38 - 28	59	59
4. Zawartość substancji organicznych w stosunku do suchej masy osadu	%	62 - 72	41	41
5. Opór właściwy osadu surowego	10 <sup>11</sup> m/kg	150 - 690	260	260
6. Czas ssania kapitar- nego	s	74	99	71
7. Uwodnienie osadu po odwirowaniu / tw=5 min n = 3000 obr/min	%	98,	91,2	90

Przebieg procesu grawitacyjnego zagęszczania osadów pokoagulacyjnych powstających przy chemicznym oczyszczaniu ścieków celulozowych

Tablica 4-21

Czas zagęszczenia w godzinach	Osad pokoagulacyjny Al <sub>2</sub> /SO <sub>4</sub>		Osad pokoagulacyjny Fe SO <sub>4</sub> • 7 H <sub>2</sub> O		Osad Fe SO <sub>4</sub> • 7 H <sub>2</sub> O + 5 mg/dm <sup>3</sup> Rokrysol WPR		Osad wodorotlenku wapniowego Ca(OH) <sub>2</sub>	
	Objętość osadu w cm <sup>3</sup>	Uwodnienie %	Objętość osadu w cm <sup>3</sup>	Uwodnienie %	Objętość osadu w cm <sup>3</sup>	Uwodnienie %	Objętość osadu w cm <sup>3</sup>	Uwodnienie %
0	500	99,70	500	99,4	500	99,27	500	95,8
1	350		480	99,34	490	99,26	180	-
2	270	99,5	45, P	99,34	480	99,24	145	-
4	200	99,35	380	99,22	300	98,73	120	-
8	180	99,33	-	-	-	-	105	84
18	-	-	240	99,09	220	98,70	97	-
24	120	99,21	220	98,80	200	98,66	95	80,7



Zestawienie wyników badań  
oczyszczania ścieków celulozowych metodą koagulacji symultanicznej  
uzyskanych w modelowej instalacji.

Data	Numer próby	Ilość $Al_2(SO_4)_3$ w mg/dm <sup>3</sup> ścieków	Ścieki surowe /po mech. oczyszcz./										Ścieki oczyszczone odprowadzane z osadnika wtórnego					Ścieki odprowadzane z komory napowietrzania			Recykling		Wydanie osadu															
			Na zimno Zwart $mgO_2/dm^3$	Na gorąco	Utlenialność $mgO_2/dm^3$	BZT <sub>5</sub> $mgO_2/dm^3$	Barwa $mgPt/dm^3$	pH	Na zimno $mgO_2/dm^3$	Na gorąco	Utlenialność $mgO_2/dm^3$	BZT <sub>5</sub> $mgO_2/dm^3$	Barwa $mgPt/dm^3$	Zawiesina $mg/dm^3$	Próżnia	Lejek	pH	Stężenie osadu $g/dm^3$	Opadalność po 5 h na 100 cm <sup>3</sup> w cm <sup>3</sup>	Indeks osadu w cm <sup>3</sup> /g	$O_2, mgO_2/dm^5$	Stężenie osadu $g/dm^3$	Opadalność po 0,5 h na 100 cm <sup>3</sup> w cm <sup>3</sup>	Ilość dm <sup>3</sup> /24 h	Stężenie $g/dm^3$													
14.3.1975	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.3.1975	2	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16.3.	3	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16.3.	4	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16.3.	5	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17.3.	6	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17.3.	7	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18.3.	8	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18.3.	9	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19.3.	10	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19.3.	11	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20.3.	12	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20.3.	13	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21.3.	14	25	1120	-	536	370	1000	9,0	500	-	284	21,0	800	19,2	26,0	7,45	272	87	266	-	3,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
21.3.	15	25	880	-	496	-	900	8,8	530	-	304	-	800	4,8	7,6	7,57	89	262	-	7,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

22.3.1975 ROK 1975















	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
11.4.	88 89 90 91	150 150 150 150	1200 1040 1080 880	648 664 680 512	320 - 370 -	1300 1200 1200 900	8,8 8,5 8,6 8,5	560 430 560 430		276 260 328 280	27,0 - 30,0 -	800 500 600 500	48,8 90,0 44,4 74,4	185,0 170,0 104,0 82,0	7,0 6,8 6,7 6,8	3,968 3,434	80 72	201 209	6,9 6,7 7,0 6,2	6,960 6,460	90 90	14	6,538 91,5
12.4.	92 93 94 95	150 150 150 150	920 1080 860 720	608 648 464 456	275 - 250 -	900 1000 1000 900	8,4 8,6 7,7 7,9	600 560 420 500		372 388 368 376	32,5 - 23,0 -	600 600 800 700	74,0 47,6 78,8 57,6	165,0 369,0 155,0 189,0	6,8 6,8 6,7 6,9	3,898 3,746	82 75	210 200	6,7 6,7 6,5 6,8	6,808 6,138	93 90	14	6,008 84,1
13.4.	96 97 98 99	150 150 150 150	980 1280 1120 840	662 744 688 616	290 - 360 -	1200 2000 1100 1000	8,5 8,1 8,3 8,5	640 600 600 640		388 408 432 416	28,0 - 22,5 -	600 500 500 600	292,0 264 371 402	230,0 156,8 154,8 314,8	6,8 6,9 6,5 6,9	4,216 4,262	74 74	175 173	6,7 6,7 5,8 5,8	6,558 6,502	84 88	14	6,394 89,5
14.4.	100 101 102 103	150 150 150 150	980 1080 1040 300	480 640 648 480	225 - 350 -	1000 1100 1000 900	8,3 8,6 8,9 8,3	540 500 500 460		328 336 332 328	30,0 - 35,0 -	500 400 500 400	261 177 126 168	64,8 27,0 22,0 32,0	6,6 6,8 6,8 6,7	4,052 3,436	76 68	187 197	6,6 6,7 5,5 5,5	7,566 11,006	90 94	14	6,972 97,6
15.4.	104 105 106 107	150 150 150 150	720 800 620 580	416 472 304 368	235 - 155 -	800 900 1200 800	8,2 8,7 8,9 8,9	460 480 440 440		288 304 288 284	37,0 - 64,5 -	400 500 500 500	290 120,0 86,0 61,0	232 244 227 232	6,6 6,9 6,8 6,6	3,318 3,434	68 76	205 221	6,6 6,7 6,8 6,9	12,930 7,918	95 90	14	9,418 131,0
16.4.	108 109 110 111	200 200 200 200	580 580 600 580	352 352 356 348	220 - 216 -	800 800 800 800	8,9 8,9 8,8 8,8	380 320 340 340		212 192 180 200	52,5 - 59,8 -	400 400 500 400	72,0 10,0 19,6 13,6	209 79 53 62	6,5 6,4 6,5 6,7	3,072 3,178	74 76	241 239	6,5 6,3 5,2 6,3	9,522 7,208	90 92	14	7,835 109,7





	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
23.4.	136	250	500	382	195.7	800	81.9	300	220	25	350	72	12	12	6.8	3,670	78	213	6.7	7,560	90		
	137	250	420	228	-	900	81.8	340	180	-	400	41	10	10	6.8				6.5				
	138	250	440	320	130.9	800	81.9	310	187	36.2	400	149	38	38	6.2				6.5	5,620	37		
	139	250	450	330	-	900	81.9	310	180	-	400	106	20	20	6.8				6.7				
24.4.	140	250	550	305	240	900	81.8	250	110	27	400	14	14	113	6.7	3,316	78	235	6.5	5,748	88		
	141	250	540	275	-	800	91.0	250	145	-	400	12	12	146	6.5				6.5				
	142	250	540	300	170	800	91.0	240	160	29.2	400	33	33	156	6.4	2,044	64	226	6.4	6,432	90		
	143	250	520	350	-	800	81.9	260	180	-	400	30	30	153	6.5				6.4				
25.4.	144	250	960	560	360	1000	91.3	600	284	32.4	400	309	470	470	7.5	4,572	70	153	6.7	9,076	90		
	145	250	760	405	-	900	91.0	720	490	-	400	382	549	549	6.7				6.7				
	146	250	840	440	260	900	91.0	700	520	95.0	400	485	384	384	6.8	3,772	50	133	6.5	13,890	90		
	147	250	920	540	-	1000	91.1	750	440	-	400	395	421	421	6.9				6.7				
26.4.	148	250	940	550	170	1300	91.1	760	405	69.5	600	318	463	463	7.0				6.8	10,356	84		
	149	250	860	500	-	1000	91.1	720	375	-	500	359	426	426	6.7	4,326	40	93	6.7				
	150	250	1000	560	320	1000	91.1	740	355	63.0	500	306	560	560	6.6				6.9				
	151	250	840	540	-	900	81.3	720	360	-	500	198	691	691	6.8				6.9				
27.4.	152	250	1040	540	360	1200	81.6	680	365	54.0	400	216	435	435	7.4	4,428	49	100	6.7	9,312	80		
	153	250	800	490	-	1000	81.6	640	335	-	500	243	589	589	6.5				6.7				
	154	250	880	500	290	850	81.2	620	315	78.5	500	213	506	506	6.4	3,956	40	101	6.7	9,240	80		
	155	250	800	520	-	1200	71.7	660	335	-	500	297	518	518	6.5								
28.4.	156	250	800	530	320	1200	81.5	580	350	64.0	400	281	370	370	7.9	4,280	42	98	6.9	11,132	80		
	157	250	840	450	365	1000	91.5	620	325	52.0	500	206	471	471	6.8				6.5				
	158	250	880	480	-	1000	91.5	620	325	-	500	272	632	632	6.7	4,790	46	96	6.5	9,930	80		
	159	250	880	480	-	1000	81.3	600	310	-	500	347	696	696	6.8				6.6				

12,364  
99.2









		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
15.5.	203	450	1030		540	195	1200	7,6	300		150	9,5	200	10,8	18,0	6,2	3,048	90	295		8,112	93	27	5,891
	209	450	960		510	-	1200	7,6	320		155	-	200	5,0		6,2	3,230	89	280		6,724	96		161,9
	210	450	930		530	225	1200	7,6																
	211	450	900		560		1200	7,7																
16.5.	212	450	920		510	275	1200	7,7	300		140	25,6	100	7,2	10,0	6,0	2,264	74	327		6,412	94	36	6,05
	223	450	960		540	-	1200	7,9	300		120	-	100	10,0	23,2	6,2	2,122	72	340		4,182	90		217,8
	224	450	900		500	140	1200	7,7	300		120		100	13,0	76,0	6,0								
	225	450	780		450	-	1000	7,8	300		100	-	100	2,4	22,0	6,1								
17.5.	226	450	800		430		1000	7,6	300		100		100	3,2	21,0	6,2	2,804	74	264		5,234	95	23	4,955
	227	450	760		420		1000	7,6	300		130		140	19,2	36,0	5,9								
	228	450	760		430		1000	7,6	300		130		140	49,6	98,0	6,1	2,242	70	312		4,728	94		1,33,8
	229	450	740		460		1000	7,5	340		140		140	14,8	46,0	5,9								
18.5.	230	450	740		440		1000	7,5	300		130		120	4,0	10,8	6,0	2,320	70	302		3,646	84	23	4,362
	231	450	740		440		1000	7,5	280		100		160	26,0	46,0	6,3								
	232	450	740		420		900	7,5	270		80	16,0	100	30,4	95,0	6,2	2,012	76	380		4,656	96		1,22,1
	233	450	720		370		900	7,5	240		75		80	42,0	110,0	6,2								
19.5.	234	450	300		420	190	900	7,5	320		160	21,0	180	44,0	182,0	6,1	2,906	80	276		6,93	96		4,458
	235	450	760		400	-	900	7,3	300		125		180	28,4	50,0	6,0								
	236	450	1260		700	190	1500	8,2	400		170	20,2	200	40,4	71,0	5,9	2,786	64	230		4,856	94		



Wyniki oczyszczania ścieków celulozowych metodą koagulacji symultanicznej  
w stacji modelowej w Ostrołęce. Wartości średnie dobowe.

Lp.	Ilość $Al_2/SO_4/3$ w mg/dm <sup>3</sup> ścieków	Ścieki surowe /po mech. oczysz- czeniu					Ścieki oczyszczone odprowadzane z osadnika							Uwagi
		ChZT	Utle- nial- ność	BZT <sub>5</sub>	Barwa	pH	ChZT	Utle- nial- ność	BZT <sub>5</sub>	Barwa	pH	Zawiesina		
												mgO <sub>2</sub> / dm <sup>3</sup>	mgO <sub>2</sub> / dm <sup>3</sup>	
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	0	-	-	-	-	-	680	414	59,5	-	-	46,0	39,2	Adaptacja osadu czyn- nego w wa- runkach prac. mode- lowej oczy- szczalni ścieków /w warun- laborat./
2	0	-	-	-	-	-	470	284	27,5	-	-	-	-	
3	0	-	-	-	-	-	460	262	29,5	-	-	-	-	
4	0	-	-	-	-	-	460	-	35,0	-	-	-	-	
5	0	-	-	-	-	-	850	-	95,8	-	-	-	-	
6	25	1000	516	370	950	8,9	525	294	21,0	800	7,4	16,8	12,0	
7	25	900	511	230	850	8,9	455	322	17,2	650	7,7	48,9	4,4	
8	25	880	450	302,5	800	8,2	445	278	18,3	675	7,4	29,0	10,8	
9	25	755	390	312,5	813	8,2	450	255	26,0	650	7,8	21,4	15,4	
10	50	1135	600	235	1225	9,2	518	331	32,8	800	7,2	13,8	6,5	
11	50	650	299	237,5	650	8,7	308	179	19,3	487	7,7	22,4	11,9	
12	50	775	422	257,5	700	8,6	355	219	20,2	500	7,3	30,1	13,8	
13	50	1025	515	432,5	1138	8,6	425	279	31,0	625	7,3	54,5	11,5	
14	50	1160	604	465	1250	9,0	560	359	30,3	900	7,3	52,3	29,2	
15	50	813	451	297,5	850	8,3	455	303	30,5	825	7,3	59,2	33,8	
16	100	738	428	305	850	8,0	318	255	20,5	850	7,2	70,7	46,0	
17	100	768	472	262,5	1200	8,4	380	232	21,8	750	7,7	77,0	8,1	
18	100	815	480	255	1000	8,4	428	268	19,2	575	7,3	78,5	18,0	
19	100	810	467	295	1000	8,7	438	271	19,8	750	7,1	74,2	33,7	
20	100	873	537	215	850	9,0	375	264	19,5	650	7,1	96,3	25,5	
21	100	1070	598	367,5	1012	8,8	485	322	28,0	600	7,2	100,1	17,7	
22	100	815	474	250	875	8,0	460	293	12,5	550	7,0	108,3	38,1	
23	150	835	516	262,5	800	8,0	358	261	17,3	550	6,8	107,1	55,8	
24	150	760	413	235	725	7,9	375	231	19,3	425	6,6	142,5	55,7	
25	150	1050	626	345	1150	8,6	495	286	28,5	600	6,8	135,2	64,4	
26	150	895	544	262,5	950	8,1	520	376	13,9	675	6,8	219,5	64,5	
27	150	1055	678	325	1325	8,3	620	411	25,2	550	6,8	332,2	214,2	
28	150	975	562	287,5	1000	8,5	500	341	32,5	450	6,7	183,0	36,4	początek pontoju
29	150	680	390	195	925	8,7	455	291	50,8	475	6,7	233,7	74,0	

c.d.tablicy 5-2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
30	200	835	352	215	800	8,9	345	196	56,1	425	6,5	101,0	28,8	Post.cel.
31	200	680	383	212,5	850	8,5	425	228	56,8	312	6,5	139,1	79,2	"
32	200	825	467	267,5	825	8,1	525	345	92,8	437	6,6	165,8	83,3	"
33	200	795	486	170	875	7,9	560	326	76,0	450	7,0	280,0	166,0	
34	200	790	477	190	862	7,9	545	322	55,5	412	6,8	242,3	156,2	
35	200	678	391	167,5	800	8,5	455	306	65,4	387	6,9	284,2	149,5	
36	200	537	388	182,5	700	8,8	325	264	25,8	325	6,7	247,0	31,2	
37	250	470	315	163,3	825	8,9	315	192	30,6	388	6,8	92,0	17,5	Post.cel.
38	250	537	307	205	825	8,9	237	149	23,8	400	6,5	141,5	30,0	"
39	250	870	486	310	950	9,1	692	433	63,7	400	6,5	456,0	393,0	
40	250	910	548	245	1050	8,9	735	374	66,3	525	6,7	535,0	295,0	
41	250	880	637	325	1062	8,3	650	335	66,3	475	6,5	512,0	239,7	
42	250	840	487	342,5	1066	8,4	615	320	58,0	475	6,8	542,5	276,5	
43	250	1030	425	232,5	1233	8,6	580	329	49,8	575	7,0	558,0	203,7	
44	300	973	475	282,5	1200	8,3	580	250	57,0	600	6,9	279,0	113,0	
45	300	747	395	247,5	925	8,0	533	256	33,5	516	6,9	249,0	107,3	
46	400	590	322	225,0	700	7,7	285	114	21,2	225	6,2	94,8	37,2	
47	400	785	457	260	950	7,7	457	235	29,2	350	6,3	302,2	107,6	
48	400	840	478	205	900	7,1	585	285	39,3	325	6,3	414,0	188,5	
49	400	862	560	245	975	7,0	665	349	44,8	425	6,4	242,5	101,4	
50	400	775	498	272,5	950	7,4	440	224	49,8	262	6,2	290,2	78,0	
51	400	760	425	272,5	967	7,7	440	225	50,0	300	6,3	90,0	72,0	
52	400	820	485	240	1200	7,5	407	236	26,5	300	6,3	205,0	36,1	
53	400	792	407	192,5	1125	7,8	475	263	24,0	567	6,2	85,0	14,4	
54	400	788	502	197,5	1075	7,5	498	252	26,0	425	6,3	146,6	20,8	
55	450	980	535	210	1200	7,6	310	152	9,5	200	6,2	18,0	7,9	
56	450	890	500	207,5	1150	7,8	300	120	25,6	100	6,1	32,8	8,1	
57	450	765	435	-	1000	7,6	310	133	-	130	6,0	50,2	21,7	
58	450	735	418	-	950	7,5	272	96	-	115	6,2	65,5	25,6	
59	450	1025	505	190	1200	7,8	355	156	20,6	190	6,0	105,5	41,2	



Tablica 5-3

Charakterystyka osadu czynnego z komory napowietrzania, recykulatu oraz odprowadzającego z układu koagulacji symultanicznej osadu nadmiernego. Wartości średnie dobowe.

Lp.	Ilość $Al_2/SO_4/3$ w $mg/dm^3$ ścieków	Osad czynny z komory napowietrzania			Recykulat		Osad nadmierny odprowadzany z osadnika			U w a g i
		Stężenie osadu	Opadalność po 0,5 h na 100 $cm^3$ śc. w $cm^3$	Indeks osadu $cm^3/g$	Stężenie osadu $g/dm^3$	Opadalność po 0,5 h na 100 $cm^3$ śc. w $cm^3$	Stężenie osadu $g/dm^3$	Ilość odprowadzającego osadu w $dm^3/dobę$	Ilość odprowadzającego osadu w $g/dobę$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	3,61	-	-	8,14	-	-	-	-	Adaptacja osadu czynnego w warunkach pracy modelowej oczyszczalni ścieków Recyрк. 100 %
2	0	3,59	-	-	6,94	-	7,76	14	108,64	
3	0	3,58	-	-	10,27	-	8,63	14	120,82	
4	0	3,87	-	-	6,02	-	7,33	14	102,62	
5	0	3,41	-	-	6,77	-	7,41	14	103,74	
6	25	3,32	88	264	8,09	-	7,63	14	106,82	
7	25	3,33	90	273	6,32	95	6,73	14	94,20	
8	25	3,68	87	238	5,66	96	6,97	7	48,70	Recyрк. 100 %
9	25	2,86	80	283	7,01	98	6,05	14	84,70	
10	50	3,17	83	258	7,89	97	6,45	14	90,30	
11	50	3,31	86	260	6,82	95	6,50	14	91,00	
12	50	3,07	86	281	5,63	96	5,97	14	83,50	
13	50	3,28	90	275	6,35	97	6,37	14	89,20	Recyрк. 100 %
14	50	3,30	89	270	6,93	98	5,88	14	82,30	
15	50	3,30	87	263	5,55	95	6,01	14	84,10	
16	100	3,59	88	240	6,88	98	8,05	14	112,70	
17	100	3,48	88	253	5,93	96	5,31	14	74,30	
18	100	3,49	86	248	6,86	97	6,37	14	89,20	Recyрк. 100 %
19	100	3,67	81	220	8,08	95	7,94	14	111,10	
20	100	3,98	84	203	7,07	93	-	-	-	Nie oprow.os.
21	100	3,76	84	223	10,13	98	9,20	14	128,8	
22	100	3,90	79	201	11,36	99	19,11	14	127,6	
23	150	3,89	77	198	11,37	99	10,36	14	145,0	Recyрк. 100 %
24	150	3,69	76	205	8,81	96	8,42	14	117,9	" "
25	150	3,70	76	205	6,71	90	6,54	14	91,5	" "
26	150	3,82	78	205	6,47	92	6,01	14	84,1	" "
27	150	4,24	74	174	6,53	88	6,40	14	89,5	" "
28	150	3,77	72	192	9,28	92	6,97	14	97,6	Recyрк. 50 %
29	150	3,37	72	213	10,42	93	9,42	14	131,8	Początek post. cel. Rec. 50 %
30	200	3,12	75	240	8,37	91	7,84	14	109,7	Postój cel. Rec. 50 %
31	200	2,97	77	261	8,38	95	-	14	-	Postój cel. Recyрк. 50 %
32	200	2,56	77	281	8,81	96	11,91	7	83,3	Post. cel. Rec. 50 %
33	200	3,21	70	218	9,11	94	-	-	-	" " Rec. 50 %
34	200	3,85	69	179	7,89	89	6,65	6	39,9	" " Rec. 75 %
35	200	3,44	70	203	7,50	90	8,16	10	81,6	" " Rec. 75 %
36	200	3,24	67	208	6,51	89	8,91	9	80,2	" " Rec. 75 %

c.d.tablicy 5-3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
37	250	3,56	77	216	6,59	88	-	-	-	Post. cel. Rec.
38	250	3,08	71	230	6,09	89	7,22	10	72,2	" "
39	250	4,17	60	143	11,48	90	12,30	8	99,1	" " "
40	250	4,33	40	93	10,36	84	-	-	-	" " "
41	250	4,19	42	100	9,28	80	-	-	-	" "
42	250	4,54	44	97	10,53	80	-	-	-	" "
43	250	5,34	48	90	11,12	84	12,68	4,5	57,8	" "
44	300	4,43	44	100	9,98	79	13,45	4	53,8	" "
45	300	3,87	47	121	9,18	84	17,47	7	122,3	" "
46	400	4,18	50	120	11,67	91	13,56	5	67,8	" "
47	400	4,25	47	110	19,14	97	11,45	5	57,3	" "
48	400	5,00	55	110	9,05	84	14,21	7	99,5	" "
49	400	4,19	51	123	9,21	83	17,26	10	172,6	" "
50	400	4,31	57	133	7,35	75	10,87	6	65,2	" "
51	400	4,09	71	180	6,72	90	10,99	9	98,9	" "
52	400	3,37	88	261	9,09	94	6,70	23	154,1	" "
53	400	2,98	88	296	6,42	94	6,34	28	177,4	" "
54	400	3,20	89	280	6,48	98	5,63	38	214,0	" "
55	450	3,39	89	288	7,42	97	6,00	27	161,9	Prawidłowe miesza-
56	450	2,19	73	333	5,29	92	6,05	36	217,8	nie i miejsce dozo-
57	450	2,52	72	288	4,98	95	4,96	28	138,8	wania Al <sub>2</sub> /SO <sub>4</sub> /3
58	450	2,16	73	341	4,15	90	4,36	28	122,1	Rocyrek. 75 %
59	450	2,85	72	253	5,89	95	4,49	-	-	



Tablica 5-4

Efekty zmniejszenia wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych otrzymane w wyniku ich oczyszczania metodą koagulacji symultanicznej

Lp wg tablicy nr 1	Ilość $Al_2/SO_4/3$ w $mg/dm^3$ ścieków	Stopnie redukcji, %				U w a g i
		ChZT	Utlenia- ności	BZT <sub>5</sub>	Barwy	
1	2	3	4	5	6	7
6	25	47,5	43,0	94,3	15,8	Recyrk. 100 %
7	25	49,4	37,0	92,5	23,5	"
8	25	49,4	38,2	93,9	15,6	"
9	25	40,4	34,6	91,7	20,0	"
10	50	54,4	44,8	86,0	34,7	"
11	50	52,6	40,1	91,9	25,1	"
12	50	54,2	45,7	92,2	28,6	"
13	50	58,5	45,8	92,8	45,1	"
14	50	51,7	40,6	93,5	28,0	"
15	50	44,0	32,8	89,7	2,9	"
16	100	56,9	40,4	93,3		"
17	100	50,5	50,8	91,7	37,5	"
18	100	47,5	44,2	92,5	42,5	"
19	100	45,9	42,0	93,3	25,0	"
20	100	57,0	50,8	90,9	23,5	"
21	100	54,7	46,2	92,4	40,7	"
22	100	43,6	38,2	95,0	37,1	"
23	150	57,1	49,4	93,4	31,2	"
24	150	50,7	44,1	91,8	40,0	"
25	150	52,8	54,3	91,7	47,8	"
26	150	41,9	30,9	94,7	28,9	"
27	150	41,2	39,4	92,2	58,5	Rec. 100 %
28	150	48,7	39,3	88,7	55,0	Rec. 50 %
29	150	33,1	25,4	73,9	48,6	Początek postoju celul. Rec. 50 %
30	200	58,7	44,3	73,9	46,9	Postój celu. Rec. 50 %
31	200	37,5	40,5	73,3	63,2	" " Rec. 50%
32	200	36,4	26,1	65,3	47,0	" " Rec. 50%
33	200	29,6	32,9	55,3	48,6	" " Rec. 50%
34	200	31,0	32,5	70,8	52,2	" " Rec. 75%
35	200	32,9	21,7	61,0	51,6	" " Rec. 75 %
36	200	39,5	31,9	85,9	55,0	

c.d.tablicy 5-4

1	2	3	4	5	6	7
37	250	33,0	39,0	81,2	51,7	Postój celul.řoc.75%
38	250	55,9	51,4	88,4	51,5	" " "
39	250	20,4	11,0	79,4	56,8	" "
40	250	19,2	31,7	72,9	40,5	" "
41	250	26,1	47,5	79,6	55,2	" "
42	250	26,8	34,3	83,1	50,7	" "
43	250	43,7	22,6	77,6	53,3	" "
44	300	40,4	47,4	79,9	50,0	" "
45	300	28,6	35,2	86,4	44,2	" "
46	400	51,7	64,6	90,6	67,9	" "
47	400	41,8	48,6	88,6	63,1	" "
48	400	30,3	40,4	80,8	63,9	" "
49	400	22,8	37,7	81,7	56,4	" "
50	400	43,2	55,0	81,7	72,4	" "
51	400	42,1	44,4	81,6	68,9	" "
52	400	50,3	51,3	88,9	75,0	" "
53	400	40,0	46,0	87,5	57,6	" "
54	400	36,8	49,8	86,8	60,5	" "
55	450	68,3	71,6	95,5	83,3	" "
56	450	66,3	76,0	87,6	91,3	" "
57	450	59,5	69,4	—	87,0	" "
58	450	62,9	77,0	—	67,0	" "
59	450	65,5	69,5	89,1	84,2	" "



Tablica 5-5

Wyniki oznaczeń ChZT wykonywanych różnymi metodami

Lp.	Ścieki surowe /po mechanicznym oczyszczeniu/		Ścieki odprowadzane z osadnika wtórnego		Równania krzywych zależności: ChZT/gorąco/=f/ChZT/zimno/		Współczynniki regresji R	
	ChZT oznaczane na zimno /mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	ChZT oznaczane na gorąco /mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	ChZT oznaczane na zimno /mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	ChZT oznaczane na gorąco /mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Dla ścieków surowych	Dla ścieków odprowadzanych z osadnika	Dla ścieków surowych	Dla ścieków odprowadzanych z osadnika
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1360	2080	460	640				
2	720	1080	360	680			0,965	0,935
3	680	1080	460	800				
4	1000	1680	440	760				
5	840	1320	580	920				
6	1000	1560	500	800				
7	560	920	400	640				
8	760	1240	340	620				
9	480	920	520	700				
10	480	920	440	640	y=183,3+1,39 x			
11	520	920	380	580		y=30+1,47 x		
12	680	1120	280	440				
13	760	1240	240	380				
14	600	1160	580	960				
15	560	1040	660	960				
16	920	1360	500	880				
17	560	1000	620	940				
18	440	680	460	760				
19	720	1080	400	680				
20	880	1280	200	220				
21	960	1640	340	460				
22	760	1240	620	800				
23	880	1400	460	680				
24	760	1240	360	580				
25	840	1320	380	560				
26	920	1400	560	760				
27	920	1480	280	480				
28	760	1200	280	380				
29	640	1080	400	600				
30	960	1680	220	300				

y - chZT oznaczone metodą na gorąco /w mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> /  
 x - ChZT oznaczone metodą na zimno /w mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> /

Tabela 5-6

Zestawienie zbiorcze wyników analizy biologicznej osadu czynnego pobranego z modelowego układu koagulacji symultanicznej.  
Ilość organizmów w 1 cm<sup>3</sup>

Data badania	27.III. 1975	2.IV.	9.IV.	16.IV.	23.IV.	8.V.	15.V.	20.V.
Dawka Al <sub>2</sub> /SO <sub>4</sub> <sup>3</sup> w mg/dm <sup>3</sup>	25	50	150	200	250	400	450	450
<b>Organizmy</b>								
<b>Obserwacje mikroskopowe osadu</b>								
Barwa	brunatna	brunatna	rudo-brunatna	rudo-brunatna	rudo-brunatna	brunatna	brunatna	brunatna
Opadalność	słaba	słaba	słaba	dość słaba	dość słaba	słaba	słaba	b.słaba
Ciecz nad osadem	mętna brunatna	mętna brunatna	mętna żółtawa	mętna brunatna	mętna żółtawa	mętno-żółtawo-szara	mętna żółtawa	mętna żółtawo-szara
<b>Obserwacje mikroskopowe osadu</b>								
Struktura	luźna	klaczki zlewające się	zwarła	zwarła	zwarła	zbita	zbita	zbita
Kształt	nieregul.	niereg.	niereg.	wydłużony	wydłużony	wydłużony	wydłużony	wydłużony
Klaczki osadu ilość w 1 cm <sup>3</sup>	102400	84400	132400	88000	111600	8200	59200	37200
<b>wymiary klaczek</b>								
szerokość μm	17-105	26-158	17-114	26-114	26-105	26-194	26-97	26-88
długość μm	44-465	70-352	35-395	97-440	26-308	88-308	105-528	61-528
<b>Bacteriophyta</b>								
Beggiatoa sp	19600	28400	400					
Sphaerotilus sp	72000	4800	108000	16000				28 000
<b>Fungi</b>								
Strzępki grzyba	2000	2000	800	1200	masowo	masowo		98000
Zarodniki								masowo
<b>Protozoa</b>								
Mastigophora	6800	5600	1600	400	400	2400	400	800
<b>Ciliata</b>								
ogólna ilość wolno-pływające	3200	3600	7200	14000	6800	4400	1200	1200
osiadło	400	1200	2000			400		
Litonotus sp	2800	2400	5200	14000	6800	4000	1200	1200
Spistylis sp	400	1200	2000			400		
Opercularia sp	400	2400	2000	1600	800			
Vorticella	400		2800	2800	400			
Telotroch	800		3200	9600	5600	4000	1200	1200
Nematoda			400					



Tablica 5-7

Oznaczenia aktywności oddechowej /metodą testu TTC/  
osadu czynnego pobranego z komory napowietrzania  
w układzie koagulacji symultanicznej

Dawka $\text{Al}_2/\text{SO}_4/3$ w $\text{mg}/\text{dm}^3$	Data badania	Aktywność dehydrogenazowa $\mu\text{mol TF}/\text{g sm}$		
		bez substratu	z glukozą	właściwa
25	27.III. 1975	55,39	80,0	24,61
50	2.IV.	134,0	142,0	8,0
150	9.IV.	96,9	105,1	8,2
200	16.IV.	34,9	65,7	30,8
250	23.IV.	30,0	36,6	6,6
400	8.V.	45,7	55,6	9,9
450	15.V.	50,0	79,7	29,7

Tablica 5-8

Wyniki odwadniania osadów pochodzących  
z układu koagulacji symultanicznej na drodze  
filtracji próżniowej i odwirowania

Oznaczenia	Jed- nos- tki	Tkanina typu BT - 16			Tkanina BT - 16
		Osad sko- gulowany w proce- sie symul- V=200 cm <sup>3</sup>	Osad sko- -agulowany w proce- sie symul- V=100 cm <sup>3</sup>	Osad bez koagu- lantu V=100cm <sup>3</sup>	Osad skoagulo- wany w procesie symult. V=100cm <sup>3</sup>
Uwodnienie osadu przed filtracją w %	%	99,3	99,3	99,04	99,32
Stężenie os.	g/dm <sup>3</sup>	7,2	7,2	9,6	7,2
Uwodnienie osadu po filtracji w %	%	84,26	84,18	94,86	84,15
Sucha pozostałość w osadzie po filtracji w %	%	15,74	15,82	5,14	15,85
Opór właściwy filtracji	10 <sup>11</sup> n/kg	146,8	128,8	1002	128,1
Uwodnienie osadu po odwirowaniu /n=2000 obr/min/	%	-	86,2	93,5	





Tablica 6-2

Wyniki prób laboratoryjnych określania optymalnej dawki CaO dla oczyszczania surowych ścieków celulozowych .

Próby z września 1975.

Lp.	Dawka koagulantu jako CaO/dm <sup>3</sup> ścieków	Charakterystyka ścieków oczyszczonych chemicznie po 2 godzinnym czasie sedymentacji				
		pH	BZT <sub>5</sub> mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Utlenialność mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Barwa mgPt/dm <sup>3</sup>	Ilość osadu po 2 h sedymentacji
1	0,0	8,8	580	-	1200	7
	1,0	11,5	340	-	500	17
	2,0	12,0	340	-	400	26
	3,0	12,1	300	-	350	35
2	0,0	8,4	490	170	1200	-
	1,0	11,4	280	120	400	20
	2,0	11,9	280	120	300	32
	3,0	12,1	280	120	100	34
	5,0	12,2	260	100	300	46
	7,0	12,2	240	72	300	50
3	0,0	8,9	800	388	1400	4
	1,0	11,7	460	178	600	30
	2,0	12,0	460	178	500	42
	3,0	12,1	460	178	500	46
	5,0	12,1	460	168	400	54
4	0,0	8,6	960	480	1400	0
	1,0	11,5	520	268	700	35
	2,0	11,8	520	260	600	42
	3,0	11,9	520	244	500	46
	5,0	12,0	520	220	500	58
5	0,0	8,0	640	360	1400	0
	1,0	11,6	350	160	700	30
	2,0	12,0	320	148	500	40
	3,0	12,0	320	128	400	48
	5,0	12,1	300	124	400	60
6	0,0	8,3	720	372	1750	3
	1,0	11,6	380	170	625	40
	2,0	12,0	380	164	500	46
	3,0	12,0	360	144	500	46
	5,0	12,1	340	136	400	62
7	0,0	8,3	800	388	2000	1
	1,0	11,5	490	184	870	37
	2,0	11,9	420	168	870	44
	3,0	12,0	400	152	625	52
	5,0	12,1	360	144	625	66







1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
12.X.75	3	8,1 8,2 8,2 8,1	620 660 640 620	255 310 380 300	700 700 600 600	165 190	0,0 0,0 0,0 0,0	7,0 7,6 6,6 6,6	7,6 7,3 7,2 7,7	320 320 320 320	130 140 140 140	50 40 40 40	- 99,0 - 89,0	0,0 0,0 0,0 0,0	11,7 17,0 14,3 10,4	10,8 6,2 7,8	0,0 0,0 0,0	7,2 7,4 7,5	160 160 140 140	65 65 65 65	50 40 40 40	- 9,0 36,0	0,6 0,6 0,3 0,2	11,7 13,8 12,8 13,8	6,6 3,1 4,2	sl. 0,0 0,0	-
13.X.75	3	8,5 8,5 8,2 7,9	660 940 820 800	315 445 510 510	700 800 1000 1000	285 295	0,0 0,0 0,0 0,0	6,8 8,0 8,4 8,2	7,2 7,0 7,4 7,6	200 360 400 460	115 210 210 215	40 70 70 70	- 10,0 - 14,0	0,0 0,0 0,0 0,0	21,0 29,7 18,3 18,3	5,6 8,1 8,6	0,0 0,0 0,0	8,3 7,9 8,1	140 160 180 180	55 55 55 65	70 70 70 70	51,5 60,0	0,0 0,0 0,0 0,0	16,3 16,8 14,1 12,7	3,5 4,0 3,4	0,0 0,0 0,0 0,0	-
14.X.75	3	7,7 7,5 7,6 7,6	880 930 840 860	520 600 530 490	1100 800 900 900	- 190,0 280,0	0,0 0,0 0,0 0,0	8,2 8,3 8,6 8,5	6,7 7,0 7,1 7,5	440 400 400 360	140 160 155 160	60 70 70 70	- 73,0 - 73,0	0,0 0,0 0,0	26,3 21,4 22,3 17,2	11,6 7,3 5,2	0,0 0,0 0,0	7,8 7,7 7,9 7,9	180 200 180 180	90 90 85 85	60 70 70 70	- 82,0 56,0	0,0 0,0 0,0 0,0	13,0 11,7 11,3 11,0	6,2 4,1 6,0	0,0 0,0 0,0	-
15.X.75	3	7,8 7,7 7,6	700 700 560	500 680 365	900 800 900	210,0 170,0	0,0 0,0 0,0	9,6 9,0 9,0	7,1 7,0 7,0	230 220 260	120 115 115	30 30 30	- 116,0 120,0	0,0 0,0 0,0	29,0 32,0 25,5	9,8 6,4 7,6	0,0 sl. 0,0	7,8 7,7 7,7	100 100 80	40 40 45	30 30 30	27,0 23,5	0,0 0,0 0,0	10,0 12,0 10,8	4,4 3,6 5,0	0,0 0,0 0,0	14,4 28,0 166,0
16.X.75	3	7,8 7,9 7,8	640 620 560	400 325 300	900 600 700	215,0 295,0	0,0 0,0 0,0	9,6 5,2 9,0	7,4 7,4 7,4	240 220 200	115 105 100	50 50 50	- 95,0 10,0	0,0 0,0 0,0	24,9 24,0 24,2	7,6 7,3 6,8	0,0 0,0 0,0	8,2 8,4 7,7	100 100 80	40 40 30	50 50 50	20,5 24,5	0,0 0,0 0,0	13,4 10,5 22,0	2,6 3,8 2,9	0,0 sl. sl.	95,2 75,6 50,0
17.X.75	3	9,0 8,9 7,9	900 920 820	570 610 465	1100 100 1100	210,0 330,0	0,0 0,0 0,0	11,4 10,2 10,0	7,0 7,4 7,0	300 300 400	120 145 150	40 80 80	- - -	0,0 0,0 0,0	24,2 19,6 21,1	6,2 6,4 5,6	0,0 0,0 0,0	7,5 8,0 7,9	140 140 200	80 80 85	40 80 80	34,5 54,5	1,1 0,3 0,3	16,1 16,0 14,3	2,8 3,0 3,3	0,0 sl. sl.	67,0 57,4 40,0
18.X.75	3	8,0 8,3 8,3	860 900 860	430 430 405	1100 1000 1000	180,0 265,0	0,0 0,0 0,0	11,2 10,4 10,6	7,6 7,5 9,0	400 400 400	155 135 135	60 40 40	- 14,0 11,5	0,0 0,0 0,0	26,3 17,1 17,8	5,1 6,2 6,3	0,0 0,0 0,0	8,5 8,5 8,5	180 180 170	55 40 40	60 40 40	71,0 54,0	0,0 0,0 0,0	16,3 16,8 16,6	3,0 3,3 3,5	0,0 sl. sl.	31,2 12,2 42,4
19.X.75	3	8,3 8,3 8,3	840 880 800	405 410 320	1000 1000 1000	225,0 255,0	0,0 0,0 0,0	10,8 9,3 9,3	7,4 7,4 7,5	360 340 360	130 140 140	60 90 80	- - 14,0	0,0 0,0 0,0	24,6 23,8 25,9	7,2 10,2 2,3	0,0 0,0 0,0	8,5 8,6 8,6	200 220 100	45 55 40	80 75 75	44,0 74,0	0,3 0,4 0,2	21,2 23,5 24,1	2,0 4,2 4,0	0,0 0,0 sl.	14,2 20,0 23,2
20.X.75	3	8,3 9,2 9,0	840 1400 880	360 710 340	1000 1100 1100	360,0 175,0	0,0 0,0 0,0	10,4 10,8 7,7	7,6 7,5 7,7	400 540 420	170 210 190	80 80 80	- 15,0 12,0	0,0 0,0 0,0	23,4 21,5 20,7	7,4 8,2 7,6	0,0 0,0 0,0	8,6 8,6 8,6	260 260 260	75 70 70	80 80 80	82,0 86,0	0,0 0,0 0,0	21,5 23,7 22,0	4,0 3,7 3,7	0,1 0,1 0,1	21,0 41,0 64,0
21.X.75	3	8,8 8,8 8,9	820 760 840	340 340	1000 1000	195,0 200,0	0,0 0,0 0,0	7,5 7,8 7,8	7,5 7,5 7,6	300 290 200	160 - -	90 - -	- 5,0 9,0	0,0 0,0 0,0	21,4 21,6 20,3	12,4 10,6 8,8	0,4 0,3 0,2	8,5 8,5	180 160	- -	- -	81,0	0,0 0,0	17,8 10,4	6,2 5,1 3,3	0,6 0,2 0,1	22,3 22,3
22.X.75	2,0	8,8 8,8	800 860	- 380	- 1000	260,0 220,0	0,0 0,0	8,4 10,4	7,1 7,4	260 230	150 155	30 30	106,5 100,0	0,0 0,0	26,4 24,6	6,1 9,1	0,4 0,0	8,4 8,3	120 80 100	60 50 50	80 80 80	62,5 15,0	0,0 0,0 0,0	15,2 16,4 17,3	5,2 4,2	0,0 sl.	24,6 10,6 20,4



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
23.X.75	2	9,2 9,0 9,0	760 700 720	365 320 360	1000 1000 900	- 250,0 235,0	0,0 0,0 0,0	11,8 12,4 10,3	7,3 7,3 7,4	260 260 240	110 60 65	60 80 80	- 97,0 85,0	0,0 0,0 0,0	30,6 28,6 27,4	8,8 7,6 9,4	sl. sl. 0,2	8,1 8,0 8,4	80 80 80	45 45 45	80 80 80	- 7,0 8,0	0,0 0,0 0,0	16,3 15,3 17,2	4,7 3,0 4,6	0,5 0,04 sl.	4,0 11,2 34,2
24.X.75	2	9,0	720	340	800	-	0,0	9,8	7,3	260	70	60	26,2	0,0	26,2	8,6	sl.	8,1	80	45	-	-	-	-	4,4	0,18	-
25.X.75	2	9,5	660	400	-	145,0	-	-	8,0	280	150	-	73,0	-	-	5,9	0,0	8,3	220	95	-	14,0	-	-	2,8	0,04	-
26.X.75	2	8,6	1040	550	-	280,0	-	-	7,4	400	175	-	130,0	-	-	7,3	0,0	-	-	45	-	17,0	-	-	2,7	0,04	-
27.X.75	2	8,6	820	450	-	560,0	-	-	7,3	360	165	-	114,0	-	-	9,9	0,0	-	-	-	-	-	-	-	4,3	0,03	-
30.X.75	1,5	8,4	920	480	-	230,0	-	-	7,0	460	205	-	-	-	-	11,7	0,0	7,7	220	100	-	48,0	-	-	4,7	sl.	-
31.X.75	1,5	7,8	840	440	-	190,0	1,0	8,0	7,2	460	220	-	-	-	-	12,0	0,0	8,0	230	140	-	69,0	-	-	5,0	sl.	-
3.XI.75	2	8,8 8,5 8,1	1080 1240	590 600	1250 1400	300,0 230,0	0,0	8,0	6,9 6,9	540 540	240 280	60 60	92,0 96,5	0,0 0,0	10,9 13,5	7,8 6,3	0,0 0,0	7,4 7,4	180 260	100 140	60 60	41,5 41,5	0,0 0,0	12,0 14,0	3,6 2,0	sl. sl.	-
4.XI.75	2	8,8 8,5 8,1	1200 1160 1000	600 520 500	1400 1300 1000	260,0 260,0	0,0 0,0 0,0	8,0	6,9 7,3 7,5	540 400 460	250 240 220	60 50 100	- 175,0 136,0	0,0 0,0 0,0	17,5 22,3 14,2	7,2 6,6	0,0 0,0 0,0	7,9 8,3 3,1	300 260 240	145 135 120	60 60 60	53,0 59,0	0,0 0,0 0,0	13,4 13,0 15,0	2,7 3,0 2,3	0,06 0,05 0,02	15,2 10,4 12,5
5.XI.75	2	8,3 8,1 8,1	960 940 920	500 500 520	1000 1000 900	310,0 200,0	0,0 0,0 0,0	8,0	7,4 7,6 7,6	440 420 420	220 200 220	80 60 80	93-84 73-66	0,0 0,0 0,0	27,2 25,0 24,0	12,4 12,0 10,6	sl. sl. sl.	8,2 8,2 8,2	260 240 220	140 115 110	80 80 80	- 60-59 61-71	0,0 0,0 0,0	22,0 23,0 21,0	6,2 5,9 4,3	0,6 0,45 0,03	10,5 14,2 9,8
6.XI.75	2	8,3 8,5 8,1	920 820 720	500 450 360	900 800 600	290,0 165,0	0,0 0,0 0,0	8,0	7,5 7,4 7,5	440 400 400	200 190 200	80 70 70	90,0 41,0	0,0 0,0 0,0	13,5 25,2 23,5	3,4 5,0 4,0	0,0 0,0 0,0	8,3 - 8,0	210 - 200	115 - 100	80 70 70	- - 31-24	0,0 - 0,0	20,5 - 13,8	2,0 4,2 2,3	sl. sl. sl.	14,2 - 10,3
7.XI.75	2	8,2 8,1 8,1	720 680 620	360 390 400	600 600 600	140,0	0,0	7,5	7,5 7,3 7,3	380 380 340	185 190 160	60 40 40	91,0 119,0	0,0 0,0 0,0	25,5 25,0 28,0	7,2 5,6 6,0	0,0 0,0 0,0	7,9 8,3 8,0	140 140 160	90 80 90	80 70 70	26,5-24,5 43,0-17,5	0,0 0,0 0,0	13,2 13,6 13,4	4,6 3,0 3,1	0,02 0,0 sl.	13,0 8,8 10,2
8.XI.75	2	8,1 8,0	680 680	400 400	500 600	-	0,0 0,0	9,5 7,3	7,2	360	160	60	29,7	0,0	29,7	4,8	0,0	-	-	-	-	-	-	-	3,6	sl.	-



Wartości średnie dobowe wielkości przedstawionych w TABELI 6-3

Tabela 6-4

Data	Ilość do- zornego miejsca ws- piennego jak 2 CaO/dm <sup>3</sup> 3 solanków	Charakterystyka ścieków surowych /po mechanicznym oczyszczeniu/					Charakterystyka ścieków po chemicznym oczyszczeniu					Charakterystyka ścieków po biologicznym oczyszczeniu													
		pH	ONZP mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Utlenial- ność mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Barwa mg Pt/dm <sup>3</sup>	Siły mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Zaśrodek nwa/dm <sup>3</sup>	p	m	n	p	pH	ONZP mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Utlenial- ność mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Barwa mg Pt/dm <sup>3</sup>	Siły mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Zaśrodek nwa/dm <sup>3</sup>	p	m	n	p				
4.X.75	3	7,7	680	357,5	725	210,0	0,0	7,8	7,4	235	117,5	31,3	103,8	-	-	7,2	95	42,5	81,3	21,8	0,0	13,6	-	-	
5.X.75	3	7,7	650	347,5	750	212,5	0,0	7,6	7,2	245	108,8	83,8	92,0	0,0	12,5	6,7	80	42,5	83,8	17,7	0,3	12,3	-	-	
6.X.75	3	7,9	625	326,3	800	191,5	0,0	7,9	7,1	295	108,8	77,5	84,8	0,0	19,4	7,8	70	52,5	72,8	20,0	0,0	10,3	-	-	
7.X.75	3	8,3	615	358,8	850	180,0	0,5	7,9	7,8	295	117,5	90,0	77,0	0,3	10,9	7,9	70	48,8	90,0	9,2	0,0	7,0	-	-	
8.X.75	3	9,0	780	445,0	1000	222,5	0,6	8,8	7,1	330	156,2	80,0	96,8	0,0	16,6	7,8	90	55,0	80,0	13,3	0,0	11,3	3,9	0,14	
9.X.75	3	7,6	765	387,5	1000	275,0	0,1	8,3	7,3	330	142,5	95,0	99,0	0,0	13,9	7,7	90	50,0	95	17,5	0,0	11,9	5,8	2,1	
10.X.75	3	8,2	730	407,5	900	162,5	0,0	7,8	7,4	360	153,8	62,5	69,0	0,0	11,5	8,0	125	60,0	62,5	19,5	0,0	10,6	7,1	6,1	
11.X.75	3	8,2	660	335,0	725	197,5	0,0	7,1	7,6	315	135,0	57,5	66,5	0,0	9,9	8,0	95	52,3	57,5	44,0	0,0	11,5	6,5	4,6	
12.X.75	3	8,2	635	331,3	650	177,5	0,0	7,0	7,5	320	137,5	42,5	94,0	0,0	13,5	7,3	150	65,0	42,5	22,5	0,4	13,0	4,6	4,6	
13.X.75	3	8,3	805	445,0	875	290,0	0,0	7,9	7,3	395	187,5	67,5	128,8	0,0	21,8	8,1	169	57,5	62,5	55,8	0,0	15,0	3,0	0,0	
14.X.75	3	7,6	890	535,0	925	235,0	0,0	8,6	7,1	400	153,8	67,5	79,0	0,0	21,8	7,8	185	87,5	67,5	69,0	0,0	11,8	5,4	0,0	
15.X.75	3	7,7	680	501,7	867	190,0	0,0	9,2	7,0	253	116,7	30,0	110,0	0,0	21,8	7,7	93	41,7	30,0	25,3	0,0	10,9	4,3	0,0	
16.X.75	3	7,8	607	361,7	733	255,0	0,0	7,9	7,4	220	106,7	50,0	102,0	0,0	24,4	8,1	93	36,7	50,0	22,5	0,0	18,0	3,1	0,0	
17.X.75	3	8,3	900	548,3	1067	270,0	0,0	10,5	7,1	360	183,3	66,7	129,8	0,0	21,6	7,8	166	81,6	66,7	44,5	0,9	15,6	3,0	0,0	
18.X.75	3	8,4	873	455,0	1030	222,5	0,0	10,7	7,7	400	141,7	46,7	129,8	0,0	20,4	8,5	177	45,0	50	62,5	0,0	16,6	3,4	0,0	
19.X.75	3	9,3	840	378,3	1000	240,0	0,0	10,2	7,4	353	136,7	73,3	140,0	0,0	26,4	8,6	200	46,7	96,7	61,5	0,3	22,9	3,4	0,0	
20.X.75	3	8,8	1040	470,0	1067	267,5	0,0	9,6	7,6	453	186,7	90,0	141,0	0,0	21,9	0,6	260	71,7	80,0	84,0	0,0	22,4	3,6	0,1	
21.X.75	3	8,8	827	340	1000	197,5	0,0	7,7	7,5	317	160,0	50,0	96,0	0,0	21,1	8,5	170	-	80,0	81,0	0,0	19,1	5,0	0,1	
22.X.75	2	8,8	830	380	1000	240,0	0,0	9,4	7,3	265	152,5	80,0	103,3	0,0	25,5	8,4	100	53,3	80,0	38,8	0,0	16,5	4,4	0,3	
23.X.75	2	9,1	827	348	967	242,5	0,0	11,5	7,3	253	78,3	80,0	91,0	0,0	29,9	8,2	80	45,0	80,0	7,5	0,0	16,4	4,4	0,3	
24.X.75	2	9,0	720	340	800	145,0	0,0	9,8	7,3	260	70,0	80,0	72,0	0,0	26,2	8,1	80	45,0	-	-	-	-	4,4	0,3	
25.X.75	2	9,5	660	400	-	280,0	-	-	7,4	400	175,0	-	130,0	-	-	8,3	220	95,0	-	14,0	-	-	-	4,4	0,3
26.X.75	2	8,6	1040	550	-	280,0	-	-	7,4	400	175,0	-	130,0	-	-	7,3	220	45,0	-	17,0	-	-	-	2,8	0,04
27.X.75	2	8,6	820	450	-	560,0	-	-	7,3	360	165,0	-	114,0	-	-	7,3	-	-	-	-	-	-	-	2,7	0,04
30.X.75	1,5	8,4	920	490	-	280,0	-	-	7,0	460	205,0	-	-	-	-	7,7	220	100,0	-	48,0	-	-	-	4,3	0,08
31.X.75	1,5	7,8	840	440	-	190,0	-	-	7,2	460	220,0	-	-	-	-	8,0	210	140,0	-	69,0	-	-	-	4,7	0,1
3.XI.75	2	8,8	1160	440	-	190,0	-	-	6,9	460	220,0	-	-	-	-	7,4	220	120,0	-	41,5	-	-	-	2,2	0,1
5.XI.75	2	8,2	940	595	1325	265,0	0,0	8,0	6,9	540	260,0	60,0	94,2	0,0	18,3	8,2	220	60,0	60,0	62-65	0,0	13,0	5,6	0,4	
4.XI.75	2	8,5	1120	506	967	255,0	0,0	8,0	7,5	427	213,3	73,3	88,0	0,0	25,4	8,2	240	121,7	73,3	56,0	0,0	13,2	2,0	0,04	
6.XI.75	2	8,3	840	437	1233	160,0	0,0	8,0	7,3	493	238,7	70,0	155,0	0,0	18,0	8,1	267	133,3	70,0	24	0,0	17,2	3,0	0,1	
7.XI.75	2	8,1	693	380	600	227,5	0,0	7,3	7,5	413	196,7	73,3	65,5	0,0	22,4	8,1	205	107,5	73,3	21	0,0	13,4	3,8	0,1	



Tablica 6-3

Stopień zmniejszenia zawartych w tablicy 6-4 podstawowych, badanych wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych

Data	Ilość dozowanego mleczka wapiennego gCaO/dm <sup>3</sup>	Po oczyszczeniu chemicznym					Po oczyszczeniu chemicznym i biologicznym					Obciążenie osadu czynnego Badankowa zasada- zawieszeń BZT <sub>5</sub> /g dm <sup>3</sup>
		ChZT %	Utle- nial- ność %	Barwa %	BZT <sub>5</sub> %	Przy- rost za- sadowości mval/dm <sup>3</sup>	ChZT %	Utle- nial- ność %	Barwa %	BZT <sub>5</sub> %	Przy- rost za- sadowości mval/dm <sup>3</sup>	
4.X.75	3	58,1	67,1	88,8	50,6	-	86,0	88,1	88,8	89,6	-	0,21
5.X.75	3	62,3	68,7	88,8	53,9	4,9	87,7	87,8	88,8	91,7	3,7	0,226
6.X.75	3	52,8	66,7	90,3	55,9	11,5	88,8	93,9	90,3	89,6	2,4	0,16
7.X.75	3	52,0	67,3	89,4	57,2	3,0	88,6	86,4	90,6	94,9	0,9	0,126
8.X.75	3	57,7	64,9	92,0	56,5	7,8	88,5	87,6	92,1	94,0	2,5	0,082
9.X.75	3	56,9	63,2	90,5	64,0	5,5	88,2	87,1	92,3	93,6	3,6	0,092
10.X.75	3	50,7	62,3	93,1	45,2	3,7	82,9	85,3	93,1	88,0	2,8	0,122
11.X.75	3	52,3	59,7	92,1	56,2	2,9	85,6	84,3	92,1	77,7	4,4	0,081
12.X.75	3	49,6	58,5	93,5	47,0	6,5	76,4	80,4	93,5	87,3	5,0	0,142
13.X.75	3	55,9	57,9	92,9	56,6	13,9	79,5	87,1	92,9	81,0	7,1	0,139
14.X.75	3	55,1	71,3	92,7	68,9	12,9	79,2	93,6	92,7	70,6	3,2	0,079
15.X.75	3	62,8	76,7	96,5	38,0	19,6	86,3	91,7	96,5	86,7	1,7	0,081
16.X.75	3	63,8	70,5	93,2	60,0	16,5	84,7	89,9	93,2	91,2	10,1	0,075
17.X.75	3	60,0	66,6	93,7	-	11,1	82,2	85,1	93,7	83,5	5,1	-
18.X.75	3	54,2	68,9	95,5	41,7	9,7	79,7	90,1	96,5	71,9	5,9	0,114
19.X.75	3	58,0	63,9	92,7	41,7	16,2	78,2	87,7	92,7	74,4	12,7	0,124
20.X.75	3	56,4	60,3	92,5	47,3	12,3	75,0	84,7	92,5	68,6	12,8	0,132
21.X.75	3	61,7	52,9	82,0	51,4	13,4	79,4	-	92,0	69,0	10,4	0,108
22.X.75	2	68,1	59,9	92,0	57,0	16,1	88,0	85,9	92,0	83,8	7,1	-
23.X.75	2	69,4	77,5	91,7	62,5	17,4	90,3	87,1	91,7	96,9	4,9	0,083
24.X.75	2	63,9	79,4	90,0	-	16,4	83,9	86,8	90,0	-	-	-
25.X.75	2	57,6	62,5	-	46,2	-	66,7	76,3	-	90,3	-	0,066
26.X.75	2	61,5	68,2	-	53,6	-	-	91,8	-	93,9	-	0,134
27.X.75	2	56,1	63,3	-	79,6	-	-	-	-	-	-	0,132
30.X.75	1,5	50,0	57,3	-	-	-	76,1	79,2	-	82,9	-	-
31.X.75	1,5	45,2	50,0	-	-	-	66,7	68,2	-	63,7	-	-
3.XI.75	2	53,4	56,3	95,5	64,4	10,3	81,0	79,8	95,5	84,3	5,0	-
4.XI.75	2	56,0	56,2	94,3	40,4	10,0	76,2	75,3	74,3	78,5	5,8	0,152
5.XI.75	2	54,6	57,8	92,4	65,5	17,4	74,5	75,9	92,4	75,7	14,0	0,078
6.XI.75	2	50,8	55,0	90,4	71,2	15,1	75,6	75,4	90,4	86,4	9,9	0,059
7.XI.75	2	47,0	53,1	92,2	25,0	18,0	78,8	77,2	92,2	75,1	5,2	0,066

Wyniki oznaczeń twardości i zawartości  
związków ligninowych w ściekach celulozowych

Data 1975	Dawka mleka wapien- nego jako  g CaO/ dm <sup>3</sup> ścieków	Ścieki surowe		Ścieki oczysz- czone chemicz- nie/przed biol./		Ścieki oczyszcz- one chemicznie i biologicznie	
		twardość całko- wita  °N	zawar- tość zwią- zków lign.  mg/dm <sup>3</sup>	twar- dość całko- wita  °N	zawar- tość zw. lignin.  mg/dm <sup>3</sup>	twardość całko- wita  °N	zawartość związk. lignin.  mg/dm <sup>3</sup>
3.XI.	2	8,0	225	24,5	100	22,5	25
4.XI.	2	9,0	210	21,8	100	22,3	75
5.XI.	2	9,0	210	43,0	90	35,0	60
6.XI.	2	8,8	200	50,2	75	24,3	50
7.XI.	2	10,0	200	59,2	80	24,3	50



Wyniki badań ilości i właściwości osadów powstających w poszczególnych urządzeniach modelowej oczyszczalni ścieków w Ostrołęce /oczyszczanie chemiczne - biologiczne/

TABLICA 6-7

Data	Ilość dozowanego mleka wapiennego - g CaO/dm <sup>3</sup>	Ścieki po kolorku miazalnym z Ca/CH <sub>2</sub>			Osad po komorze napowietrzania			Recyrkulat			Materiał odprowadzanego osadu z osadnika po oddzieleniu i Kczg, (odc.)			Materiał osadu biologicznego			Odcienienie osadu czystego Zadunek zaniesiony - cren
		Opadłość po 0,5 h cm <sup>3</sup> /100cm <sup>3</sup> ścieków	Zawartość twardzieli - mg/dm <sup>3</sup>	Opadłość po 0,5 h cm <sup>3</sup> /100 cm <sup>3</sup> ścieków	Zawartość zawiesiny mg/dm <sup>3</sup>	Indeks osadu cm <sup>3</sup> /g	Opadłość po 0,5 h cm <sup>3</sup> /100 cm <sup>3</sup> ścieków	Zawartość zawiesiny mg/dm <sup>3</sup>	Indeks osadu cm <sup>3</sup> /g	Ilość dm <sup>3</sup> /24 h	Stężenie g/dm <sup>3</sup>	Ilość g/24 h	Ilość dm <sup>3</sup> /24h	Stężenie g/dm <sup>3</sup>	Ilość g/24 h		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
4.X.75	3	-	-	24 74	2400 2900	350 260	96 92	7370 8304	130 110	-	-	-	-	-	-	0,21	
5.X.75	3	-	-	29 42	2116 2416	137 174	79 98	4986 18624	159 52	27,0	95,22	2634,41	-	-	-	0,206	
6.X.75	3	8	3832 2708	70 36	3318 2198	211 163	86 80	6572 4972	130 161	33,0	59,722	1921,79	-	-	-	0,15	
7.X.75	3	7	5484 3758	26 30	3594 2912	71 103	53 66	5744 6174	91 107	30,0	61,934	1850,63	3,0	-	-	0,126	
8.X.75	3	9	3192	49	6338	77	100	28018	36	30,0	53,471	1593,93	4,0	12,92	51,68	0,082	
9.X.75	3	7	2382 4456	42	5512	76	70	9388	65	28,0	28,004	769,63	6,0	15,14	90,84	0,082	
10.X.75	3	7	3338 1916	38	4018	62	100	39756	30	46,0	32,917	1682,38	6,0	12,75	76,56	0,122	
11.X.75	3	7	1864	64	5190	108	80	10318	77	36,0	40,545	1358,23	6,0	17,06	105,96	0,081	
12.X.75	3	8	3162 3160	43	3816	124	88	9706	90	30,0	45,608	1360,24	6,0	14,62	97,72	0,142	

M

o. d. TABLE 6-7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
13.X.75	3	8	4400	50	4316	116	76	6992	108	40,0	52,089	1881,08	4,0	5,00	20,00	0,139
14.X.75	3	11	5864	40	2684	141	80	20740	38	57,0	45,911	2166,50	6,0	8,60	51,60	0,079
15.X.75	3	8	2820	30	7640	39	40	9496	41	25,0	72,279	1016,08	7,0	7,46	52,22	0,091
16.X.75	3	8	5284	30	7494	40	40	9936	40	21	65,721	1308,96	6	8,562	51,37	0,075
17.X.75	3	11	5172	46	6240	73	76	13016	58	38	37,803	1535,89	7	9,470	59,44	-
18.X.75	3	9	6656	42	5766	72	44	6808	63	32	63,497	2210,88	7	7,450	52,15	0,114
19.X.75	3	9	4258	78	5866	133	88	9612	91	30	23,623	666,74	6	10,417	62,50	0,124
20.X.75	3	11	6262	70	5458	128	88	12398	71	36	18,191	835,85	8	9,620	76,95	0,132
21.X.75	3	5	2146	90	4518	199	62	9892	62	35	59,583	2065,36	6	7,468	44,91	0,108
22.X.75	2	Brak	0	0	0	0	0	0	0	12	71,947	795,26	4	8,012	35,25	-
23.X.75	2	11	8508	68	5504	122	88	10850	81	16	52,293	865,61	7	12,237	85,66	0,083
24.X.75	2	12	9072	46	6556	70	78	15640	50	16	72,033	1152,53	7	21,743	152,2	-
25.X.75	2	-	-	60	6212	96	82	10806	79	21	72,981	1495,92	6	9,723	50,34	0,066



M2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
26.X.75	2	-	-	74	5072	145	94	14754	62	35	45,269	1412,72	7	10,926	76,43	0,134
27.X.75	2	-	-	80	4502	179	92	10310	89	56	22,147	1224,3	6	9,124	54,74	0,132
4.XI.75	2	12 24	14652 3550	48 38	5256 5400	91 70	78 99	9688 14356	80 69	36	36,840	1256,3	6	19,480	116,92	0,152
5.XI.75	2	5 8	9640 11420	68 62	5976 5742	114 108	90 90	12392 12220	73 74	28	71,990	910,38	7			0,073
6.XI.75	2	7 5	7720 6920	68 70	5806 6420	117 109	88 90	14072 18760	63 48	25	72,168	1680,73	7			0,059
7.XI.75	2	8 6	10120 6420	62 66	8656 7952	72 83	94 92	18214 16430	51 56	25	65,703	1615,51	6			0,065

Tablica 6-8

Zestawienie zbiorcze wyników analizy biologicznej osadu czynnego pobranego z modelowej chemiczno-biologicznej oczyszczalni ścieków w Ostrołce. Ilość organizmów w 1 cm<sup>3</sup>.

Data badania	9.X.1975	14.X.75.	17.X.75	23.X.75	28.X.75	31.X.75	6.XI.75	
Organizmy	Nr bad.	1	2	3	4	5	6	7
<b>Obserwacje makroskopowe osadu</b>								
barwa		beżowa	jasno beżowa	kremowa	beżowa	jasno beżowa	jasno beżowa	jasno beżowa
opadalność		dobra	dobra	dobra	dobra	dobra	dobra	dobra
ciocz nad osadem		mętna bezbarwna	mętna bezbarwna	klarowna bezbarwna	mętna beżowa	klarowna beżowa	klarowna żółta	mętna beżowa
<b>Obserwacje mikroskopowe osadu</b>								
struktura		duże drobno-ziarn.	duże drobno-ziarniste	duże drobno-ziarn.	duże drobno-ziarn.	duże drobno-ziarn.	duże drobno-ziarn.	duże drobno-ziarn. no ziarn.
kształt		nieregularny	nieregularny	nieregularny	nieregularny	nieregularny	nieregularny	nieregularny
<b>Złączki osadu - ilość w 1 cm<sup>3</sup></b>								
Złączki		92 800	45 200	40 000	45 200	61 200	49 600	30 800
Złączki	szerość μm	26-132	17 - 352	17 -105	35 - 176	35 - 176	26 - 176	17 - 220
Złączki	długość μm	44-176	149-501	88 - 308	140 - 352	44 - 352	52 - 264	44 - 496
<b>Bakteriofity</b>								
bakt.wolnopływające		+++	+++	++++	+++	++	++	++
Beggiata sp.		124 000	216 000		800		3 200	
Crenothrix sp.				266 000	296 000	316 000	216 000	128 000
<b>Grzyby</b>								
Strzępki grzyba			8 400	800	60 000	41 600	38 800	masowo
Zarodniki					2 800	1 600		1 600
<b>Protozoa</b>								
Ciliata					3 600	800		400
Sarcodina					400	1 200		
Amoeba sp.			800					
Ciliata	ogólna ilość	14 000	7 600	6 400	13 600	18 000	6 800	5 800
	wolnopływające	2 800	4 800	5 600	13 600	17 600	6 800	5 200
	osiadłe	11 200				400		400
Litonotus sp.						400		1 200
Epistylis sp.		11 200	2 800					
Vorticella sp.				800		400		400
Statoria		400	800				2 800	



Tablica 6-9

Oznaczenia aktywności oddechowej /metodą testu TTC/  
osadu czynnego pobranego z modelowej chemiczno -  
biologicznej oczyszczalni ścieków w Ostrołęce

Nr badania	Data badania	Aktywność dehydrogenazowa $\mu$ mol TF/g s.m.		
		bez substratu	z glukozą	właściwa
1	9.X.1975	36,9	60,2	23,3
2	14.X. "	30,4	59,2	28,8
3	17.X. "	21,3	32,9	11,6
4	23.X. "	22,0	36,3	14,3
5	28.X. "	22,0	34,4	12,4
6	31.X. "	27,2	29,1	1,9
7	6.XI.1975	24,6	27,7	3,1

115

Wyniki badań właściwości osadów powstających w urządzeniach modelowej chemiczno - biologicznej stacji oczyszczania ścieków z OZCP. Filtracja próżniowa p = 0,6 at.

Tablica 6-10

Oznaczenia	Jednostki	Rodzaj		osadu		osad Ca/OH/2 + osad czynny /20:1/		osad czynny z korozy napowietrzania			
		osad wapienny Ca/OH/2	osad wapienny CaCO <sub>3</sub>	osad czynny recyrkulat	osad czynny	PT-16	BT-16	4.X.	28.X.	31.X.	6.X
Uwodnienie osadu surowego	%	93,59	89,8	98,66	94,54	99,52	99,24	99,04	99,65		
Sucha pozostałość osadu surowego	%	6,41	10,2	1,33	5,46	0,48	0,76	0,96	0,31		
Zawartość substancji mineralnych w osadzie surowym	%	86	97,5	71,6	85	27,4	73,5	76,5	75,1		
Zawartość substancji organicznych w osadzie surowym	%	14	2,5	28,4	15	62,6	26,5	23,5	26,9		
Zawartość Ca w stosunku do suchej pozostałości	%	39,2	39,6	-	38,7	-	24,5	27,1	23,4		
Uwodnienie osadu po filtracji	%	66,3	68,6	57,5	56,5	83,2	71	67,6	68,2		
Czas filtracji	min	5,5	5,5	0,7	0,7	10	10	5	4,5		
Prędkość filtracji	10 <sup>4</sup> m/kg	29	24	0,55	0,56	144	107	26,5	21,5		



Wyniki badań własności fizyko-chemicznych surowych ścieków celulozowych /po oczyszczeniu mechanicznym/ z CZCP . Z drugiej serii badań.

Data	Numer próby	pH	ChZT mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Utlenial- ność mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Barwa mgPt/dm <sup>3</sup>	BZT <sub>5</sub> mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Zawartość zw. ligni- now. mg/dm <sup>3</sup>	Twardość °N	Zasadowość mval/dm <sup>3</sup>	
									P	m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4.03.76	1	8,7	1040	390	900		65	7,8	1,0	7,0
	2	8,7	1010	400	900		65	5,6	1,0	7,0
5.03.76	3	8,5	800	350	800	310	46	3,6	1,1	6,5
	4	8,6	840	380	900	260	57	4,8	1,0	6,0
6.03.76	5	8,3	1440	360	800	250	82	5,6	0,7	6,5
	6	8,7	1300	360	750	215	80	5,0	0,8	6,1
7.03.76	7	8,6	1196	350	1000	265	84	6,2	0,7	7,0
	8	8,6	1170	380	750	245	86	5,6	0,8	6,8
8.03.76	9	8,7	1490	620	900	125	90	7,0	0,6	6,3
	10	8,7	1800	710	900	250	86	5,9	1,0	7,0
9.03.76	11	8,5	1860	790	1000	580	88	5,6	1,0	7,6
	12	8,8	2160	920	900	360	92	4,2	1,0	8,2
10.03.76	13	8,6	1920	770	1750	490	103	4,8	1,4	10,4
	14	8,6	2060	820	1750	520	110	4,5	0,8	9,1
11.03.76	15	8,7	2120	820	1800	240	112	3,9	1,0	10,5
	16	8,7	2120	760	1800	350	113	4,2	1,0	10,8
12.03.76	17	8,4	1740	940	1400	150	98	5,6	0,8	9,1
	18	8,0	1260	580	1220	190	90	5,0	0,7	8,0

M6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
13.03.76	19	8,4	1080	500	1200	175	85	7,0	0,5	7,0
	20	8,0	860	460	800	265	80	7,4	0,0	6,8
14.03.76	21	8,3	1040	470	1000	170	95	8,4	0,0	7,5
	22	8,5	1120	480	1160	185	90	7,3	0,0	7,4
15.03.76	23	8,4	840	460	1000	130	88	5,2	0,2	7,2
	24	8,4	800	400	1000	160	85	6,2	0,0	7,8
16.03.76	25	8,0	840	360	1000	-	90	7,4	0,0	8,0
	26	7,9	824	370	1000	-	86	8,1	0,0	8,1
17.03.76	27	7,7	816	360	1000	290	92	11,7	0,0	8,2
	28	7,5	1098	470	700	260	95	9,5	0,0	7,7
18.03.76	29	7,7	960	410	800	125	90	10,5	0,0	7,2
	30	7,6	930	410	800	-	80	11,4	0,0	8,4
19.03.76	31	7,6	999	530	800	215	86	12,3	0,0	8,0
	32	7,8	800	340	1200	225	75	12,0	0,0	6,5
20.03.76	33	7,8	980	360	1000	220	75	9,8	0,0	6,6
	34	7,8	760	370	750	240	80	11,2	0,0	6,7
21.03.76	35	8,0	880	310	600	125	85	9,8	0,0	7,6
	36	7,6	860	400	760	125	80	10,1	0,0	6,0
22.03.76	37	8,0	980	390	1000	190	75	8,7	0,0	7,0
	38	8,1	1230	500	900	250	80	9,5	0,0	7,7
23.03.76	39	7,7	800	400	800	160	80	8,7	0,0	7,3
	40	8,0	1060	480	900	280	82	9,0	0,0	10,0
24.03.76	41	7,8	950	400	1000	170	78	8,4	0,0	7,8
	42	9,3	870	355	1000	175	108	9,9	0,0	12,2
25.03.76	43	8,8	1400	510	1000	370	94	6,4	0,0	8,3
	44	8,8	1440	500	1000	330	95	6,4	0,0	7,8



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
26.03.76	45	8,5	1310	530	1000	440	90	6,4	0,4	8,0
	46	8,4	1320	560	1200	275	-	6,2	0,3	8,0
27.03.76	47	8,5	1300	480	1000	250	-	10,6	0,0	9,0
	48	7,6	1380	520	1000	165	-	7,8	0,0	8,7
28.03.76	49	8,1	1500	520	1000	215	-	9,0	0,0	9,0
	50	8,6	1460	620	1000	260	-	7,8	0,0	8,8
29.03.76	51	8,4	1420	520	900	300	-	7,6	0,0	8,5
	52	7,7	1230	530	1000	295	-	11,8	0,0	8,3
30.03.76	53	8,0	1180	420	1000	235	-	13,2	0,0	8,0
	54	7,5	1380	540	900	285	-	11,2	0,0	8,2
31.03.76	55	7,4	860	420	1200	315	-	13,0	0,0	8,0
	56	8,7	1080	520	800	-	-	13,1	0,0	7,3
1.04.76	57	8,4	1000	400	1000	205	110	12,0	0,0	8,0
	58	8,3	1110	380	1000	340	95	11,2	0,0	8,0
2.04.76	59	8,0	1210	430	900	210	80	16,5	0,0	8,3
	60	8,0	1210	500	1000	255	82	14,3	0,0	7,8
3.04.76	61	7,3	910	400	900	185	80	11,8	0,0	8,2
	62	8,1	890	530	900	360	82	14,6	0,0	7,5
4.04.76	63	7,6	950	400	900	235	84	13,8	0,0	7,8
	64	7,7	920	520	900	255	79	11,2	0,0	7,2
5.04.76	65	7,8	850	420	1000	290	84	10,5	0,0	7,2
	66	7,4	1100	560	1250	-	98	11,5	0,0	8,5
6.04.76	67	7,8	830	410	1000	210	86	9,0	0,0	8,0
	68	7,7	1010	450	1000	260	88	10,1	0,0	8,4
7.04.76	69	8,4	980	430	1000	240	78	9,2	0,0	7,2
	70	8,0	930	480	1250	265	84	13,2	0,2	8,5
8.04.76	71	8,0	960	420	1200	195	92	8,8	0,6	9,4
	72	8,9	800	420	1200	245	97	11,2	0,4	9,8
9.04.76	73	8,4	900	520	1200	245	97	7,8	0,8	10,2
	74	8,9	930	530	1200	280	100	7,8	0,8	10,0

Sredniodobowe wyniki badan własności fizyko-chemicznych surowych ścieków celulozowych z OZCF. Druga seria badań.

Data	pH	ChZT mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Utlenialność mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Barwa mgPt/dm <sup>3</sup>	BZT <sub>5</sub> mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Zawartość zw. lignin. mg/dm <sup>3</sup>	Twardość °N	Zasadowość mvel/dm <sup>3</sup>	
								p	m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.03.76	8,7	1025	395	900	-	65	6,7	1,0	7,0
5.03.	8,5	820	365	850	285	51	4,2	1,1	6,2
6.03.	8,5	1370	360	775	232,5	81	5,3	0,7	6,3
7.03.	8,6	1183	365	875	255	85	5,9	0,7	6,9
8.03.	8,7	1645	665	900	187,5	88	6,5	0,0	6,7
9.03.	8,7	2010	855	950	470	90	4,9	1,0	7,9
10.03.	8,6	1990	795	1750	505	106	4,6	1,1	9,7
11.03.	8,7	2120	790	1800	295	112	4,0	1,0	10,6
12.03.	8,2	1500	760	1310	170	94	5,3	0,8	8,5
13.03.	8,2	970	480	1000	220	82	7,2	0,2	6,9
14.03.	8,4	1080	475	1080	177,5	92	8,8	0,0	7,4
15.03.	8,4	820	430	1000	145	86	5,7	0,1	7,5
16.03.	8,0	832	365	1000	-	88	7,7	0,0	8,0
17.03.	7,6	957	415	850	275	93	10,6	0,0	8,0
18.03.	7,7	945	410	800	125	85	10,9	0,0	7,6
19.03.	7,7	900	430	1000	220	79	12,1	0,0	7,3

118



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20.03.76	7,8	870	370	875	230	77	10,2	0,0	6,6
21.03.	7,8	870	360	700	125	82	9,9	0,0	6,8
22.03.	8,0	1100	450	950	220	78	9,0	0,0	7,5
23.03.	7,8	930	440	850	220	81	8,8	0,0	8,4
24.03.	8,7	850	370	1000	172,5	93	6,7	0,0	10,0
25.03.	8,6	1420	505	1000	350	94	6,4	0,0	8,0
26.03.	8,5	1305	545	1100	357,7	90	6,3	0,3	8,9
27.03.	8,1	1340	500	1000	207,5	-	8,9	0,0	8,9
28.03.	8,4	1480	570	1000	237,5	-	7,5	0,0	8,9
29.03.	8,0	1330	515	950	297,5	-	9,7	0,0	8,4
30.03.	7,8	1280	480	950	255	-	12,2	0,0	8,1
31.03.	8,0	970	470	1000	315	-	13,0	0,0	7,7
1.04.76	8,4	1055	390	1000	272,5	103	11,6	0,0	8,0
2.04.	8,0	1210	465	950	232,5	81	15,4	0,0	8,1
3.04.	7,7	900	465	900	272,5	81	13,2	0,0	7,9
4.04	7,7	935	460	900	245	82	12,5	0,0	7,5
5.04.	7,6	975	490	1125	290	91	11,0	0,0	7,9
6.04.	7,7	920	430	1000	235	87	9,5	0,0	8,2
7.04.	8,2	955	455	1125	250	81	11,2	0,1	7,9
8.04.	8,4	880	420	1200	220	94	10,0	0,5	9,6
9.04.	8,7	915	930	1200	260	99	7,8	0,8	10,2

Wyniki badań własności fizyko-chemicznych ścieków celulozowych  
po procesie chemicznego oczyszczania za pomocą tlenku wapnia. Druga seria badań.

Data	Numer próby	pH	ChZT mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Utlenialność mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Barwa mgPt/dm <sup>3</sup>	Zawartość zw. lignin. mg/dm <sup>3</sup>	Twardość oN	BZT <sub>5</sub> mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Zasadowość mval/dm <sup>3</sup>	
									p	m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4.03.76	1	7,9	630	210	80	16	5,6	-	0,0	10,4
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.03.	3	7,9	500	145	120	32	4,8	128	0,2	5,5
	4	7,6	480	140	110	30	5,0	128	0,2	5,7
6.03.	5	7,9	320	155	120	34	4,6	104	0,6	5,2
	6	8,0	270	150	120	34	4,5	105,5	0,5	5,2
7.03.	7	7,8	440	245	200	38	3,4	82,0	0,3	5,4
	8	8,0	520	235	200	38	3,6	148,0	0,5	5,8
8.03.	9	8,0	470	300	250	32	5,1	-	0,2	5,8
	10	7,9	500	290	250	30	5,0	-	0,2	6,0
9.03.	11	8,4	930	300	300	58	3,9	251,0	0,4	8,8
	12	8,0	950	280	300	54	3,6	217,0	0,4	8,9
10.03.	13	8,0	920	330	450	60	3,9	192,0	0,4	8,6
	14	7,8	900	290	500	60	4,2	160,0	0,6	8,4
11.03.	15	8,5	600	290	350	56	3,6	124,0	0,5	7,0
	16	8,1	610	280	340	55	3,9	116,0	0,3	6,1
12.03.	17	7,8	400	210	170	30	5,6	93,0	0,2	6,5
	18	7,5	410	200	180	28	5,7	85,0	0,2	6,3
13.03.	19	7,9	440	150	250	36	9,0	95,0	0,0	8,0
	20	7,8	420	170	270	38	8,8	92,0	0,0	8,8



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
14.03.76	21 22	7,7 7,5	420 390	240 180	120 140	39 36	5,2 7,0	80,0 85,0	0,0 0,0	7,8 7,2
15.03.	23 24	7,5 7,5	280 270	155 160	150 150	32 32	7,0 6,9	- -	0,0 0,0	8,2 8,4
16.03.	25 26	7,5 7,7	312 308	150 140	300 300	39 37	12,3 14,0	- -	0,0 0,0	9,2 8,8
17.03.	27 28	7,6 7,6	485 475	125 180	100 100	29 29	11,7 3,6	- -	0,0 0,0	9,7 9,4
18.03.	29 30	7,4 7,6	435 465	145 195	120 100	33 33	8,9 8,9	- -	0,0 0,0	9,4 7,5
19.03.	31 32	7,8 7,8	310 320	160 160	80 100	34 32	8,4 9,2	176,0 176,0	0,0 0,0	6,7 7,0
20.03	33 34	7,7 8,0	330 300	135 150	60 80	57 44	6,2 6,4	126,0 122,0	0,0 0,0	5,4 5,2
21.03.	35 36	10,5 10,4	360 320	120 150	80 60	31 31	2,0 1,7	125,0 135,0	1,1 1,1	4,0 3,8
22.03.	37 38	7,6 7,4	380 360	185 180	100 100	38 37	11,2 11,2	70,0 85,0	0,0 0,0	9,0 11,4
23.03.	39 40	7,8 7,9	450 470	180 175	120 120	31 32	7,2 7,0	60,0 85,0	0,0 0,0	8,0 8,2
24.03.	41 42	8,0 7,9	540 650	220 250	150 150	38 40	7,6 7,3	200,0 225,0	0,0 0,0	7,0 7,2
25.03.	43 44	8,4 8,2	670 650	225 225	150 150	45 46	7,0 7,6	260,0 300,0	0,0 0,0	6,8 6,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
26.03.76	45	8,0	400	185	120	-	7,0	165,0	0,0	7,8
	46	8,4	360	110	140	-	6,4	155,0	0,0	7,7
27.03.	47	8,0	740	205	150	-	5,6	195,0	0,0	7,0
	48	7,8	730	200	150	-	6,4	210,0	0,0	8,2
28.03.	49	7,7	750	245	170	-	7,0	265,0	0,0	8,2
	50	7,9	690	215	160	-	6,8	275,0	0,0	8,0
29.03.	51	8,0	700	185	100	-	10,1	200,0	0,0	7,5
	52	8,2	770	180	100	-	9,8	215,0	0,0	7,0
30.03.	53	7,7	400	175	100	-	12,6	180,0	0,0	9,4
	54	7,7	380	175	140	-	14,3	165,0	0,0	9,0
31.03.	55	7,8	470	145	140	36	12,6	120,0	0,0	8,0
	56	7,9	540	145	140	37	9,8	105,0	0,0	7,0
1.04.76	57	7,7	570	155	120	38	16,5	205,0	0,0	11,3
	58									
2.04.	59	7,7	490	180	100	32	16,5	155	0,0	7,0
	60	8,3	500	170	100	36	18,0	165	0,0	8,0
3.04.	61	7,8	380	130	100	30	15,6	140	0,0	8,5
	62	7,0	350	145	100	30	16,2	115	0,0	8,0
4.04.	63	7,4	470	90	200	40	8,6	195	0,0	9,0
	64	7,5	430	100	180	40	8,9	160	0,0	8,8
5.04.	65	7,2	440	150	150	38	5,9	330	0,0	7,8
	66	7,6	460	170	150	37	6,4	190	0,0	8,0
6.04.	67	7,0	580	115	100	40	17,1	220	0,02	9,6
	68	7,2	520	75	100	40	18,2	235	0,0	10,2
7.04.	69	7,4	230	110	80	40	15,4	200	0,0	9,4
	70	7,5	260	110	80	37	11,2	170	0,0	9,2
8.04.	71	7,0	320	85	100	40	9,0	125	0,0	10,0
	72	7,0	340	85	120	37	8,7	160	0,0	10,2
9.04.	73	7,3	350	135	120	40	14,0	115	0,0	9,2
	74	7,5	300	135	120	39	14,5	100	0,0	9,0



Sredniodobowe wyniki badań własności fizyko-chemicznych ścieków celulozowych

po procesie chemicznego oczyszczania za pomocą tlenku wapnia. Druga seria badań.

Data	Numer próby	pH	ChZT mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Utlenialność mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Barwa mgPt/dm <sup>3</sup>	BZT <sub>5</sub> mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Zawartość zw. lignin. mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Twardość o <sub>Ca</sub>	Zasadowość	
									p	mval/dm <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4.03.76	1	7,9	630	210	80	-	16	5,6	0,0	10,4
5.03.76	2	7,8	490	142	115	128	31	4,9	0,2	5,6
6.03.	3	7,9	285	152	120	105	34	4,6	0,6	5,2
7.03.	4	7,9	480	240	200	115	38	3,5	0,4	5,6
8.03.	5	8,0	485	295	250	-	31	5,1	0,2	5,9
9.03.	6	8,2	940	290	300	234	56	3,8	0,4	8,8
10.03.	7	7,9	910	310	475	176	60	4,0	0,5	8,5
11.03.	8	8,3	605	285	345	120	55	3,8	0,4	6,5
12.03.	9	7,5	405	205	175	89	29	5,6	0,2	6,4
13.03.	10	7,9	430	160	260	93,5	37	8,9	0,0	8,4
14.03.	11	7,6	405	210	130	82,5	37	6,1	0,0	7,5
15.03.	12	7,5	280	157	150	-	32	7,0	0,0	8,3
16.03.	13	7,6	310	145	300	-	38	13,1	0,0	9,9
17.03.	14	7,6	480	152	100	-	29	7,6	0,0	9,5
18.03.	15	7,5	450	170	110	-	33	8,9	0,0	8,0
19.03.	16	7,8	310	160	90	176	33	8,8	0,0	6,9
20.03.	17	7,8	315	141	70	124	60	6,3	0,0	5,1

124

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
21.03.76	18	10,4	340	135	70	130	31	1,8	1,1	3,9
22.03.	19	7,5	370	183	100	77,5	37	11,2	0,0	10,1
23.03	20	7,8	460	178	120	72,5	31	7,1	0,0	8,1
24.03.	21	7,9	590	225	150	112,5	39	7,5	0,0	7,1
25.03.	22	8,3	660	225	150	280	46	7,3	0,0	6,7
26.03.	23	8,2	380	143	130	160	-	6,8	0,0	7,7
27.03.	24	7,9	735	202	150	202,5	-	6,0	0,0	7,6
28.03.	25	7,9	720	225	165	270	-	6,9	0,0	8,1
29.03.	26	8,1	735	182	100	207,5	-	9,9	0,0	7,2
30.03.	27	7,7	390	175	120	157,5	-	17,0	0,0	9,2
31.03.	28	7,8	505	145	140	112,5	36	11,2	0,0	7,5
1.04.76	29	7,7	570	155	120	205	38	16,5	0,0	11,3
2.04.	30	8,0	495	175	100	160	34	17,3	0,0	7,5
3.04.	31	7,4	365	138	100	127,5	30	15,9	0,0	8,3
4.04.	32	7,5	450	95	190	177,5	40	8,8	0,0	8,9
5.04.	33	7,4	450	160	150	260	38	6,2	0,0	7,9
6.04.	34	7,1	550	95	100	227,5	40	12,7	0,0	9,9
7.04.	35	7,4	245	110	80	185	38	13,3	0,0	9,3
8.04.	36	7,7	330	85	110	140	39	8,8	0,0	10,1
9.04.	37	7,4	315	135	120	107	39	14,3	0,0	9,1



Tablica 6-15

Wyniki badań własności fizyko-chemicznych ścieków celulozowych po procesie chemicznego oczyszczania za pomocą tlenku wapnia i biologicznego oczyszczania metodą osadu czynnego. Druga seria badań.

Data	Nr badania	pH	ChZT mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Utlenialność mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Barwa mgPt/dm <sup>3</sup>	BZT <sub>5</sub> mgC <sub>5</sub> /dm <sup>3</sup>	Zawart. związk. ling. mg/dm <sup>3</sup>	Twardość oN	Zasadowość aval/dm <sup>3</sup>		Zawartość pozostawek	
									P	M	P mg P/dm <sup>3</sup>	N mgN/dm <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4.03.1976	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.03.	1	7,3	100	95	110	22,5	18	5,0	0,0	5,2	0,08	-
	2	7,2	120	80	110	19,0	17	5,6	0,0	5,6	0,56	-
6.03.	3	7,2	150	80	100	18,0	20	4,8	0,0	4,5	0,06	-
	4	7,6	120	85	100	21,5	20	4,7	0,0	4,6	0,03	-
7.03.	5	7,7	170	100	150	11,0	25	3,8	0,0	5,0	0,06	-
	6	7,6	180	100	150	7,0	26	3,6	0,0	5,4	0,04	-
8.03.	7	7,8	200	150	150	34,0	25	3,6	0,0	5,4	0,02	-
	8	7,9	180	145	150	24,0	25	3,6	0,0	5,0	0,02	-
9.03.	9	7,7	350	170	150	56,0	29	3,4	0,0	8,2	0,64	-
	10	7,4	400	200	150	63,0	32	3,4	0,0	8,6	0,78	-
10.03.	11	7,8	440	140	180	43,0	42	4,5	0,0	8,7	0,48	-
	12	8,3	430	150	200	44,0	40	4,5	0,0	9,0	0,35	-
11.03.	13	7,5	300	140	160	49,0	26	3,1	0,0	6,8	-	-
	14	7,6	320	130	150	22,0	25	3,1	0,0	6,5	-	-
12.03.	15	7,0	180	110	100	19,0	20	5,0	0,0	5,6	0,16	9,2
	16	7,5	160	100	100	6,4	22	5,0	0,0	6,0	0,15	9,8
13.03.	17	8,1	150	80	95	23,3	25	5,6	0,0	7,2	0,08	1,2
	18	8,2	160	85	80	11,8	25	5,6	0,0	8,0	0,04	0,8
14.03.	19	7,9	140	603	83	8,0	21	4,8	0,0	8,5	0,04	0,06
	20	8,2	140	60	90	8,0	21	4,9	0,0	8,2	0,02	0,04
15.03.	21	8,0	150	65	100	-	20	6,0	0,0	8,3	śl.	1,00
	22	8,2	150	60	100	-	20	5,9	0,0	8,4	0,03	0,40
16.03.	23	8,0	184	95	100	-	28	12,6	0,0	10,0	0,03	0,8
	24	7,9	170	95	100	-	25	12,9	0,0	9,7	0,02	0,6
17.03.	25	7,6	128	75	100	-	20	25	11,5	0,0	8,0	1,3
	26	7,6	138	60	100	11,0	18	4,8	9,2	0,0	9,2	0,8
18.03.	27	7,7	139	55	100	9,0	24	7,3	0,0	7,3	0,03	1,0
	28	7,7	139	50	100	11,0	24	5,6	0,0	7,4	0,03	0,6
19.03.	29	7,8	120	70	80	7,3	21	10,9	0,0	7,2	0,01	0,36
	30	8,0	125	60	80	8,3	20	8,1	0,0	6,8	0,15	0,28
20.03.	31	7,9	150	80	80	-	29	6,4	0,0	5,3	śl.	0,4
	32	8,5	120	60	80	-	22	6,4	0,0	5,3	śl.	0,4
21.03.	33	7,8	100	80	40	3,5	16	3,4	0,0	3,3	0,8	0,46
	34	8,0	110	70	40	6,8	16	3,4	0,0	3,4	0,1	0,51

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
22.03. 1976	35	8,0	140	75	100	4,8	20	11,5	0,0	7,2	0,12	0,45
	36	7,9	130	65	140	4,8	21	11,8	0,0	10,2	0,16	0,38
23.03.	37	8,2	150	80	140	9,2	20	13,2	0,0	8,2	0,04	0,75
	38	8,3	150	75	140	3,5	20	12,90	0,0	8,4	0,8	5,1
24.03.	39	7,8	230	60	150	56,5	25	9,8	0,0	7,8	7,8	9,3
	40	8,2	190	70	150	24,5	27	9,2	0,0	7,7	0,2	6,8
25.03.	41	7,7	220	80	150	13,1	30	11,2	0,0	6,8	0,72	5,6
	42	7,8	170	85	150	10,2	32	12,4	0,0	6,6	0,48	6,9
26.03.	43	7,9	150	50	150	19,5	-	9,0	0,0	7,4	0,56	4,4
	44	7,5	160	45	150	9,5	-	8,1	0,0	7,7	0,18	2,6
27.03.	45	7,8	280	85	150	19,5	-	7,6	0,0	6,7	ś1.	5,2
	46	7,8	260	125	150	20,0	-	6,7	0,0	7,2	ś1.	6,7
28.03.	47	8,3	240	135	100	21,5	-	5,6	0,0	7,8	ś1.	5,0
	48	8,3	240	120	100	34,0	-	6,0	8,0	8,0	ś1.	4,6
29.03.	49	8,0	300	90	100	250	-	7,0	0,0	8,8	ś1.	6,9
	50	8,2	260	85	100	21,0	-	6,2	0,0	8,2	ś1.	7,5
30.03.	51	7,9	170	85	110	51,0	-	17,6	0,0	9,6	ś1.	9,4
	52	7,3	200	80	120	61,0	-	22,2	8,0	9,4	0,25	8,9
31.03.	53	7,4	320	70	140	72,0	20	15,4	0,0	7,4	0,11	4,4
	54	8,2	230	100	140	39,3	20	17,1	0,0	6,4	0,16	3,0
1.04. 1976	55	7,9	340	115	150	64,0	30	14,8	0,0	9,0	0,7	0,8
	56	7,9	340	85	150	67,0	30	18,7	0,0	10,1	0,6	4,8
2.04.	57	7,9	230	110	100	48,0	23	19,0	0,0	7,6	0,25	3,5
	58	7,8	250	100	100	59,0	22	11,8	0,0	7,2	8,20	1,4
3.04.	59	7,2	170	65	100	17,0	20	12,6	0,0	8,8	0,15	2,0
	60	7,4	170	80	100	12,0	20	15,2	0,0	7,8	0,10	2,7
4.04.	61	7,6	150	70	150	25,0	24	14,0	0,0	9,0	ś1.	4,5
	62	8,0	160	65	150	15,0	24	11,2	0,0	8,7	ś1.	4,1
5.04.	63	7,4	200	60	100	13,0	22	14,6	0,0	8,4	0,12	7,0
	64	7,7	230	50	100	13,0	22	12,3	0,0	8,5	0,10	5,0
6.04.	65	7,5	180	35	100	17,0	22	11,8	0,0	8,2	ś1.	5,5
	66	7,5	180	50	100	15,0	24	15,1	0,0	8,5	0,3	5,5
7.04.	67	7,6	200	80	100	10,0	19	14,0	0,0	8,8	0,5	2,6
	68	7,7	180	70	100	10,0	19	14,3	0,0	8,7	0,72	1,1
8.04.	69	7,0	130	70	140	31,0	24	8,4	0,0	10,0	ś1.	5,2
	70	7,0	170	75	140	35,0	24	7,6	0,0	10,2	ś1.	6,5
9.04.	71	7,4	150	85	140	28	28	6,2	0,0	8,8	0,48	3,2
	72	7,7	170	75	140	32	27	7,0	0,0	8,5	0,58	2,3



Tablica 6-16

Sredniodobowe wyniki badan wlasnosci fizyko-chemicznych sciokow celulozowych po procesie chemicznego oczyszczania za pomoca tlenu wapnia i biologicznego oczyszczania metoda osadu czynnego. Druga seria badan.

Nr	pH	ChZT mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Utlenialnosc mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Barwa mgPt/dm <sup>3</sup>	BET <sub>5</sub> mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Zawartosc zwiqzk. ligninow. mg/dm <sup>3</sup>	Twardosc °N	Zasadowosc m	Zawartosc powytek		Dbc.os. la/d.sa- niczysz- czon g.BET <sub>5</sub> /dm <sup>3</sup>
									P mg/dm <sup>3</sup>	N mg/dm <sup>3</sup>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	7,3	110	90	110	20,8	18	5,3	5,4	0,32	-	0,2
3	7,4	135	82	100	19,8	20	4,8	4,5	0,07	-	0,24
4	7,7	175	100	150	9,0	25	3,7	5,2	0,05	-	0,20
5	7,8	190	147	150	29,0	25	3,6	5,2	0,02	-	-
6	7,6	375	185	150	59,5	31	3,4	8,4	0,71	-	0,31
7	8,0	435	145	190	43,5	41	4,5	8,8	0,41	-	0,21
8	7,5	310	135	155	25,5	25	3,1	6,6	-	-	0,12
9	7,2	170	105	100	12,7	21	5,0	5,8	0,16	9,5	0,13
10	8,1	155	82	87	17,6	25	5,6	7,6	0,06	1,0	0,098
11	8,0	140	50	86	8,0	21	4,8	8,3	0,03	0,05	0,12
12	8,1	150	52	100	-	20	6,0	8,3	0,01	0,7	-
13	8,0	177	95	100	-	26	12,7	9,9	0,03	0,7	-
14	7,6	132	70	100	15,5	21	8,1	8,6	0,08	1,0	-
15	7,7	139	52	100	10,0	24	6,4	7,4	0,05	0,8	-
16	7,9	123	65	80	7,8	20	9,5	7,0	0,08	0,3	0,17
17	8,2	132	70	80	-	25	6,4	5,3	1.	0,4	0,12
18	7,9	105	75	40	5,2	16	3,4	3,4	0,4	0,48	0,15
19	7,9	135	70	120	4,8	21	11,7	8,5	0,14	0,41	0,082
20	8,3	150	77	140	6,4	20	13,1	8,3	0,04	2,4	0,09
21	7,9	210	65	150	40,5	26	9,5	7,6	0,6	8,2	0,12
22	7,8	195	83	150	11,7	31	11,8	6,7	0,65	6,0	0,31
23	7,7	155	47	150	14,5	-	8,7	7,5	0,38	3,5	0,16
24	7,8	270	105	150	19,8	-	7,2	7,0	1.	6,1	0,31
25	8,3	240	127	100	37,8	-	5,8	7,9	1.	4,8	0,54
26	8,1	280	87	100	23,0	-	6,7	8,2	1.	7,2	0,30
27	7,6	185	83	120	55,0	-	19,9	9,5	0,12	9,1	0,24
28	7,8	275	85	140	55,7	20	16,3	6,9	0,13	3,7	0,19
29	7,9	340	100	150	65,5	30	15,8	9,6	0,65	5,3	0,31
30	7,9	240	105	100	53,5	22	18,9	7,4	0,23	2,8	0,31
31	7,3	170	68	100	14,5	20	17,4	8,3	0,12	2,3	0,20
32	7,8	155	68	150	20,0	24	12,6	8,9	1.	4,3	0,30
33	7,5	115	55	100	13,0	22	13,5	8,5	0,11	6,0	0,48
34	7,6	180	43	100	16,0	23	13,5	8,4	1.	5,5	0,42
35	7,6	190	75	100	10,0	19	14,1	8,7	0,61	1,9	0,26
36	7,2	150	73	140	33	24	8,0	10,1	1.	5,9	0,24
37	7,6	160	80	140	30	27	6,6	8,6	0,53	2,8	0,185

Stopnie redukcji /% dla ścieków po chemizacji oczyszczalni ścieków celulozowych uzyskiwane w wyniku chemicznego oczyszczenia za pomocą tlenku węgla. Druga seria badań.

Tablica 6-17

Data	Stopnie redukcji /% dla ścieków po chemizacji oczyszczalni ścieków celulozowych							Stopnie redukcji /% dla ścieków po chemizacji i biologicznym oczyszczeniu						
	CHZT	Utlenialność	Barwy	BZT <sub>5</sub>	Związków liganowych	Wzrost twardości w mg/l	Wzrost zawiesiny w mg/l	CHZT	Utlenialność	Barwy	BZT <sub>5</sub>	Związków liganowych	Wzrost twardości w mg/l	Wzrost zawiesiny w mg/l
4.03.1976	30,8	47	90	-	75	-1,1	+3,4	-	-	-	-	-	-	-
5.03.	40	61	90	55,1	40	+0,7	-0,6	86	75	97	92,7	65	+1,1	-0,8
6.03.	80	58	84	54,3	58	-0,7	-1,1	80	77	87	91,5	75	-0,5	-1,9
7.03.	60	34	77	54,9	55	-2,4	-1,3	90	73	82	96,5	71	-2,2	-1,7
8.03.	70	56	72	-	65	-1,4	-0,8	89	78	83	84,5	72	-2,9	-1,5
9.03.	53	66	68	50,2	38	-1,1	+0,9	81	78	84	87,3	66	-1,5	+0,5
10.03.	54	61	70	65,1	43	-0,6	-1,2	78	83	89	91,4	62	-0,1	-0,9
11.03.	71	64	81	59,3	51	-0,2	-4,1	85	83	91	91,4	78	-0,9	-4,0
12.03.	73	60	87	47,6	70	+0,3	-2,1	90	88	92	92,5	78	-0,3	-2,7
13.03.	56	67	74	57,6	55	+1,7	+1,5	84	83	91	92,0	70	-1,6	+0,7
14.03.	62	73	90	53,5	60	-2,7	+0,1	87	87	92	95,5	77	-4,0	+0,9
15.03.	66	63	85	-	63	+1,3	+0,8	82	85	90	-	77	+0,3	+0,8
16.03.	63	60	70	-	57	+5,4	+1,0	79	74	90	-	70	+5,0	+1,9
17.03.	50	63	88	-	69	-2,0	+0,4	86	85	88	94,4	71	-2,5	+0,6
18.03.	52	59	86	-	61	+3,0	+1,5	85	87	86	92,0	77	+4,5	-0,2
19.03.	65	62	91	20,0	58	-3,3	-0,4	86	85	92	96,5	75	-2,6	-0,3
20.03.	64	62	90	46,1	35	-3,9	-1,5	85	81	91	-	68	-3,8	-1,3
21.03.	61	62	90	0	62	-8,1	-2,9	88	80	94	95,8	80	-6,5	-3,4
22.03.	67	59	90	64,8	52	+2,2	+2,6	88	84	87	97,8	73	+2,7	+1,6
23.03.	50	59	88	57,0	62	-1,7	-0,3	84	83	84	97,1	75	+3,3	-0,1
24.03.	30	40	85	34,8	59	+0,8	-2,9	75	82	85	76,5	72	+1,8	-2,4
25.03.	53	75	85	20,0	51	+0,9	-1,3	86	83	85	96,7	67	+5,4	-1,3
26.03.	71	73	90	55,2	-	+0,5	-0,3	88	91	86	95,9	-	+2,4	-0,5
27.03.	45	60	85	2,4	-	-2,5	+1,3	80	80	85	90,5	-	-1,7	-1,9
28.03.	51	60	85	0	-	-0,6	-0,8	84	78	90	84,1	-	-0,8	-1,0
29.03.	45	65	85	30,3	-	+0,2	-1,2	80	85	89	92,0	-	-3,0	-0,2
30.03.	70	64	87	38,2	-	+0,8	+1,1	86	83	87	92,7	-	-2,7	+1,4
31.03.	40	69	86	64,3	-	-1,8	-0,3	82	82	88	82,8	-	-3,3	-0,8



old tabley 6-17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1.04.1976	46	60	88	24,8	63	+4,9	+3,3	68	74	85	76,0	71	+5,2	+1,6
2.04.	59	62	89	31,2	58	+1,9	-0,6	80	77	89	77,0	73	+3,5	-0,7
3.04.	59	70	89	52,2	63	+2,7	+0,4	81	85	89	94,7	75	+4,2	+0,4
4.04.	52	79	79	27,6	51	-3,7	+1,4	83	85	83	91,8	71	+0,1	+1,4
5.04.	54	67	87	10,3	58	-4,8	0	78	89	91	95,5	76	+2,5	+0,6
6.04.	40	78	90	3,2	54	+3,2	+1,7	80	90	90	93,2	74	+4,0	+0,2
7.04.	74	76	93	26,7	53	+2,1	+1,4	80	84	91	96,0	77	+2,9	+0,8
8.04.	62	80	91		59	-1,2	+0,5	83	83	88		75	-2,0	+0,5
9.04.	66	75	90		61	+6,5	-1,1	83	85	89		73	-1,2	-1,6

Tablica 6-18

Stężenia osadu czynnego w modelowej komorze napowietrzania stężenia recyrkulatu, oraz własności ścieków po komorze mieszalnej z Ca(OH)<sub>2</sub>. Druga seria badań.

Nr próby	Własności osadu czynnego w komorze napowietrzania			r e c y r k u l a t			Ścieki po komorze mieszalnej z Ca(OH) <sub>2</sub>	
	Opadalność osadu po 0,5 h cm <sup>3</sup> /100dm <sup>3</sup>	Stężenie osadu mg/dm <sup>3</sup>	Indeks osadu cm <sup>3</sup> /g	Opadalność osadu po 0,5 h cm <sup>3</sup> /100 cm <sup>2</sup>	Stężenie osadu mg/dm <sup>3</sup>	Indeks osadu cm <sup>3</sup> /g	Opadalność osadu po 0,5 h cm <sup>3</sup> /100 cm <sup>3</sup>	Zawartość zawiesiny mg/dm <sup>3</sup>
2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	92	3960	232	96	9110	105	4,5	2236
2	90	3710	242	88	10950	98	6,0	2758
3	98	3210	305	98	10630	92	6,0	2068
4	94	3560	264	96	9820	97	4,4	2210
5	82	2656	305	90	8206	108	4,5	2040
6	76	1800	455	98	12258	80	4,0	1568
7	82	2620	336	96	9972	96	4,7	2500
8	82	3370	243	99	10624	92	5,0	2496
9	80	2880	277	96	7504	127	5,5	1980
10	80	3412	235	98	12246	81	6,0	1410
11	82	4078	201	96	14476	66	5,5	1640
12	84	3860	217	96	14248	67	9,0	2758
13	88	5220	168	94	7600	123	8,5	3096
14	88	3588	245	96	13986	68	8,0	2860
15	82	5840	140	98	15874	62	17,0	15600
16	84	4832	172	98	16514	60	8,0	3042
17	80	3600	222	96	16740	57	8,5	2962
18	80	3596	222	96	14884	64	9,0	2784
19	88	5080	173	94	7960	118	30,0	5620
20	90	4890	184	96	8820	108	10,0	4124
21	86	4535	189	96	23038	42	6,0	3576
22	60	2752	280	96	17634	54	6,5	2938
23	80	5156	155	96	11724	81	8,0	2608
24	76	3604	211	96	7866	122	7,0	2608
25	86	4320	200	98	16470	59	37,0	2810
26	78	5228	149	90	7996	112	7,0	2548
27	60	4068	147	84	7524	111	5,0	1386
28	50	3360	148	100	20132	48	8,5	4532
29	74	5350	138	92	11996	76	6,5	3204
30	66	5526	119	84	9460	88	6,2	2352
31	84	5640	150	80	7648	105	7,0	4820
32	76	4704	162	92	10276	87	8,0	2992
33	74	4680	158	96	11100	86	7,0	2484
34	76	4072	185	90	13476	67	6,0	2148
35	82	5740	143	86	6525	132	7,5	2720
36	72	4086	178	98	11074	88	10,0	3182



c.d. tablicy 6-18

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
23.03.	37	66	4252	151	84	7668	108	6,0	1766
1976	38	72	4050	173	96	20554	46	6,0	2404
24.03.	39	76	6044	125	84	8046	104	6,0	1808
	40	68	4862	139	96	11760	81	9,0	3660
25.03.	41	72	4950	145	82	7520	109	8,0	3064
	42	70	4528	254	94	11440	82	7,0	3744
26.03.	43	82	5934	138	90	9634	93	7,5	1660
	44	76	4566	166	84	9352	92	5,0	5056
27.03.	45	62	4100	150	88	7544	110	6,5	3834
	46	50	2440	205	80	4964	161	7,0	4000
28.03.	47	30	2088	142	100	20676	48	6,0	2648
	48	60	3186	189	84	5586	150	6,0	2722
29.03.	49	80	3610	221	38	5706	154	7,0	2186
	50	80	3540	226	96	7144	134	8,0	2322
30.03.	51	80	3656	221	90	6988	126	7,0	2688
	52	80	3250	246	92	6298	146	6,5	3802
31.03.	53	74	2910	254	84	5568	150	6,0	1316
	54	80	3090	258	90	7050	127	6,5	2572
1.04.	55	84	3696	229	94	5880	149	6,0	2682
	56	80	3146	254	98	7296	134	6,0	2508
2.04.	57	62	2124	292	96	10144	94	1,5	348
	58	76	3280	231	96	8750	109	9,0	3576
3.04.	59	84	3844	218	92	5260	174	7,0	2500
	60	80	2936	272	98	8292	106	8,0	2402
4.04.	61	76	3172	240	98	14324	68	8,0	2372
	62	68	2812	241	98	10008	97	5,5	1564
5.04.	63	80	2950	275	98	11274	87	7,0	3298
	64	74	2600	284	98	14776	61	7,0	2346
6.04.	65	80	3228	247	98	9610	102	6,5	2116
	66	78	3076	253	98	9226	106	7,0	2380
7.04.	67	86	4110	209	88	7520	110	6,0	1962
	68	84	3322	252	96	7768	125	6,0	2230
8.04.	69	88	2992	298	100	9856	101	6,0	3956
	70	80	3082	259	98	7516	130	6,5	3428
9.04.	71	84	3810	220	100	14442	70	7,0	3654
	72	72	2094	343	100	8860	113	6,0	4304

Tablica 6-19

Wartości średnie dobowe parametrów przedstawionych  
w tabelicy 6-18. Druga seria badań.

Data	Właściwości osadu czynnego napowietrzania			Recykulat			Ścieki po komorze mieszalnej z Ca(OH) <sub>2</sub>	
	Opadalność osadu po 0,5 h w cm <sup>3</sup> /100cm <sup>3</sup> ściek	Stężenie osadu w mg/dm <sup>3</sup>	Indeks osadu cm <sup>3</sup> /g	Opadalność osadu po 0,5 h w cm <sup>3</sup> /100cm <sup>3</sup> ściek.	Stężenie osadu w mg/dm <sup>3</sup>	Indeks osadu cm <sup>3</sup> /g	Opadalność osadu po 0,5 h w cm <sup>3</sup> /100cm <sup>3</sup> ściek.	Zawartość zawiesiny w mg/dm <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
4.03.1976	91	3835	237	97	10 030	102	5,3	2497
5.03.	96	3385	285	97	10 225	95	5,7	2139
6.03.	79	2228	380	94	10 231	94	4,3	1804
7.03.	82	2995	291	98	10 298	94	4,9	2498
8.03.	80	3146	256	97	9 875	104	5,8	1695
9.03.	83	3969	969	96	14 362	67	7,3	2199
10.03.	83	3969	207	95	10 793	96	8,3	2978
11.03.	83	5336	156	98	16 194	61	12,5	9321
12.03.	80	3598	222	96	15 812	61	8,8	2873
13.03.	89	4985	179	95	8 390	113	20,0	4872
14.03.	83	3644	235	96	20 336	48	6,3	3257
15.03.	78	4380	183	96	9 795	102	7,0	2641
16.03.	86	4220	200	98	16 470	59	37,0	2810
17.03.	78	5228	149	90	7 996	112	7,0	2548
18.03.	55	3714	148	92	13 828	80	6,8	2959
19.03.	70	5438	129	88	10 728	82	6,4	2778
20.03.	80	5122	156	86	6962	96	7,5	3906
21.03.	75	4376	172	93	12 288	77	6,5	2316
22.03.	77	4913	161	92	5 800	110	8,8	2951
23.03.	69	4201	162	90	14 111	77	6,0	2085
24.03.	72	5453	132	90	9 903	93	7,5	2734
25.03.	71	4734	200	88	9 480	96	7,5	3404
26.03.	79	5 250	152	87	9 493	93	6,3	3368
27.03.	56	3270	178	84	6 454	86	6,8	3917
28.03.	45	2637	166	92	12 831	99	6,0	2685
29.03.	80	3575	224	92	6 425	144	7,5	2254
30.03.	80	3453	234	91	6 643	137	6,8	3245
31.03.	77	3000	256	87	6 309	139	6,3	1944
1.04.	82	3421	242	96	6 588	142	6,0	2595
2.04.	69	2702	262	96	9 447	102	5,3	1962
3.04.	82	3390	245	95	6 776	140	7,5	2451
4.04.	72	2992	240	98	12 166	83	6,8	1968
5.04.	77	2775	280	98	13 025	74	7,0	2822
6.04.	79	3152	250	98	9 413	104	6,8	2248
7.04.	85	3716	230	92	7 614	119	6,0	2096
8.04.	84	3037	279	99	8 686	116	6,3	3692
9.04.	78	2952	282	100	11 651	92	6,5	3979



Tablica 6-20

Ilości i stężenia osadów nadmiernych usuwanych z poszczególnych stopni chemiczno - biologicznego oczyszczania ścieków celulozowych. Druga seria badań.

Data	Osad z pierwszego osadnika w chemicznej oczyszczalni			Osad z osadnika po saturacji ścieków			Osad z osadnika wtórnego		
	Stężenie	Objętość osadu	Ilość osadu	Stężenie	Objętość osadu	Ilość osadu	Stężenie	Objętość osadu	Ilość osadu
	g/dm <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup> /24h	g/24h	g/dm <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup> /24h	g/24h	g/dm <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup> /24h	g/24h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.03.1976	-	-	-	-	-	-	-	15,0	137
5.03.	38,138	21,0	804	-	-	-	14,554	6,5	95
6.03.	54,310	19,5	1059	-	-	-	13,343	20,5	274
7.03.	43,393	35,0	1519	-	-	-	18,063	7,5	135
8.03.	36,538	39,0	1425	-	-	-	-	-	-
9.03.	20,605	50,0	1030	-	-	-	-	-	-
10.03.	38,430	52,0	1998	319,04	20	6381	-	-	-
11.03.	40,892	50,0	2045	-	-	-	13,160	6,0	79
12.03.	43,800	39,0	1708	-	-	-	14,921	8,0	119
13.03.	40,202	36,0	1447	-	-	-	10,532	2,0	21
14.03.	32,877	56,0	1841	-	-	-	13,642	15,0	205
15.03.	20,857	45,0	939	-	-	-	13,293	6,0	80
16.03.	30,927	54,0	1670	-	-	-	11,918	9,0	107
17.03.	27,345	30,0	820	432,982	10	4329,8	15,780	8,0	126
18.03.	24,043	40,0	1202	-	-	-	30,818	5,0	154
19.03.	33,391	58,0	1937	-	-	-	16,496	4,0	66
20.03.	25,129	72,0	1809	-	-	-	9,522	2,0	19
21.03.	33,115	76,0	2517	-	-	-	8,696	2,0	17
22.03.	23,376	74,0	1730	143,634	20	2873	11,080	2,0	22
23.03.	16,419	75,0	1231	-	-	-	22,09	2,0	44
24.03.	14,795	92,0	1361	-	-	-	26,326	2,0	53
25.03.	17,986	98,0	1763	90,082	30	2702	12,804	2,5	32
26.03.	38,451	74,0	2845	-	-	-	11,562	2,0	23
27.03.	36,385	48,0	1746	-	-	-	18,875	18,0	34
28.03.	50,049	48,0	2352	237,612	30	7128	22,254	4,5	100
29.03.	35,601	40,0	1424	-	-	-	5,480	2,0	11
30.03.	48,604	43,0	1604	117,388	15	1761	10,976	2,0	22
1.04.	41,325	38,0	1570	-	-	-	13,210	2,5	33
2.04.	33,218	37,0	1229	116,556	20	2331	8,144	2,0	16
3.04.	55,113	36,0	1984	-	-	-	13,586	3,0	41
4.04.	26,588	64,0	1700	140,816	20	2816	9,166	3,0	27
5.04.	26,867	58,0	1558	-	-	-	12,580	2,0	25
6.04.	65,330	27,0	1764	-	-	-	12,722	2,0	25
7.04.	75,958	25,0	1899	-	-	-	8,972	2,0	18
8.04.	70,706	21,0	1485	67,456	15	1012	7,418	3,0	22
9.04.	24,258	31,0	752	-	-	-	7,238	2,0	15
	40,521	50,0	2026	-	-	-	10,040	2,0	20





Tablica 6-22

Oznaczenie aktywności oddechowej  
/metodą testu TTC/ próbek osadu  
czynnego pobranego z komory napowietrzania  
modelowego chemiczno-biologicznego układu  
oczyszczania ścieków celulozowych

Nr badania	Data badania	Aktywność dehydrogenazowa $\mu\text{mol TF/g s.m.}$		
		bez substratu	z glukozą	właściwa
1	4.III.76	149,9	138,5	—
2	11.III.76	89,0	97,2	8,2
3	18.III.76	98,6	100,0	1,4
4	25.III.76	39,0	22,5	—
5	31.III.76	103,8	83,6	—
6	7.IV.76	43,8	58,8	15,0

Wyniki badania własności i odwadnialności osadów z modelowej chemiczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych

w Ostrołęce. Druga seria badań.

Oznaczenie	Jednostki	Osad czynny z 4.03.76.		Osad czynny z 11.03.76.		Osad z kotłory osadki czynnego
		Filtracja próżn.	Wirowanie	Filtracja próżn.	Wirowanie	
		PT-16	BT-16	PT-16	BT-45	
		2000 obr/min	2000 obr/min	2000 obr/min	2000 obr/min	3500 obr/min
						tw=15 min
Uwodnienie osadu surowego	%	98,94	-	-	98,92	99,34
Sucha pozostałość osadu surowego	%	1,06	-	-	1,08	0,66
Stężenie osadu surowego	g / dm <sup>3</sup>	10,4	3,03	3,03	10,5	6
Zawartość części min. osadu surowego	%	20,5	-	-	26	32
Zawartość Ca w stosunku do s.m.	%	-	5	5	-	7
Uwodnienie osadu po filtracji lub wirówe	%	95	96,3	89,6	93,7	91,4
Sucha pozostałość osadu po filtrowaniu	%	5	3,7	10,4	6,3	8,6
Zawartość substancji min. osadu po filtr.	%	13,3	12,8	22	24	23,8
Opór filtracji	10 <sup>4</sup> ml/g s	840	1070	170	115	-
CSK	s	-	-	-	12	6



Wyniki badań własności i odprowadzalności osadów z modelowej chemiczno - biologicznej oczyszczalni ścieków w Ostrołęce . Druga seria badań.

Tablica 6-24

O z n a c z e n i e	Osad czynny z 18.03.1976		Osad wapienny	
	Jednostka	Filtracja próż. d = 0,6 at. Odwirowanie tw=15 min	Filtracja próż. d = 0,6 at	Odwirowanie tw = 15 min
Uwodnienie osadu sur.	%	BT-16   ET-45   2000 obr/min   3500 obr/min	BT-16   ET-45	2000 obr/min   3500 obr/min
Sucha pozostałość os. sur.	%	97,66	99,58	95,4
Stężenie osadu czynnego	g/dm <sup>3</sup>	2,34	0,42	4,6
Zawartość części mineralnych	%	29	28,5	46
Zawartość Ca w stosunku do s.m.o.	%	-	10	90,5
Uwodnienie osadu po filtracji lub wirowaniu	%	90,8	89,6	79,6
Sucha pozostałość osadu po filtracji i wirowaniu	%	9,2	10,4	20,4
Zawartość substancji i min. osadu po filtracji	%	31,6	27,2	27,2
Opór po filtracji	10 <sup>4</sup> kg/s	179	135	11,5
C S K	s	10	10	10

Wyniki badań własności i odwadnialności osadów z modelowej chemiczno - biologicznej oczyszczalni ścieków w Ostrołęce. Druga seria badań.

Tablica 6-25

Oznaczenie	Jednostki				Osad z ko-mory	Osad wapienny po saturacji				Osad czynny recyrk. z technicznej oczyszcz. ścieków
	Osad czynny z 25.03.76	Filtracja próżniowa	Odwilżanie	stki		Filtracja próżniowa	Odwilżanie	stki	stki	
Uwodnienie osadu sur.	BT-16	BT-45	2000 obr/min	3500 obr/min	BT-16	BT-45	2000 obr/min	3500 obr/min	98,65	
Sucha pozostałość os. sur.	%	97,6			99,45	65,2			1,35	
Stężenie osadu surowego	%	24			5,5	34,8			13,5	
Zawartość części miner.	%	25,8			50	43,2			20,6	
Zawartość Ca w stosunku do s.m.o.	%	-			9	39,1			1,5	
Uwodnienie osadu po filtracji lub wirowanlu	%	81,9	90	85,5	80	58,5	62	62,2	61,1	
	%	18,1	10	14,5	20	44,8	38	37,8	38,9	
Sucha pozostałość osadu po filtracji lub wirowanlu	%	65,5	27,6	17,5	12,3	99,9	99,9	99,9	99,9	
	10 <sup>11</sup> w/kg	305	250			0,35	0,28			
Zawartość substancji mineralnych	%									
Opór filtracji	s		11				22		33	



Wyniki badań własności i odwadniałości osadów z modelowej chemiczno - biologicznej oczyszczalni ścieków w Ostrołęce. Druga seria badań.

Oznaczenia	Jednostki	Osad czynny z 7.IV.76		Osad z ko- mory	Osad czynny z osadem wapna		Osad czynny z 31.03. 1975 r.
		Filtracja próż- niowa p=0,6 at	Odwirowa- nie tw=15 min		Filtracja próż- niowa p=0,6 at	Odwirowa- nie tw=15 min	
		BT-16	BT-45	BT-16	BT-45	BT-16	BT-45
Uwodnienie osadu surowego	%	92,9	88,9	99,55	96,4	70	99,59
Sucha pozostałość osadu surowego	%	7,1	11,1	0,45	5,4	30	0,41
Stężenie osadu surowego	g/dm <sup>3</sup>	26,4	14,1	4	55,6	87,5	4,1
Zawartość części mineralnych	%	650	490	43,5	94	31	33
Zawartość Ca w stosunku do s.m.o.	%	95,3	94,8	3	-	77,4	3
Uwodnienie	%	92,9	88,9	99,55	96,4	70	99,59
Sucha pozostałość osadu po filtracji lub wirowaniu	%	7,1	11,1	0,45	5,4	30	0,41
Zawartość substancji mineralnych	%	26,4	14,1	4	55,6	87,5	4,1
Opór filtracji	10 <sup>4</sup> m/kg	650	490	43,5	94	31	33

140

Tablica 7-1

Własności fizyko-chemiczne surowych ścieków celulozowych po mechanicznym oczyszczaniu z poszczególnych dni prowadzenia badań oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego z zastosowaniem powietrza i z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza.

Data badania	ChZT mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Utlenial- ność mgO <sub>2</sub> / dm <sup>3</sup>	Odczyn pH	NH <sub>4</sub> mg/dm <sup>3</sup>	Barwa mgPt/ /dm <sup>3</sup>	Zawiesina mg/dm <sup>3</sup>	BZT <sub>5</sub> mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Związki lignin. mg/dm <sup>3</sup>	NO <sub>3</sub> mg/dm <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> mg/dm <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3.01.76	1010	380	7,4	6,9	800	16,4	145	90	-	-
4.01.	1040	380	7,4	6,9	800	16,4	145	-	-	-
5.01.	1020	385	7,4	6,8	900	16,2	150	-	-	-
6.01.	1168	460	8,0	11,6	1250	12,6	225	-	-	-
7.01.	1180	465	8,0	11,4	1250	12,4	230	87	-	-
9.01.	1170	460	8,0	11,6	1250	12,6	230	90	-	-
10.01.	1170	450	7,8	11,4	1200	25,6	160	90	-	-
11.01.	1180	455	7,9	11,5	1200	25,00	165	90	-	-
12.01.	1175	460	7,8	11,6	1250	25,0	170	85	-	-
13.01.	1180	455	7,9	11,5	1200	25,4	165	90	-	-
14.01.	1175	456	7,8	11,4	1256	25,5	170	91	-	-
15.01.	1177	454	7,6	11,5	1200	25,0	165	90	-	-
16.01.	1178	455	7,8	11,5	1200	25,5	165	90	-	-
17.01.	1594	620	8,2	6,6	1500	56,8	370	126	-	-
18.01.	1590	620	8,2	6,7	1550	56,0	365	125	-	-
19.01.	1595	620	8,2	6,6	1500	56,4	370	127	-	-
20.01.	1182	480	7,5	10,8	1600	8,8	185	139	-	-
21.01.	1180	480	7,5	10,6	1550	8,8	190	140	-	-
22.01.	1185	485	7,5	10,8	1600	8,7	190	140	-	-
23.01.	1183	480	7,5	10,4	1600	8,8	195	145	-	-
24.01.	1398	500	7,8	8,4	1600	76,0	205	170	-	-
25.01.	1390	500	7,8	8,3	1600	76,5	210	175	-	-
26.01.	1395	520	7,8	8,4	1650	76,0	205	170	-	-
27.01.	1269	400	7,8	9,0	1600	33,2	165	165	-	-
28.01.	1288	485	7,8	9,0	1600	33,0	170	165	-	-
29.01.	1290	480	7,8	9,0	1600	33,2	165	165	-	-
30.01.	1092	470	7,7	6,9	1500	26,0	285	75	-	-
31.01.	1090	470	7,7	6,8	1500	25,0	285	75	-	-
1.02.	1151	490	7,6	7,2	1500	65,2	420	80	25	-
2.02.	1150	490	7,6	7,0	1500	65,0	415	80	35	-
3.02.	1574	390	7,8	9,5	1600	32,0	200	-	-	-
4.02.	1570	395	7,8	9,5	1600	33,0	205	-	-	-
5.02.	1575	395	7,8	9,2	1600	32,0	205	-	-	-
6.02.	1570	390	7,8	9,3	1650	33,0	200	-	-	-
7.02.	1572	392	7,8	9,4	1600	31,0	200	-	-	-
8.02.	1575	393	7,8	9,3	1600	32,0	205	-	-	-
9.02.	1570	395	7,9	9,2	1600	33,0	200	-	-	-
10.02.	1190	590	8,1	7,0	1600	21,8	225	87	30	0,13
11.02.	1190	590	8,1	7,0	1600	22,0	225	87	30	0,12
12.02.	1185	595	8,1	7,1	1650	22,5	225	87	30	0,12
13.02.	1190	590	8,0	7,0	1600	21,8	225	88	31	0,11
14.02.	1191	594	8,1	7,1	1600	22,0	230	88	31	0,13
15.02.	1189	592	8,1	7,1	1650	22,3	230	88	29	0,11
16.02.	1190	595	8,0	7,0	1650	21,6	230	87	30	0,12
17.02.	1192	590	8,1	7,2	1600	22,8	235	87	30	0,13
18.02.	1209	610	8,4	10,2	1750	4,4	295	85	35	0,10
19.02.	1216	610	8,4	10,2	1750	4,8	295	85	35	0,10



Tablica 7-2

Parametry technologiczne modelowej komory osadu czynnego natlenianej powietrzem

Data badania	Komora osadu czynnego				Układ recyrkulacji					Osad nadm.		UWAGI
	Zawartość O <sub>2</sub>	Koncentracja zawiesin	Sucha pozostawość	Opadłość	Indeks osadu	Koncentracja zawiesin	Sucha pozostawość	Opadłość	Indeks	Ilość	Stężenie	
	mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup> /100cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup> /g	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup> /100cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup> /g	dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4.01.	4,4	3402	4008	90	235	6480	6720	92	142	9	11010	
5.01.	2,4	2296	2896	70	305	11340	12070	100	89	9	7126	
6.01.	2,4	6188	4068	80	129	8600	9320	92	59	-	-	
7.01.	2,2	3446	4120	88	252	8230	8396	98	119	2,5	7104	
8.01.	2,0	2072	3032	68	228	8930	9284	98	109	2,5	11400	
9.01.	4,6	1688	2460	68	402	14780	15168	100	69	3,5	11620	
10.01.	2,8	2608	3868	88	333	6638	7532	98	147	3,5	5380	
11.01.	2,6	2588	3772	82	317	7632	8500	98	128	2	6868	
12.01.	3,4	2388	3168	80	335	3196	4200	90	281	2	4320	
13.01.	1,6	1860	2408	70	370	1860	3580	74	397	2,5	2026	
14.01.	1,8	1000	2676	40	400	11500	12816	100	89	2	5164	
15.01.	1,8	1926	3132	72	374	7888	8916	98	124	-	-	
16.01.	2,4	2386	3608	86	360	8564	9882	99	115	-	-	
17.01.	3,4	2220	3508	80	399	4404	5240	90	200	-	-	
18.01.	4,4	1880	2760	82	436	4320	5320	96	222	-	-	
19.01.	0,6	1894	2668	80	421	3860	6840	98	260	8	8708	
20.01.	0,8	1450	2440	70	483	7128	8440	98	138	10	5658	
21.01.	2,2	2360	3640	84	360	8260	8760	98	119	12	6300	
22.01.	1,0	2532	3704	84	348	3380	4680	92	272	10	6068	
23.01.	1,8	2540	3448	88	352	3528	4200	928	258	8	4820	
24.01.	2,4	2644	3668	90	348	5856	7020	98	167	-	-	
25.01.	1,4	2666	3640	86	323	4000	5540	96	240	12	4480	
26.01.	3,0	2960	3688	84	280	5680	7048	96	169	12	4026	
27.01.	1,0	2220	3248	90	405	6130	7340	98	161	14	4430	
28.01.	1,2	1796	2688	90	450	4554	4904	98	219	15	3944	
29.01.	2,8	2680	3208	82	304	5530	6240	98	178	30	4704	
30.01.	2,8	2028	2784	90	450	4600	5460	96	206	36	4108	
31.01.	3,6	1852	2308	92	500	3304	4300	96	291	10	2460	
1.02.	3,6	1800	2400	90	500	2836	3620	98	335	20	2056	
2.02.	2,0	1292	3128	86	660	3952	3300	98	251	15	10876	
3.02.	5,8	1202	1884	92	770	1960	3160	90	460	-	-	
4.02.	4,4	1148	2068	96	835	2024	3400	98	490	-	-	
5.02.	4,5	1450	2452	94	650	2150	3480	96	447	-	-	
6.02.	3,0	1100	2548	96	800	2860	4028	98	338	-	-	
7.02.	2,8	1132	2356	84	764	1702	3560	98	600	-	-	
8.02.	5,6	1148	-	94	819	1872	3112	96	512	-	1820	
9.02.	5,4	964	2092	94	975	2044	3304	96	470	-	-	
10.02.	5,0	990	1984	92	921	3772	4732	96	254	-	-	
11.02.	1,6	1060	2200	94	836	1780	3108	96	538	-	-	
12.02.	2,2	1268	2492	94	741	3680	3960	96	260	1,5	3680	
13.02.	4,4	1636	2404	94	800	3180	4760	96	301	-	-	
14.02.	2,1	1660	2380	96	560	4512	4920	98	218	-	-	
15.02.	4,4	1566	2384	94	600	2166	3440	98	450	10	2264	
16.02.	3,2	1346	2476	88	653	1920	3160	94	490	3	2656	
17.02.	3,4	1916	2724	94	490	2618	3972	96	306	-	-	
18.02.	2,0	1822	-	94	515	3062	4380	98	326	-	-	
19.02.	2,1	1980	2870	94	452	1980	-	96	499	-	-	

Od 3.01.76 r. układ z powietrzem  
 q = 7,2 dm<sup>3</sup>/h stopień recyrkulacji n = 130 %  
 Od 26.01. - 3.02.  
 q = 10,8 dm<sup>3</sup>/h n = 100 %  
 Od 14.02. - 19.02. układ  
 pracował przy q=5,6 dm<sup>3</sup>/h  
 n = 100 %

Parametry technologiczne modelowej komory osadu czynnego natlenianej czystym tlenem zamiast powietrza

Tablica 7-3

Data badania	Konora osadu czynnego				Układ recykulacji					Osad nadm.		UWAGI
	Stawar- tość O <sub>2</sub> mg/dm <sup>3</sup>	Stęże- nie sa- wiesin mg/dm <sup>3</sup>	Sucha pozos- tał. mg/dm <sup>3</sup>	Opadal- ność cm <sup>3</sup> /100%	Indeks osadu cm <sup>3</sup> /g	Stę- żenie zawio- sin mg/dm <sup>3</sup>	Sucha pozos- tał. mg/dm <sup>3</sup>	Opadal- ność cm <sup>3</sup> /100%	Indeks osadu cm <sup>3</sup> /mg	Ilość dm <sup>3</sup>	Stęże- nie osadu mg/dm <sup>3</sup>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4.01.	6,8	2864	3935	78	276	6234	7422	93	152	10	8920	
5.01.	17,4	1513	2392	35	231	6190	7224	92	150	10	7190	
6.01.	14,6	3040	3684	30	967	6152	7864	88	64	-	-	
7.01.	10,0	3040	3960	80	263	8524	9204	96	112	3	4090	
8.01.	14,0	2728	3780	76	279	8284	9132	96	116	3	10000	
9.01.	10,8	1926	2872	66	342	5642	6460	96	170	-	-	
10.01.	3,8	22120	3160	72	325	6152	6876	94	153	-	-	
11.01.	6,0	2366	3748	76	321	6994	8172	96	137	-	-	
12.01.	-	2674	3552	78	292	5452	6204	92	170	-	-	
13.01.	-	1910	3564	80	421	4316	5560	92	214	-	-	
14.01.	-	2560	4012	80	322	4920	6020	94	191	-	-	
15.01.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16.01.	8,3	2656	3884	74	278	7344	8272	94	123	-	-	
17.01.	11,4	2624	4324	64	246	6000	7808	88	147	-	-	
18.01.	9,8	2842	4028	74	260	5292	6480	88	169	-	-	
19.01.	11,0	1732	2464	40	231	4224	5343	82	195	-	-	
20.01.	6,6	3220	4320	80	249	7424	8280	96	130	-	-	
21.01.	8,8	2222	3724	54	246	13050	13050	98	76	-	-	
22.01.	3,8	3364	4860	78	232	5886	6748	90	153	-	-	
23.01.	5,6	3072	4320	78	251	5176	5472	88	170	-	-	
24.01.	12,4	3288	3916	84	254	5950	7008	94	150	-	-	
25.01.	9,6	4088	5124	80	199	10760	11900	98	91	-	-	
26.01.	12,0	3640	5140	84	233	8850	10240	98	111	-	-	
27.01.	9,4	3136	4724	78	250	9468	10300	98	103	-	-	
28.01.	11,6	2208	3676	60	273	4810	5480	86	180	-	-	
29.01.	12,0	2632	4064	50	193	5574	6400	90	160	12	9740	
30.01.	11,0	2540	3684	70	240	7360	8328	92	124	-	-	
31.01.	6,4	1566	1932	38	240	10380	10920	98	95	-	-	
1.02.	4,4	2504	3424	96	224	8952	9284	98	110	10	6910	
2.02.	3,0	2210	2304	60	273	7760	7990	96	123	-	-	
3.02.	14,8	1550	2412	32	206	2764	3564	76	272	-	-	
4.02.	14,0	1088	2320	20	183	1670	2604	34	204	10	13690	
5.02.	18,0	4376	5204	86	188	10290	10760	98	95,1	-	-	
6.02.	15,8	5040	6334	90	190	5020	6050	94	180	-	-	
7.02.	8,6	4264	5524	78	156	9470	9830	98	103	-	-	
8.02.	14,0	4522	5260	88	194	7322	7756	94	128	-	-	
9.02.	18,0	4364	5240	90	206	9330	9712	98	104	-	-	
10.02.	14,0	4710	5568	90	191	9064	9292	98	108	-	-	
11.02.	12,0	5254	5956	90	171	7890	8160	96	121	-	-	
12.02.	10,2	5986	6253	88	147	9564	9792	94	93	1,5	9560	
13.02.	12,2	4572	5720	90	197	9790	10880	96	98	-	-	
14.02.	16,0	5514	5962	84	163	11970	11955	98	82	-	-	
15.02.	17,0	5334	6004	88	170	10760	10920	96	89	-	-	
16.02.	9,6	5254	5952	90	171	11600	11680	96	83	-	-	
17.02.	8,4	5248	6408	90	171	8672	9343	96	110	-	-	
18.02.	8,0	5288	6324	88	166	9192	10068	96	104	-	-	
19.02.	6,6	5954	6432	88	158	10060	10900	96	95	-	-	

Od 3.01. - 25.01.76 układ z tlenem pracował przy q = 10,8 dm<sup>3</sup>/h i stopniu recykulacji n = 110 %

Od 3.01.-3.02. q = 18 dm<sup>3</sup>/h n = 70 %

Od 4.02.-15.02.76 Od 26.01.-3.02. q = 3,6 dm<sup>3</sup>/h n = 100 %

Od 16.02.76 - 19.02.76 q = 7,2 dm<sup>3</sup>/h n = 70 %



Tablica 7-4

Zestawienie zbiorcze wyników analizy biologicznej osadu czynnego z komory natlenianej powietrzem.  
Ilość organizmów w 1 cm<sup>3</sup>.

Data badania		22.I.1976	28.I.1976	4.II.1976	12.II.1976	19.II.1976
Organizmy	Nr badania	1	2	3	4	5
Obserwacje makroskopowe osadu						
Barwa		brunatna	beżowa	beżowa	beżowa	beżowa
Opadalność		słaba	słaba	słaba	dobra	dobra
Ciecz nad osadem		mętna-brunatna	mętna-żółta	mętna-żółta	mętna-beżowa	mętna-beżowa
Obserwacje mikroskopowe osadu						
Struktura		luźna	luźna	luźna	luźna	luźna
Kształt		nieregularna	nieregul.	nieregul.	nieregul.	nieregul.
Kłaczki osadu . Ilość w 1 cm <sup>3</sup>		139 600	112 000	117 600	97 600	109 600
Wymiary kłaczek						
Szerokość μm		17-70	8-50	10-52	90-31	21-48
Długość μm		52-220	10-100	18-131	35-148	21-180
Bacteriophyta						
Sphaerotillus sp.		7200	25 600	67 200	42 800	75 200
Protozoa						
Mastigophora				66 400	2 800	23 200
Ciliata						
Ogólna ilość wolno-pływająca		5 200	5 600	7 200	6 800	20 000
Ogólna ilość osiadła				2 400	400	6 400
Aspidisca sp.		5 200	5 600	4 800	3 600	7 200
Litonotus sp.				2 400	3 200	12 800
Opercularia						4 000
Podophrya sp.				1 600		800
Vorticella sp.				800	400	1 600
Rotatoria		400				

Tablica 7-5

Zestawienie zbiorcze wyników analizy biologicznej osadu czynnego z komory natlenianej czystym tlenem.  
Ilość organizmów w 1 cm<sup>3</sup>.

Data badania		22.I.1976	28.I.1976	4.II.1976	12.II.1976	19.II.1976
Organizmy	Nr badania	1	2	3	4	5
Obserwacje makroskopowe osadu						
Barwa		brunatna	beżowa	beżowa	brunatno-beżowa	brunatno-żółta
Opadalność		słaba	dobra	dobra	dobra	dobra
Ciecz nad osadem		mętna	mętna-żółta	mętna-beżowa	mętna-beżowa	mętna-brunatna
Obserwacje mikroskopowe osadu						
Struktura		luźna	luźna	luźna	luźna	luźna
Kształt		nieregul.	nieregul.	niereg.	niereg.	niereg.
Kłaczkii osadu. Ilość w 1 cm <sup>3</sup>		250 000	678 000	878 000	741 600	159 200
Wymiary kłaczków						
Szerokość $\mu$ m		17-44	12-31	18-58	15-48	25-70
Długość $\mu$ m		26-70	20-93	32-110	22-83	63-175
Bacteriophyta						
Sphaerotilus sp.			20 000	18 000	52 800	16 800
Beggiatoa		22 400	2 000			
Bunghi						
Pyrotozoa						
Mastigophora		4 800		4 000	4 000	11 200
Ciliata						
Ogólna ilość wolno-pływająca					5 800	2 400
Ogólna ilość osiadła		800		2 000	8 800	18 400
Litonotus sp.					1 600	2 400
Opercularia sp.		800		200	3 200	14 400
Podophrya sp.					2 400	1 600
Worticella sp.					3 200	2 400
Rotatoria		400				
Nematoda						3 200



Tablica 7-6

Oznaczenia aktywności oddechowej  
/metodą testu TTC/ próbek osadu  
czynnego z komory napowietrzania z zastosowaniem powietrza.

Nr badania	Data badania	Aktywność dehydrogenazowa $\mu\text{mol TF/g cm}$		
		bez substratu	z glukozą	właściwa
1	22.I.1976	71,3	87,0	16,7
2	28.I.1976	116,5	157,7	41,2
3	4.II.1976	16,9	65,9	119,0
4	12.II.1976	3,4	8,4	5,0
5	19.II.1976	29,7	49,9	22,0

Tablica 7-7

Oznaczenia aktywności oddechowej  
/metodą testu TTC/ próbek osadu czynnego z komory  
modelowej z użyciem czystego tlenu

Nr badania	Data badania	Aktywność dehydrogenazowa $\mu\text{mol TF/g s m}$		
		bez substratu	z glukozą	właściwa
1	22.I.1976	103,1	73,9	10
2	28.I.1976	116,4	121,2	4,8
3	4.II.1976	120,8	130,5	9,7
4	12.II.1976	27,5	55,0	27,5
5	19.II.1976	67,5	86,3	18,8



Tablica 7-8

Właściwości fizyko - chemiczne ścieków celulozowych oczyszczonych biologicznie metodą osadu czynnego w modelowym układzie z zastosowaniem powietrza.

Data badania	ChZT mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Utle- niał- ność mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Odczyn pH	NI <sub>4</sub> mg <sup>3</sup> NH <sub>4</sub> /dm <sup>3</sup>	Barwa mgPt/ dm <sup>3</sup>	Zawie- sina mg/dm <sup>3</sup>	BZT <sub>5</sub> mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Tw.lig- ninowe mg/dm <sup>3</sup>	NO <sub>3</sub> mgN-NO <sub>3</sub> / dm <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> mgN-NO <sub>2</sub> / dm <sup>3</sup>	Fosfor mgP/ dm <sup>3</sup>	Obciążenie osadu gBZT <sub>5</sub> /gdn
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3.01	530	210	7,1	10,0	800	16	54	52	-	-	-	-
4.01	420	170	7,3	3,5	800	29,6	32	-	-	-	-	0,18
5.01	416	170	7,1	4,7	900	15,2	14,4	-	-	-	-	0,27
6.01.	426	165	7,4	5,4	900	34,0	10,2	-	-	-	-	0,10
7.01.	515	220	7,4	8,2	1000	3,6	16,2	52	-	-	-	0,28
8.01.	397	260	7,3	9,3	1200	56	23	64	-	-	-	0,48
9.01.	525	270	7,3	3,5	1200	5,6	19	70	-	-	1,0	0,59
10.01.	440	250	7,4	4,0	1000	8,8	11,5	70	-	-	2,1	0,26
11.01.	490	210	7,4	7,0	1000	19,2	24	64	-	-	3,0	0,27
12.01.	600	235	7,4	11,4	1200	19,2	20	70	-	-	2,0	0,31
13.01.	570	280	7,2	5,5	1200	12,8	32	71	-	-	1,2	0,38
14.01.	940	385	7,1	4,0	1200	15,2	11,6	74	-	-	2,4	0,73
15.01.	823	350	7,4	4,9	1200	29,2	57,5	86	-	-	2,2	0,37
16.01.	875	360	7,3	4,2	1200	28,0	58	82	-	-	2,6	0,30
17.01.	767	340	7,5	8,6	1200	4,8	25	120	-	-	6,1	0,72
18.01.	886	340	7,4	6,3	1200	11,2	45	112	-	-	2,2	0,83
19.01.	836	350	7,1	6,2	1200	50,8	46,5	118	-	-	2,3	0,84
20.01.	944	370	7,2	6,2	1200	37,2	88	115	-	-	6,9	0,55
21.01.	812	290	7,2	6,6	1400	10,4	38,5	115	-	-	3,6	0,36
22.01.	732	340	7,2	5,9	1200	38,0	84	95	-	-	3,7	0,32
23.01.	630	260	7,2	7,0	1300	10,4	22	130	-	-	5,3	0,33
24.01.	728	270	7,1	5,2	1300	42,4	36	117	-	-	5,0	0,33
25.01.	669	310	7,2	4,2	1300	12,0	30	130	-	-	3,5	0,34
26.01.	672	310	7,2	3,9	1300	8,8	16	130	-	-	3,5	0,45
27.01.	748	345	7,2	4,1	1300	62	33	135	-	-	2,9	0,48
28.01.	816	320	7,3	5,2	1300	68	35	75	-	-	3,2	0,61
29.01.	934	325	7,3	5,5	1300	96	63	75	-	-	4,0	0,40
30.01.	689	280	7,2	5,7	1300	100	58	60	-	-	3,7	0,91
31.01.	643	320	7,3	6,4	1300	84,4	65	60	-	-	3,6	0,99
1.02.	958	360	7,2	6,9	1300	157,2	148	78	48	-	2,9	1,50
2.02.	-	-	-	-	-	-	120	70	-	-	-	2,05
3.02.	-	-	-	-	-	-	142	68	-	-	-	1,07
4.02.	886	240	7,3	5,5	1300	314	75	95	40	0,15	3,1	0,38
5.02.	945	275	7,3	4,0	1400	62,0	54,5	38	32	1,22	2,0	0,30
6.02.	1020	310	7,0	3,9	1300	154,0	15	30	32	0,2	1,8	0,39
7.02.	600	230	7,2	12,4	1100	126,0	21,0	88	35	0,14	2,6	0,38
8.02.	506	245	7,4	7,2	1100	119,0	29,5	38	23	0,12	2,1	0,38
9.02.	545	220	7,4	3,6	1100	930	18	38	31	0,14	4,0	0,45
10.02.	466	240	7,3	5,0	1100	111,8	30	30	28	0,15	2,0	0,45
11.02.	589	245	7,3	6,6	1200	131,9	28	35	30	0,16	2,2	0,46
12.02.	615	250	7,3	3,8	1200	120,3	30,5	37	32	0,10	3,6	0,38
13.02.	635	265	7,3	2,4	1200	112,4	22	35	31	0,12	0,9	0,31
14.02.	670	295	7,3	2,9	1200	42,6	36	76	28	0,13	2,6	0,30
15.02.	610	275	7,2	2,8	1200	118,8	25	30	30	0,15	2,5	0,31
16.02.	585	265	7,1	6,0	1200	34,2	15	30	28	0,10	2,5	0,36
17.02.	540	230	7,1	16,0	1200	12,0	23	30	25	0,12	0,9	0,25
18.02.	535	230	7,4	4,8	1200	12,4	23,5	76	36	0,10	1,6	0,35
19.02.	575	280	7,3	5,8	1200	59,6	26	30	40	0,12	4,6	0,36

Tablica 7-9

Własności fizyko-chemiczne ścieków celulozowych oczyszczanych biologicznie metodą osadu czynnego w modelowym układzie z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza.

Data badania	ChZT mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Utlenialność mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Odczyn pH	NH <sub>4</sub> mg/N <sub>NH4</sub> /dm <sup>3</sup>	Barwa mgPt/dm <sup>3</sup>	Zawiesina mg/dm <sup>3</sup>	BET <sub>5</sub> mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Zw. lizynowe mg/dm <sup>3</sup>	NO <sub>3</sub> mgN <sub>NO3</sub> /dm <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> mgN <sub>NO2</sub> /dm <sup>3</sup>	P mgP/dm <sup>3</sup>	Obciążenie osadu ZBET <sub>5</sub> /gdn.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3.01.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.01.	490	210	6,9	4,0	800	40,4	31	-	-	-	-	0,33
5.01.	595	240	6,8	9,4	900	65,6	48	-	-	-	-	0,64
6.01.	595	255	7,2	8,5	900	49,2	84	-	-	-	-	0,48
7.01.	635	265	6,8	10,0	1000	8,0	54	66	-	-	-	0,49
8.01.	694	330	6,9	7,1	1200	75,6	100	70	-	-	-	0,54
9.01.	733	345	7,1	4,0	1200	62,4	102	78	-	-	2,3	0,77
10.01.	740	330	6,9	7,4	1000	104	81	78	-	-	0,3	0,47
11.01.	640	320	7,1	8,0	1000	34,4	67,5	70	-	-	2,9	0,45
12.01.	900	295	7,2	4,8	1200	22,0	118	78	-	-	1,8	0,41
13.01.	880	340	6,9	5,4	1250	26,2	120	82	-	-	1,3	0,56
14.01.	1040	380	6,8	3,4	1200	8,0	111	80	-	-	0,2	0,43
15.01.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16.01.	962	390	7,1	8,0	1200	63,2	116	82	-	-	1,4	0,41
17.01.	1033	405	7,3	6,4	1200	116,0	77	126	-	-	61	0,91
18.01.	1013	420	7,2	5,2	1300	35,6	94,5	125	-	-	1,3	0,83
19.01.	1090	430	6,8	6,2	1300	70,4	137	116	-	-	4,2	1,38
20.01.	1130	390	6,8	4,9	1300	61,2	107	120	-	-	0,7	0,37
21.01.	878	340	6,9	5,8	1400	88,0	37	117	-	-	1,4	0,55
22.01.	762	350	6,9	4,7	1400	76,8	6,7	135	-	-	1,5	0,37
23.01.	728	315	6,9	8,9	1400	44,0	32	140	-	-	0,38	0,41
24.01.	895	340	6,8	13,0	1300	134,0	67	142	-	-	0,9	0,40
25.01.	905	365	7,0	4,8	1400	90,8	25	142	-	-	1,2	0,33
26.01.	880	360	7,0	5,4	1400	57,6	45	155	-	-	0,9	0,61
27.01.	892	370	7,0	3,6	1300	48	46	150	-	-	1,2	0,57
28.01.	945	390	6,9	4,1	1300	58	70	95	-	-	1,1	0,83
29.01.	1036	390	7,0	3,1	1300	112	91	95	-	-	1,8	0,68
30.01.	787	365	7,0	3,8	1300	56	114	70	-	-	1,6	1,21
31.01.	861	380	7,0	4,6	1300	102	72	75	-	-	2,0	1,94
1.02.	1082	380	6,9	4,0	1400	123	72	75	46	-	1,7	1,79
2.02.	944	365	7,0	5,0	1300	42,8	80	70	40	-	2,0	2,04
3.02.	910	370	7,0	4,7	1300	98,8	69	70	45	-	1,5	1,39
4.02.	1122	280	6,9	5,1	1400	93,4	120	75	33	0,18	1,9	0,41
5.02.	1080	280	6,8	7,2	1400	29,6	124	75	40	0,22	2,5	0,10
6.02.	1120	310	6,6	3,3	1300	48,8	33	70	35	0,22	1,9	0,09
7.02.	510	210	6,6	14,6	1100	33,2	31,5	80	30	0,10	5,4	0,10
8.02.	466	215	6,9	9,8	1100	33	12,5	88	35	0,10	4,2	0,10
9.02.	496	205	7,0	4,2	1100	21	7,5	88	31	0,14	2,1	0,11
10.02.	436	220	6,9	6,0	1000	26,8	29	82	29	0,15	2,4	0,10
11.02.	585	240	6,8	7,2	1200	36,8	47	87	28	0,14	2,6	0,09
12.02.	595	240	7,1	4,2	1200	40	28,5	85	32	0,11	1,8	0,09
13.02.	625	240	7,0	3,0	1200	58,4	46	87	30	0,12	1,3	0,11
14.02.	670	295	6,9	3,2	1200	42,8	41	78	29	0,12	1,9	0,09
15.02.	610	275	7,0	4,0	1200	51,6	18	80	32	0,15	2,0	0,09
16.02.	585	255	7,1	7,1	1200	12,6	8	86	30	0,12	1,8	0,20
17.02.	525	260	6,8	7,0	1200	10,6	20	74	26	0,12	1,8	0,21
18.02.	496	265	6,9	5,6	1200	35	15	75	35	0,11	2,2	0,19
19.02.	575	260	6,8	7,8	1200	20,4	20	82	38	0,12	3,8	0,22



Tablica 7-10

Efekty zmniejszenia podstawowych wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych w wyniku biologicznego oczyszczania metodą osadu czynnego w układzie modelowym z zastosowaniem powietrza i w układzie modelowym z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza.

Data badania	Układ powietrzny						Układ tlenowy					
	Zmn. ChZT	Zmn. utlen.	Zmn. Barwy	Zmn. BZT <sub>5</sub>	Zmn. zwalig. nin.	Obciążenie osadu gBZT <sub>5</sub> /gdn.	Zmn. ChZT	Zmn. utlen.	Zmn. Barwy	Zmn. BZT <sub>5</sub>	Zmn. zwiaz. lignin.	Obciążenie osadu gBZT <sub>5</sub> /gdn.
	%	%	%	%	%		%	%	%	%	%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3.01.	43,5	45,7	0	62,5	42,2	-	-	-	-	-	-	-
4.01.	59,6	55,4	0	78	-	0,18	52,9	44,7	0	78,8	-	0,33
5.01.	59,2	56,6	0	89,9	-	0,27	41,5	37,8	0	68	-	0,64
6.01.	63,5	64	27,9	95,5	-	0,10	49,1	44,7	28,0	63	-	0,48
7.01.	56,2	52,5	20	93	45,5	0,28	46,2	43	20	76,5	24	0,49
8.01.	65,8	42,9	0	90	26,5	0,48	40,0	27,5	0	56,5	20,4	0,54
9.01.	55	41,3	4,0	92	22,2	0,59	37,4	25	4,1	56,1	13,3	0,77
10.01.	62,4	45,5	16,0	92,5	22,2	0,26	36,8	26,7	16,6	49,8	13,3	0,47
11.01.	58,3	53,6	16,0	85,5	28,9	0,27	45,8	29,7	16,6	59,4	22,2	0,45
12.01.	49	48,9	4,0	88,2	17,6	0,31	23,4	35,8	4,1	30,5	8,2	0,41
13.01.	51,8	38,5	0	80,5	21,1	0,38	25,4	25,3	0	50,1	8,9	0,56
14.01.	20,0	15,6	4,0	31,8	18,7	0,73	11,5	16,6	4,1	53	10,0	0,43
15.01.	30,0	23	0	65	4,4	0,37	-	-	-	-	-	-
16.01.	26,0	20,9	0	65	8,9	0,30	18,4	14,3	0	29,6	8,9	0,41
17.01.	51,8	45,1	20	92,8	4,8	0,72	35,3	34,6	20	80	-	0,91
18.01.	44,1	45,1	22,6	87,8	10,4	0,83	36,3	32,1	16,2	74,5	-	0,83
19.01.	47,5	43,5	20,0	87,9	7,1	0,84	31,4	30,6	13,3	68,5	8,7	1,38
20.01.	20,2	22,9	25,0	52,5	17,2	0,55	4,4	18,8	18,8	42	15,8	0,37
21.01.	30,4	39,7	9,7	80,0	17,8	0,36	25,6	29,2	9,7	80,5	16,5	0,55
22.01.	28,3	30	18,8	56,6	32,2	0,32	35,7	27,9	12,5	65	3,5	0,37
23.01.	45,8	45,1	18,8	89	11,5	0,33	38,5	34,3	12,5	83,5	3,5	0,41
24.01.	47,9	46	18,8	82,5	31,2	0,33	35,9	32	18,7	67,2	16,4	0,40
25.01.	52	38	18,8	85,5	25,8	0,34	35	27	12,5	88	18,8	0,33
26.01.	51,7	40,5	21,2	92	23,5	0,45	36,7	50	15,2	80,6	8,8	0,61
27.01.	42	28,2	18,8	80	18,2	0,48	31	23	18,8	72,7	9,1	0,57
28.01.	36,5	34,1	18,8	79,5	54,5	0,61	26,7	19,6	18,8	41,2	42,4	0,83
29.01.	27,6	32,4	18,8	61,8	54,5	0,40	19,7	18,7	18,8	44,6	42,4	0,68
30.01.	39	40,3	13,3	79,5	20	0,91	28	22,3	13,3	68	6,7	1,21
31.01.	41	32	13,3	77,2	20	0,99	12	19,1	13,1	74,6	0	1,94
1.02.	8,7	26,7	13,3	65	2,5	1,50	6,5	22,5	6,7	82,9	6,2	1,79
2.02.	-	-	-	71	12,5	2,05	9,2	25,5	13,3	80,8	12,5	2,04
3.02.	-	-	-	29	-	1,07	42,3	5,1	18,8	65,6	-	1,39
4.02.	43,5	39	18,8	65,8	-	0,38	28,5	29,1	12,5	41,5	-	0,41
5.02.	40,0	30,4	12,5	73,3	-	0,30	31,7	25,1	12,5	39,5	-	0,10
6.02.	35,0	20,5	21,2	92,1	-	0,39	35	20,5	21,2	83,5	-	0,09
7.02.	61,7	38,6	31,3	89,5	-	0,38	67,5	46,5	31,3	84,5	-	0,10
8.02.	68	38,2	31,3	85,6	-	0,38	70,5	45,2	31,3	94,2	-	0,10
9.02.	65,1	44,4	31,3	91	-	0,45	68,5	48,0	31,3	98,5	-	0,11
10.02.	61	59,1	31,3	86,5	9,3	0,45	63,5	62,6	37,5	87,2	5,7	0,10
11.02.	51	58,5	25	87,5	2,3	0,46	50,5	59,2	25,0	81,5	-	0,09
12.02.	48,1	58	27,3	86,7	0	0,38	50	59,2	27,1	87,5	2,3	0,09
13.02.	47,5	55,2	25	90,1	2,1	0,30	47,5	59,2	25	80,2	1,3	0,11
14.02.	43,6	50,5	25	84,5	16	0,30	43,8	50,2	25	82,5	11,4	0,09
15.02.	48,6	54,1	27,3	89,1	7,5	0,31	48,8	53,6	27,2	91,5	7,0	0,09
16.02.	50,8	55,4	27,3	83,4	8,0	0,36	51,0	57,1	23,3	96,5	1,3	0,20
17.02.	54,8	52,6	25	87,8	8,0	0,25	56,0	56	27,3	93,5	16,5	0,10
18.02.	55,7	43,2	31,5	90	10,0	0,33	58,8	48,2	31,4	93,5	12,0	0,19
19.02.	52,5	45	31,5	93,5	6,3	0,32	52,5	49	31,5	93,5	3,5	0,22





Wyniki odwadniania nadmiernego osadu czynnego z układu powietrznego i tlenowego na drodze filtracji próżniowej przy  $p=0,6$  at dla dwóch rodzajów tkanin filtracyjnych. Próby osadu z 5.II.1976 r.

Tablica 7-12

Oznaczenie	Jednostka	Osad nadmierny z układu tlenowego				Osad z układu powietrznego	
		Tkanina Pt-16	Tkanina BT-16	Tkanina PT-16 + CaO/80% mo/	Tkanina Pt-16 + CaO/80% mo/	Tkanina Pt-16	Tkanina BT-16
1/ Uwodnienie osadu surowego	%	98,6	98,6	98,6	98,6	99,69	99,69
2/ Stężenie osadu surowego	g/dm <sup>3</sup>	14,1	14,1	14,1	14,1	3,1	3,4
3/ Sucha pozostałość osadu surowego	%	1,4	1,4	1,4	1,4	0,31	0,31
4/ Uwodnienie osadu po filtracji	%	93,25	93,4	85,7	84,7	9,49	95,4
5/ Sucha pozostałość osadu po filtracji	%	6,75	6,6	14,3	15,3	5,1	4,6
6/ Opór właściwy filtracji	10 <sup>11</sup> m/kg	475	465	110	56	1590	1710

Wyniki badań odwadniania nadmiernego osadu czynnego z układu powietrznego i tlenowego na drodze filtracji próżniowej i odwirowania. Próba osadu z 12.II.1976 r.

Tabela 7-13

Oznaczenie	Jednostka	Osad z układu tlenowego				
		Filtracja próżniowa $p = 0,6 \text{ at}$ Tkanina PT-16	Tkanina BT-16	Odwirowanie $n=2000$ obr/min	Odwirowanie $n=3500$ obr/min	
				Osad z układu powietrznego Odwirowanie $n=2000$ obr/min	Odwirowanie $n=3500$ obr/min	
1/ Uwodnienie osadu surowego	%	98,82	98,82	98,82	99,72	99,72
2/ Stężenie osadu surowego	$\text{g/dm}^3$	12	12	12	2,8	2,8
3/ Sucha pozostałość os. surowego	%	1,18	1,18	1,18	0,28	0,28
4/ Zawartość substancji miner.os. sur.	%	18	18	18	38	38
5/ Uwodnienie osadu po filtracji lub odwir.	%	93,3	93,3	94,6	92,9	96,6
6/ Sucha pozostałość osadu po filtracji lub odwir.	%	6,7	6,2	5,4	7,14	3,4
7/ Zawartość subst.miner. po filtracji lub odwir.	%	13,1	12,2	13,1	11	13,8
8/ Opór filtracji	$10^{11} \text{ m/kg}$	655	400	-	-	-



Tablica 7-14

Wyniki badania własności i dowadniałości radziernego osadu czynnego z układu powietrznego tlenowego na drodze próżniowej filtracji i odwirowania • Próby osadów z 19. II. 1976 r.

Oznaczenia	Jednostka	Osad z układu filtracji próżniowej p=0,6 at		tlenowego odwirowanie		Osad z układu powietrznego odwirowanie			
		PT-16	BT-16	n=2000 obr/min	n=3500 obr/min	PT-16	BT-16		
1/ Wprowadzenie osadu surowego	%	98,81	98,81	98,81	98,81	99,69	99,65	99,69	99,69
2/ Stężenie os. sur.	d/dm <sup>3</sup>	11,5	11,5	11,5	11,5	3,5	3,5	3,5	3,5
3/ Sucha pozost. osadu surowego	%	1,19	1,19	1,19	1,19	0,31	0,31	0,31	0,31
4/ Zawartość subst. miner. os. sur.	%	14,2	14,2	14,2	14,2	19	19	19	19
5/ Wprowadzenie osadu po filtr. lub odwir.	%	90	89,1	93,6	92,1	94,9	95,4	96,8	95,75
6/ Sucha pozost. osadu po filtr. lub odwir.	%	10	10,1	6,4	7,9	5,1	4,6	3,2	4,25
7/ Zawartość subst. miner. po filtracji lub odwirow.	%	10,4	9,9	11,5	11,5	13,9	13,9	12,7	12,2
8/ Opór filtracji	10 <sup>11</sup> m/kg	420	465	-	-	1610	1760,0	-	-

Tablica 7-15

Zagęszczenie nadmierne osadu czynnego z modelowego układu z zastosowaniem powietrza i układu z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza

Czas zagęszczenia	Objętość warstwy/cm <sup>3</sup> zagęszcz.	Osad z układu powietrznego Próba 1 z 12.II.	Osad z układu powietrznego Próba 2 z 19.II.	Osad z układu tlenowego Próba 3 z 12.II.	Osad z układu tlenowego Próba 4 z 19.II.	U w a g a
0		500	1000	500	1000	
15 min		-	995	-	995	Uwodnienie początkowe osadu z układu powietrz.
30 min		495	993	497	993	Wp-1 = 99,72 % Wp-2 = 99,69 %
1 h		490	990	495	990	Uwodnienie pocz. osadu z układu tlenowego
2 h		485	980	490	978	Wp-3 = 98,82 % Wp-4 = 98,81 %
4 h		476	950	474	948	Uwodnienie końcowe osadu z układu powietrznego
6 h		-	930	-	917	W <sub>k1</sub> = 99,60 % W <sub>k2</sub> = 99,56 %
7 h		457	925	454	910	Uwodnienie końcowe osadu z układu tlenowego
18 h		-	755	-	754	
20 h		-	710	-	725	
22 h		-	680	-	700	
24 h		305	680	380	700	W <sub>k3</sub> = 98,57 % W <sub>k4</sub> = 98,34 %



Tablica 7-16

Wyniki badań własności fizyko chemicznych surowych ścieków celulozowych  
po mechanicznym oczyszczeniu z Ostrołęckich Zakładów Celulozowo - Papierniczych  
Druga seria badań.

Nr kolejny data	Odczyn pH	ChZT mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Utlenial- ność mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Barwa mgPt/dm <sup>3</sup>	BZT <sub>5</sub> mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Zawiesina ogólna mg/dm <sup>3</sup>	Związki ligninowe mg/dm <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8
1 /13.05./	7,8	1200	470	1750	250	-	-
2 /14.05./	7,6	1040	460	1400	160		
3 /15.05./	7,7	1020	400	1500	250		
4 /16.05./	7,7	1000	460	1500	275		
5 /17.05./	7,7	1040	430	1500	220		
6 /18.05./	7,5	1100	460	1500	305		
7 /19.05./	7,4	1360	590	1200	220		
8 /20.05./	7,3	1080	350	1000	270		
9 /21.05./	7,0	1130	520	1200	295		
10 /22.05./	6,9	1200	450	1400	235		
11 /23.05./	7,0	1100	470	1300	270		
12 /25.05./	7,4	740	370	1000	160		
13 /26.05./	7,3	880	460	1100	355		
14 /27.05./	6,9	1200	520	1100	220		
15 /28.05./	6,9	1100	460	900	280		
16 /29.05./	7,1	1020	540	1000	230		
17 /30.05./	7,6	1010	330	1000	245		
18 /31.05./	7,6	1010	370	1200	275		
19 /1.06./	7,3	1030	350	1200	205		
20 /2.06./	7,2	1150	400	1000	315		
21 /3.06./	7,3	1040	330	1100	280	166	
22 /4.06./	7,3	1300	450	1100	225	188	
23 /5.06./	7,4	1169	410	1000	100	147	
24 /6.06./	7,1	1040	410	1000	170	91,6	45
25 /7.06./	7,3	1150	450	1000	245	133	40
26 /8.06./	7,1	980	400	1000	300	54	38
27 /9.06./	6,6	1000	440	1000	150	88	33
28 /10.06./	7,4	1030	570	1400	185	152	40
29 /11.06./	6,5	1410	620	1200	310	245	56
30 /12.06./	6,5	1460	500	1200	275	233	54
31 /13.06./	6,9	1290	380	1000	170	119	50
32 /14.06./	7,0	1180	460	1000	235	202	82
33 /15.06./	8,3	1250	510	1200	260	149	95
34 /16.06./	8,5	1030	400	1200	175	51	80
35 /17.06./	8,1	950	420	1200	260	103	75
36 /18.06./	8,4	1030	390	1000	245	10	90
37 /19.06./	7,8	1320	500	1000	330	170	110
38 /20.06./	7,8	1000	400	900	285	72	112
39 /21.06./	7,1	1190	560	900	255	175	102

c.d. tablicy 7-16

	1	2	3	4	5	6	7	8
40	/22.06./	7,7	1200	460	900	220	165	96,5
41	/23.06./	8,0	1100	510	900	275	81	96
42	/24.06./	7,8	960	440	900	245	45	97
43	/25.06./	7,5	1030	400	1000	420	45	115
44	/26.06./	7,6	1100	400	1000	265	40	95
45	/27.06./	7,9	1250	430	1000	265	142	121
46	/28.06./	8,5	980	430	1000	430	5:2	96,5
47	/29.06./	7,5	1160	560	800	235	8,4	112
48	/30.06./	8,4	1270	490	800	255	27,6	112
49	/1.07./	8,2	1220	495	800	245	25,2	109



Tablica 7-17

Właściwości fizyczne osadu czynnego w komorze napowietrzania i osadu czynnego recykulowanego w układzie powietrznym.

Nr kolejny badań	data	Komora osadu czynnego				Osad recykulowany			UWAGI
		Opadalność osadu cm <sup>3</sup> /100cm <sup>3</sup>	Stężenie osadu mg/dm <sup>3</sup>	Indeks osadu cm <sup>3</sup> /g	Stężenie O <sub>2</sub> mg/dm <sup>3</sup>	Opadalność osadu cm <sup>3</sup> /100cm <sup>3</sup>	Stężenie osadu mg/dm <sup>3</sup>	Indeks osadu cm <sup>3</sup> /g	
1		2	3	4	5	6	7	8	9
1	/13.05./	84	3666	229	2,4	96	5540	136	q = 3,6 dm <sup>3</sup> /h stopień recykulacji n = 100 %
2	/14.05./	80	4662	171	1,4	98	5944	100	
3	/15.05./	90	4092	217	1,4	98	4862	200	
4	/17.05./	94	3872	242	0,6	98	6762	92	
5	/18.05./	90	3538	254	3,0	98	7138	113	
6	/19.05./	90	3154	285	1,8	94	7162	101	
7	/20.05./	88	3730	236	4,0	100	8482	998	
8	/21.05./	96	4936	195	3,0	100	8606	105	
9	/22.05./	88	4184	210	1,6	92	6084	162	
10	/25.05./	88	6664	132	2,6	98	6958	84	
11	/26.05./	90	4490	200	3,0	98	9328	123	
12	/27.05./	92	3174	256	2,0	92	4676	126	
13	/28.05./	67	2546	268	3,6	82	2714	90	
14	/29.05./	84	2858	294	4,8	94	5526	94	
15	/30.05./	78	2462	317	2,4	88	4002	109	
16	/31.05./	64	1886	339	2,8	90	3632	100	
17	/1.06./	88	3888	227	2,0	96	6260	97	
18	/2.06./	88	3688	236	2,8	94	6306	87	
19	/3.06./	82	3402	241	1,2	98	7668	127	
20	/4.06./	92	4108	223	0,8	98	9120	107	
21	/6.06./	92	3760	244	0,8	98	9066	108	
22	/7.06./	96	4874	193	0,4	99	13730	61	
23	/8.06./	94	4814	194	1,4	99	10942	91	
24	/9.06./	90	3472	250	1,0	98	10892	89	
25	/10.06./	90	3650	246	0,6	98	9644	101	
26	/11.06./	96	3870	250	1,6	98	6804	144	
27	/12.06./	92	3780	243	0,4	98	7920	124	
28	/13.06./	90	3300	273	1,0	98	7360	133	
29	/14.06./	90	2504	259	0,4	98	6148	159	
30	/15.06./	50	3240	277	1,6	98	6862	143	
31	/16.06./	90	2358	381	1,1	98	5064	193	
32	/17.06./	94	2720	340	1,6	98	5256	186	
33	/18.06./	94	2780	339	2,4	98	5088	192	
34	/19.06./	96	3242	265	3,0	98	5650	173	
35	/20.06./	92	2188	420	0,8	98	3650	269	
36	/21.06./	96	2254	426	1,0	98	4302	274	
37	/22.06./	94	1950	481	0,8	98	5363	183	
38	/23.06./	96	2780	352	0,4	98	4228	231	
39	/24.06./	98	1920	510	0,3	98	4318	227	
40	/25.06./	96	2514	381	1,0	98	4926	199	
41	/26.06./	96	2860	424	0,3	99	6504	154	
42	/27.06./	95	2120	448	0,6	99	5056	197	
43	/28.06./	92	1922	478	0,4	99	4756	210	
44	/29.06./	96	2172	442	0,2	98	5734	170	
45	/30.06./	96	2740	350	0,2	99	7210	138	
46	/1.07./	98	2924	336	0,2	99	7200	136	
47									q = 7,2 dm <sup>3</sup> /h stopień rec. n = 100 %
48									q = 10,8 dm <sup>3</sup> /h stopień rec. n = 100 %
49									q = 7,2 dm <sup>3</sup> /h stopień recyr. n = 100 %

Tablica 7-18

Właściwości fizyczne osadu czynnego w komorze natleniania i osadu recykulowanego w układzie z zastosowaniem czystego tlenu.

Numer kolejny badań	Komora osadu czynnego				Osad czynny recykulacyjny				Przepływ i stopień recykulacji	Odczyt z rotametry $O_2$ $dm^3/h$
	Opadalność osadu	Stężenie osadu	Indeks osadu	Stężenie $O_2$	Opadalność osadu	Stężenie osadu	Indeks osadu			
	$cm/100cm^3$	$mg/dm^3$	$cm^3/g$	$mg/dm^3$	$cm^3/100m^3$	$mg/dm^3$	$cm^3/g$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
13.05.	86	4664	134	8,8	98	7164	136	q = 3,6 $dm^3/h$ stopień recykulacji n = 100%	26	
14.05.	86	4164	206	6,2	100	9908	100		26	
15.05.	86	3519	241	6,6	94	4684	200		26	
17.05.	90	3866	232	4,8	100	10868	92		26	
18.05.	90	3850	234	7,2	100	8860	113		26	
19.05.	92	4864	198	6,4	100	9820	101		26	
20.05.	98	4868	201	9,0	100	16196	98		30	
21.05.	94	5476	171	7,8	100	9612	105		32	
22.05.	88	5000	176	4,6	96	5916	162		32	
25.05.	92	5178	177	8,4	98	11570	84		24	
26.05.	90	5262	171	12	96	7756	123	15		
27.05.	84	4524	187	17	98	7856	126	15		
28.05.	83	4844	172	10,8	99	10940	90	11		
29.05.	83	4384	189	14,4	98	10444	94	12		
30.05.	88	4346	202	7,6	96	8784	109	12,5		
31.06.	86	3756	228	8,8	96	9516	100	10,5		
1.06.	90	4910	162	6,2	98	10082	97	12,5		
2.06.	90	5060	177	9,2	98	11228	87	12,5		
3.06.	80	3382	236	11	100	16932	50	13		
4.06.	88	5278	166	4,8	98	10638	92	13		
6.06.	90	5588	161	2	96	10256	93	13		
7.06.	90	5560	161	2,6	100	13480	61	15		
8.06.	90	4680	192	16	100	12074	82	25		
9.06.	84	3638	230	10,4	96	5444	177	20		
10.06.	90	6348	141	4,2	98	11726	83	25		
11.06.	60	2488	241	8,0	88	5560	158	25		
12.06.	90	6488	139	6,4	98	12000	89	25		
13.06.	86	6150	139	12	97	12428	78	25		
14.06.	86	6776	127	58	98	15342	63	27		
15.06.	80	5416	147	48	96	8982	107	25		
16.06.	78	5266	146	7,6	100	16000	62	30		
18.06.	60	3032	190	8,4	78	5440	143	30		
19.06.	82	3976	207	7,0	98	13500	72	30		
20.06.	70	4434	158	9,0	94	7782	120	30		
21.06.	76	3954	192	3,4	98	14114	63	25		
22.06.	54	3336	161	4,0	82	5788	141	30		
23.06.	86	5562	154	10	96	10336	92	32		
24.06.	86	4856	177	14	98	11450	85	30		
25.06.	80	4688	170	12	90	6370	141	58		
26.06.	82	4684	175	9,6	98	11500	85	50		
27.06.	79	4380	80	5,0	100	16060	60	50		
28.06.	84	5972	140	4,6	92	10234	89	50		
29.06.	88	4824	182	4,8	98	9840	99	50		
30.06.	82	4632	175	4,0	98	11640	82	50		
1.07.	46	2574	179	11	100	12910	77	50		



Porównanie wyników analizy biologicznej osadu czynnego w komorze z zastosowaniem powietrza i w komorze z zastosowaniem czystego tlenu zmiast powietrza. Druga seria badań.

Tablica 7-19

Organizmy	Nr próby	Układ z zastosowaniem powietrza			Układ z zastosowaniem tlenu		
		2.VI.1976	16.VI.1976	29.VI.1976	2.IV.1976	13.VI.1976	29.VI.1976
<b>Obserwacje makroskopowe</b> Barwa Opadłość Ciężar red osadem	1	brunatna słaba mętno-brunatna	brunatna słaba mętno-brunatna	brunatna słaba mętno-brunatna	brunatna słaba mętno-brunatna	brunatna słaba mętno-brunatna	brunatna dobra mętno-brunatna
<b>Obserwacje mikroskopowe osadu</b> Struktura Kształt		luźna nieregularny	luźna nieregularny	luźna nieregularny	luźna nieregularny	luźna nieregularny	szlita nieregularny
Kształki w 100cm <sup>3</sup> Wymiary kształtków Szerokość $\mu$ m Długość $\mu$ m		980 000 17-70 52-220	940 000 8-50 18-190	1208 000 10-52 23-240	1392 000 15-73 26-310	1580 000 38-120 74-500	1500 000 30-152 93-540
Bacterioplukta Sphaerotillius sp Beggiatoa sp		38 000	176 000	270 000	18 000	54 000	140 000
Fungi Protozoa Mastigophora		-	10 000	-	6 000	-	-
Ciliata wolno pływające osiadłe		34 000 12 000	2 000	600	18 000 4 600	6 000	4 000
Acridiacea sp Epistyllis sp Litonotus sp Podophrya sp		6 000 6 000 28 000 600	2 000	-	8 000 4 000 10 000	4 000 4 000 30 000	10 000 3 000 10 000 2 000
Opercularia sp Paramoecium sp Vorticella sp		-	-	-	-	2 000	600
Rotatoria		600	-	-	4 000	4 000	2 000

Tablica 7-20

Wyniki badań własności fizyko-chemicznych ścieków celulozowych po oczyszczeniu biologicznym metodą osadu czynnego w układzie powietrznym. Druga seria badań.

Numer badania data	Odczyn pH	ChZT mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Utlenialność mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Berwa mgPt/dm <sup>3</sup>	BZT <sub>5</sub> mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Zawiesina ogólna mg/dm <sup>3</sup>	Związki lignin. mg/dm <sup>3</sup>	UWAGI
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 /13.05./	7,9	800	285	1400	21			q = 3,6 dm <sup>3</sup> /h stopień recyrkulacji n = 100 %
2 /14.05./	7,0	510	260	1200	27			
3 /16.05./	7,4	530	245	1500	20			
4 /17.05./	7,3	550	260	1500	27			
5 /18.05./	7,7	580	285	1400	34			
6 /19.05./	8,0	650	305	1100	35			
7 /20.05./	7,0	590	250	1000	26			
8 /21.05./	7,2	670	320	1200	26,5			
9 /22.05./	7,2	750	260	1200	26			
10 /24.05./	7,3	380	235	800	32			
11 /25.05./	7,2	390	245	1000	24			
12 /26.05./	7,1	470	230	800	12			
13 /27.05./	7,4	620	285	1000	22			
14 /28.05./	7,7	620	275	800	23			
15 /29.05./	7,2	550	240	800	145			
16 /30.05./	7,1	560	245	800	20			
17 /31.05./	7,1	510	320	1200	27			
18 /1.06./	7,5	400	320	750	30,8			
19 /2.06./	7,2	400	210	750	29	2,4	q = 7,2 dm <sup>3</sup> /h stopień recyrkulacji = 100 %	
20 /3.06./	8,0	400	195	600	20	6,8		
21 /4.06./	7,6	610	270	750	19	47		
22 /5.06./	7,1	530	250	750	35	40		27
23 /6.06./	7,2	510	265	900	23	42		28
24 /7.06./	7,7	560	290	800	69	67,6		30
25 /8.06./	7,9	580	285	800	38	14,4		25
26 /9.06./	6,8	550	245	1000	19	46		20,5
27 /10.06./	8,0	610	305	900	27	43		26,5
28 /11.06./	8,0	610	305	900	22	40		24
29 /12.06./	6,8	620	255	900	14,5	26,6	25	
30 /13.06./	7,0	700	295	900	52,5	76	27,5	
31 /14.06./	8,0	550	325	900	26	58	65	q = 10,8 dm <sup>3</sup> /h stopień recyrk. n = 100 %
32 /15.06./	7,4	600	305	900	92	96	73	
33 /16.06./	6,9	690	330	900	95	62	60	
34 /17.06./	7,1	700	370	900	38	34	63,5	
35 /18.06./	8,0	630	300	900	36	48	68	
36 /19.06./	8,3	560	200	900	34	69	75,5	
37 /20.06./	7,9	310	305	900	83	73,5	73,2	
38 /21.06./	7,1	810	320	900	120	73,5	68	
39 /23.06./	7,5	690	295	900	-	52,5	31,6	q = 7,2 dm <sup>3</sup> /h stopień recyrk. n = 100 %
40 /24.06./	8,0	690	305	900	140	80	54,8	
41 /25.06./	7,8	530	286	900	79	80	34,8	
42 /26.06./	7,0	430	240	900	44	65	36	
43 /27.06./	7,3	580	280	900	64,8	60	45,2	
44 /28.06./	8,2	450	245	900	33	82,5	43,6	
45 /29.06./	8,7	640	300	800	36	74	42,0	
46 /30.06./	7,0	600	280	800	58	68	38,8	
47 /1.07./	8,4	530	280	800	31,5	78	40,6	



Tablica 7-21

Wyniki badań własności fizyko chemicznych ścieków celulozowych po oczyszczaniu biologicznym metodą osadu czynnego w układzie tlenowym. Druga seria badań.

Numer badania data	Odczyn pH	ChZT mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Utlenial- ność mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Barwa mgPt/dm <sup>3</sup>	BZT <sub>5</sub> mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	Sawiesina ogólna mg/dm <sup>3</sup>	Związki ligninowe mg/dm <sup>3</sup>	UWAGI
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 /13.05./	7,2	760	260	1400	31			q = 3,6 dm <sup>3</sup> /h stopień recyrkulacji n = 100 %
2 /14.05./	6,5	470	260	1200	27			
3 /16.05./	6,9	520	260	1500	24			
4 /17.05./	6,6	550	275	1500	22			
5 /18.05./	6,9	560	250	1400	36			
6 /19.05./	7,2	630	330	1100	28			
7 /20.05./	7,0	560	245	1000	32			
8 /21.05./	7,0	620	315	1100	26			
9 /22.05./	7,0	670	255	1200	25			
10 /24.05./	6,9	400	245	800	21			
11 /25.05./	6,8	380	250	1000	16,5			
12 /26.05./	6,5	500	250	900	16,5			
13 /27.05./	6,7	580	280	700	16,5			
14 /28.05./	6,9	620	260	800	13			
15 /29.05./	7,0	540	240	800	30			
16 /30.05./	6,8	540	250	800	10			
17 /31.05./	7,1	520	260	1200	28			
18 /1.06./	6,7	420	215	750	19,8			
19 /2.06./	7,4	420	215	750	32	4,8		
20 /3.06./	7,8	450	200	600	25	4,4		
21 /4.06./	7,4	510	240	750	56	18		
22 /5.06./	7,0	510	245	750	44	49		
23 /6.06./	6,6	540	270	900	33,5	70	28,5	
24 /7.06./	6,8	480	265	800	37	3;2	28;5	
25 /8.06./	7,7	520	305	800	20	19,6	27,5	
26 /9.06./	7,4	520	260	1000	36	11,7	21,5	
27 /10.06./	6,9	560	305	900	20	45	25,5	
28 /11.06./	7,1	600	335	900	20	97	27	
29 /12.06./	6,2	600	245	900	25	28,6	24,5	
30 /13.06./	6,0	610	270	900	9	47,2	26	
31 /14.06./	7,7	480	340	900	15	58	62	
32 /15.06./	7,1	600	265	900	21,5	43,2	73	
33 /16.06./	6,7	740	330	900	51	69,4	63,5	
34 /17.06./	7,5	650	270	900	37	47,2	63,5	
35 /18.06./	7,8	600	270	900	32	86	68	
36 /19.06./	7,5	610	170	900	34	60	70,5	
37 /20.06./	7,3	780	305	900	38	70	54	
38 /22.06./	7,2	780	300	900	44	70	62	
39 /23.06./	6,9	700	315	900	-	54,5	62	
40 /24.06./	7,0	690	355	900	148	82	75,6	
41 /25.06./	7,3	540	280	900	24	76	61,6	
42 /26.06./	7,0	430	235	900	27	63	74,4	
43 /27.06./	7,5	420	240	900	19,8	62	38,0	
44 /28.06./	7,8	850	350	900	21	97	56	
45 /29.06./	8,0	540	285	900	26	63	42	
46 /30.06./	7,5	570	285	800	52	65	54	
47 /1.07./	8,3	700	290	900	31	75	46	

q = 7,2 dm<sup>3</sup>/h  
stopień recyrkulacji n = 100 %

q = 10,8 dm<sup>3</sup>/h  
rec. 100 %

q = 16 dm<sup>3</sup>/h  
stopień recyrkulacji n = 100 %

Tablica 7-22

Porównanie przebiegu procesu nitryfikacji w układzie powietrznym i w układzie tlenowym oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego. Druga seria badań.

Data i numer kolejny badań	Układ z napowietrzaniem				Układ z czystym tlenem			
	Fosfor P mgP/dm <sup>3</sup>	N <sub>NH<sub>4</sub></sub> mgN <sub>NH<sub>4</sub></sub> /dm <sup>3</sup>	N <sub>NO<sub>2</sub></sub> mgN <sub>NO<sub>2</sub></sub> /dm <sup>3</sup>	N <sub>NO<sub>3</sub></sub> mgN <sub>NO<sub>3</sub></sub> /dm <sup>3</sup>	Fosfor P mgP/dm <sup>3</sup>	N <sub>NH<sub>4</sub></sub> mgN <sub>NH<sub>4</sub></sub> /dm <sup>3</sup>	N <sub>NO<sub>2</sub></sub> mgN <sub>NO<sub>2</sub></sub> /dm <sup>3</sup>	N <sub>NO<sub>3</sub></sub> mgN <sub>NO<sub>3</sub></sub> /dm <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 /21.05./	0,37	2,9	śl.	-	3,45	2,45	0,02	-
2 /22.05./	1,2	4,1	0,0	-	3,15	3,80	0,0	-
3 /25.05./	0,4	6,0	0,0	-	1,53	10,4	0,0	-
4 /29.05./	0,8	5,4	-	-	0,4	5,0	-	-
5 /30.05./	1,0	5,2	śl.	1,04	3,4	15,2	śl.	1,04
6 /31.05./	3,6	4,1	0,0	0,4	1,05	3,9	0,0	0,5
7 /1.06./	1,47	3,6	0,0	0,5	0,51	3,4	0,0	0,64
8 /2.06./	4,38	7,0	0,0	0,72	0,39	3,1	0,0	0,72
9 /3.06./	1,05	3,6	0,044	0,50	śl.	3,0	0,025	0,50
10 /4.06./	0,6	4,4	0,0	-	śl.	3,4	0,0	-
11 /5.06./	1,23	5,2	0,0	-	0,5	6,2	0,0	-
12 /6.06./	1,35	4,5	0,0	0,50	1,11	3,0	0,0	11
13 /7.06./	1,65	5,0	0,037	1,05	0,075	30	0,047	1,0
14 /8.06./	0,16	5,0	0,00	1,15	0,075	4,6	0,0	0,44
15 /9.06./	2,31	2,8	0,0	-	1,60	2,2	0,0	-
16 /10.06./	2,56	-	0,0	-	2,22	-	0,0	-
17 /11.06./	5,1	5,0	0,0	1,16	4,0	5,0	0,0	1,25
18 /12.06./	4,82	1,0	0,01	0,84	4,5	2,25	0,015	0,70
19 /13.06./	2,4	6,3	śl.	1,2	1,35	14,7	śl.	0,72
20 /14.06./	0,22	3,4	śl.	0,5	0,79	2,60	śl.	0,5
21 /15.06./	1,21	1,5	0,0	1,03	0,082	0,5	0,0	0,88
22 /16.06./	6,82	4,1	śl.	0,61	0,51	2,4	śl.	0,73
23 /17.06./	1,81	2,6	0,0	0,73	0,16	2,6	0,0	0,43
24 /18.06./	0,6	3,0	śl.	0,80	0,165	3,0	śl.	0,80
25 /19.06./	0,03	4,0	śl.	0,57	śl.	3,6	śl.	0,69
26 /20.06./	4,03	4,5	śl.	0,91	śl.	3,4	śl.	0,58
27 /22.06./	4,05	5,2	śl.	1,09	3,12	4,5	śl.	1,09
28 /23.06./	4,95	15,7	śl.	1,08	4,95	5,1	śl.	1,08
29 /24.06./	18,6	20,0	śl.	1,26	5,13	6,7	śl.	1,05
30 /25.06./	4,2	5,6	śl.	1,02	18,0	19,2	śl.	1,05
31 /26.06./	0,81	4,7	0,0	0,96	0,36	4,3	0,0	0,96
32 /27.06./	2,6	3,8	0,0	0,80	1,06	-	śl.	0,84
33 /28.06./	0,12	3,8	0,0	0,61	śl.	2,4	0,0	0,66
34 /29.06./	2,94	4,9	śl.	1,24	0,9	9,0	śl.	1,0
35 /30.06./	4,41	10,7	śl.	1,30	1,08	4,6	śl.	1,26
36 /1.07./	śl.	6,8	śl.	1,18	0,34	5,6	śl.	0,98



Tablice 7-23  
 Efekty zaniejszenia podstawowych wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych w wyniku biologicznego oczyszczania metodą osadu czynnego w układzie modelowym z zastosowaniem powietrza I w układzie z zastosowaniem czystego tlenu

Data badanie	Zm ChZV		Układ powietrzny		Zm BZV <sub>5</sub>		Zm zw. l. - osadu zed. Enia.		Układ I		Zm BZV <sub>5</sub>		Zm zw. l. - osadu zed. Enia.	
	Zm	ChZV	Zm	utlen.	Zm	BZV <sub>5</sub>	Zm	Enia.	Zm	utlen.	Zm	BZV <sub>5</sub>	Zm	Enia.
1 /13.05./	33	41	20	92	-	0,15	36,6	44,7	20	87,6	-	0,116		
2 /14.05./	51	43	14	63	-	0,074	54,8	43,8	14,3	83,1	-	0,065		
3 /16.05./	47	46	0	93	-	0,145	48	52,5	0	91	-	0,109		
4 /17.05./	47	39	0	88	-	0,123	47	36	0	90	-	0,123		
5 /18.05./	47	38	6	89	-	0,186	49	45,6	6	88,5	-	0,171		
6 /18.05./	52	48	0,3	84	-	0,151	53,7	44	8,3	87	-	0,098		
7 /20.05./	45	28	0	90	-	0,156	48,1	50	0	88	-	0,12		
8 /21.05./	41	38	0	91	-	0,129	45	39,4	0	91,2	-	0,116		
9 /22.05./	37	42	14	89	-	0,121	44,2	43,3	14,3	89,4	-	0,10		
10 /25.05./	49	34	0	85	-	0,051	40,6	32,4	0	90	-	0,067		
11 /26.05./	47	50	27	95	-	0,123	43,2	45,6	10,2	93,5	-	0,105		
12 /27.05./	40	45	0	90	-	0,15	51,6	43,2	36,4	92,5	-	0,105		
13 /28.05./	44	40	11	92	-	0,237	43,6	43,5	11	95,4	-	0,125		
14 /29.05./	46	29	20	94	-	0,347	47	29,4	20	87	-	0,227		
15 /30.05./	44,5	26	20	92	-	0,43	46,5	24,2	20	95,9	-	0,242		
16 /31.05./	49,5	13,5	0	90	-	0,63	46,5	29,7	0	90	-	0,316		
17 /1.06./	61	37	37	85	-	0,23	59,2	38,6	37,5	90,2	-	0,18		
18 /2.06./	65	47,5	25	91	-	0,369	63,8	46,3	25	89,8	-	0,27		
19 /3.06./	61,5	41	45	93	-	0,355	52,9	39,4	45,5	91	-	0,358		
20 /4.06./	53	40	32	91,5	-	0,237	60,8	46,7	31,8	75	-	0,165		
21 /5.06./	54	39	25	75	-	-	56	40,2	25	-	-	-		
22 /6.06./	51	39	10	79	-	0,195	46,1	34,1	10	80,6	-	0,131		
23 /7.06./	51	35,5	20	72	-	0,217	58,3	41,1	20	84,9	-	0,19		
24 /8.06./	41	29	20	87	-	0,27	46,9	23,6	20	93,3	-	0,277		

cad. tablica 7-23

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
25 / 9.06. /	45	44	0	67,3	39	0,187	48	40,9	0	76	348	0,178
26 / 10.06. /	52,4	50	35,7	85,4	34	0,219	45,6	46,5	35,7	89,2	36,2	0,125
27 / 11.06. /	56,7	51	25	93	57	0,346	57,4	46	25	93,5	51,8	0,54
28 / 12.06. /	57,5	49	25	94,5	53,7	0,314	58,9	51	25	90,9	55,5	0,183
29 / 13.06. /	45,7	22	10	69	45	0,222	52,7	28,5	10	94,7	48	0,12
30 / 14.06. /	53,4	29	10	89	21	0,61	59,3	26	10	93,6	24,2	0,225
31 / 15.06. /	52	40	25	64,6	23	0,32	52	50	25	92	23,1	0,311
32 / 16.06. /	34	17,5	25	51,4	25	0,48	27,6	17,5	25	70,8	20,6	0,215
33 / 17.06. /	26	20	25	85	17	0,62	31,6	33,7	25	85,8	17	0,334
34 / 18.06. /	41,7	30	10	85,3	24,4	0,57	41,7	30,8	10	87	24,4	0,514
35 / 19.06. /	57,5	60	10	89	31	0,66	53,8	66	10	89,7	36,4	0,539
36 / 20.06. /	23,6	23,4	0	70,9	35,7	0,84	26,4	23,8	0	86,7	51,8	0,416
37 / 22.06. /	32,5	30,4	0	45,5	29,5	0,49	35	34,6	0	80	35,2	0,712
38 / 23.06. /	38	42	0	-	66	0,427	36,4	38,2	0	-	35	0,334
39 / 24.06. /	32,3	31	0	42,8	43	0,55	31,2	19,3	0	41	21,6	0,525
40 / 25.06. /	46,6	28,5	10	81,2	52	0,72	47,6	30	10	94,3	47	0,568
41 / 26.06. /	60,9	40	10	83,4	62	0,51	60,9	41,3	10	98,8	21	0,61
42 / 27.06. /	53,6	34,8	10	75,5	62,8	0,54	61,6	44,2	10	92,5	68,6	0,653
43 / 28.06. /	54	198	10	92,3	55	0,966	13,3	18,6	10	95,1	41,6	0,778
44 / 29.06. /	44,8	46	0	84,7	62,5	0,467	53,4	49,1	0	88,9	62,5	0,526
45 / 30.06. /	52,7	42,8	0	77,2	67	0,40	55,1	41,8	0	79,6	51,8	0,595
46 / 1.07. /	56,5	43,4	0	87,3	62,3	0,36	42,6	41,4	0	87,3	59,6	1,03



Tablica 7-24

Ilości osadu nadmiernego usuwanego w trakcie prowadzenia badań z układu powietrznego i z układu z zastosowaniem czystego tlenu. Druga seria badań.

Data przeprowadzenia badania	Układ z zastosowaniem powietrza			Układ z zastosowaniem tlenu			UWAGI
	Ilość osadu dm <sup>3</sup>	Stężenie osadu g/dm <sup>3</sup>	Masa osadu g	Ilość osadu dm <sup>3</sup>	Stężenie osadu g/dm <sup>3</sup>	Masa osadu nadmiern. g	
1	2	3	4	5	6	7	8
15.05.	1,8	6,002	10,8	3,2	7,312	23,4	
17.05.	1,75	5,510	9,64	1,5	13,994	2,1	
18.05.	6,0	9,608	57,65	1,6	8,686	13,9	
19.05.	6,0	9,852	59,1	5	11,858	59,3	
20.05.	1,5	8,256	12,38	1,75	11,616	20,33	
21.05.	1,0	8,058	8,06	1,0	9,296	9,3	
22.05.	1,0	7,661	7,66	1,0	9,530	9,5	
23.05.	1,6	6,624	10,6	1,0	7,366	7,37	
24.05.	1,0	5,710	5,71	1,0	8,590	8,59	
25.05.	1,5	8,052	12,08	1,0	9,962	9,96	
26.05.	2	9,088	18,18	1,5	11,060	16,59	
27.05.	1	8,058	8,06	1,5	5,510	8,25	
28.05.	-	-	-	-	-	-	
29.05.	1,5	9,798	14,7	1,5	8,442	12,66	
30.05.	2	12,540	25,08	1,5	10,998	16,5	
31.05.	-	-	-	-	-	-	
1.06.	-	-	-	-	-	-	
2.06.	1,0	9,00	9,00	1,0	9,6	9,6	
3.06.	-	-	-	-	-	-	
8.06.	1,25	10,000	12,5	1,0	10,720	10,72	
9.06.	1,65	10,720	17,69	1,0	10,720	10,72	
12.06.	3,0	7,950	23,85	-	-	-	
13.06.	6	9,016	54,12	-	-	-	
14.06.	9	5,580	50,22	1,0	10,622	10,62	
15.06.	11	6,760	74,36	1,5	9,372	14,05	
16.06.	8,0	4,210	33,68	-	-	-	
17.06.	-	-	-	0,8	10,200	8,16	
18.06.	5,0	4,106	61,5	2,4	13,104	31,44	
20.06.	40,0	4,794	191,76	1,5	17,794	26,7	
22.06.	-	-	-	1,5	13,722	20,58	
23.06.	5,0	4,802	24	1,0	8,896	8,9	
24.06.	5,0	4,000	20	1,0	9,332	9,3	
25.06.	11,0	4,494	49,5	1,5	13,033	19,5	
27.06.	6,0	2,285	13,71	2,0	6,180	12,36	
1.07.	-	-	-	6,0	10,330	62	

Tablica 7-25

Porównanie ilości osadu nadmiernego powstającego w układzie z zastosowaniem powietrza i w układzie z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza. Druga seria badań.

Oznaczenia	Układ z zastosowaniem powietrza				Układ z zastosowaniem tlenu			
	Okres I 2 tyg.	Okres II 2 tyg.	Okres III 1 tydz.	Okres IV 2 tyg.	Okres I 2 tyg.	Okres II 2 tyg.	Okres III 1 tydz.	Okres I 2 tyg.
1/ Średnie obciążenie osadu w /g BZT <sub>5</sub> /g smo/	0,20	0,30	0,61	0,50	0,11	0,24	0,37	0,70
2/ Łączny ładunek BZT <sub>5</sub> usunięty w danym okresie w /g/	306,5	552,7	396,5	351	306,7	560	459	1042
3/ Łączna ilość nadmiernego osadu czynnego w /g/	190	398	522	284	123	302,5	289	761
4/ Przyrost osadu w /g/g BZT <sub>5</sub> usun/	0,62	0,72	1,32	0,81	0,40	0,54	0,63	0,73
5/ Średni przyrost osadu w całym okresie badawczym w /g/g BZT <sub>5</sub> usun/	0,87							
6/ Średnie obciążenie osadu czynnego w całym okresie badawczym w /g BZT <sub>5</sub> /g os/	0,41							
	0,35							



Wyniki badań własności i odwadnialności nadmiernego osadu czynnego z układu powietrznego i tlenowego na drodze filtracji próżniowej i odwirowania. Próba osadu z dn.27.05.1976 r.  
 Druga seria badań.

Tablica 7-26

Oznaczenia	Jednostki	Osad z układu tlenowego		Osad z układu powietrznego	
		Filtracja próżn. p=0,6 at. BT-45	Odwirowanie n=2000obr/min t <sub>w</sub> =15 min	Filtracja próżn. p=0,6 at BT-45	Odwirowanie n=2000 obr/min t <sub>w</sub> =15 min
1/ Uwodnienie osadu surowego	%	99,29	99,29	99	99
2/ Stężenie osadu surowego	g/dm <sup>3</sup>	7,2	7,2	9,6	9,6
3/ Sucha pozostałość osadu surowego	%	0,71	0,71	1	1
4/ Zawartość subst.min. osadu surowego	%	21,8	21,8	18	18
5/ Uwodnienie osadu po filtr. i odwirowaniu	%	87,2	93,9	95,25	95,55
6/ Sucha pozostałość osadu po filtr. lub odwirowaniu	%	12,8	6,1	4,75	4,45
7/ Zawartość subst.min. po filtracji lub odwirowaniu	% 10 <sup>-11</sup> m/kg	14	13	12	12,5
8/ Opór filtracji	s	910	-	1200	-
9/ OSK		13	-	35	-

Tablica 7-27  
 Wyniki badań własności i odwadnialności nadmiernego osadu czynnego z układu powietrznego i tlenowego na drodze filtracji próżniowej i odwirowania. Próba osadu z dn.2.06.1976 r.  
 Druga seria badań.

Oznaczenia	jednostki	Osad z układu tlenowego		Osad z układu powietrznego	
		Filtracja próżn. p=0,6 at BT-45	Odwirowanie n=2000 obr/min tw-15 min	Filtracja próżn. p=0,6 at BT-45	Odwirowanie n=2000 obr/min tw-15 min
1/ Uwodnienie osadu surowego	%	99,04	99,04	99,09	99,09
2/ Stężenie osadu surowego	g/dm <sup>3</sup>	9,6	9,6	9,0	9,0
3/ Sucha pozostałość osadu surowego	%	0,96	0,96	0,91	0,91
4/ Zawartość subst. mineralnych os. surow.	%	16	16	12,8	12,8
5/ Uwodnienie osadu po filtr. lub odwirowaniu	%	91,75	93,3	90,65	93,9
6/ Sucha pozostałość osadu po filtr. lub odwirowaniu	%	8,25	6,7	9,35	6,1
7/ Zawartość subst. mineralnych po filtr. lub odwirowaniu	%	8	8,7	8,6	8,8
8/ Opór filtracji	10 <sup>11</sup> m/kg	540	-	730	-
9/ CSK	s	21	-	25	-



Tablica 7-28

Wyniki badań własności i odwadnialności nadmiernego osadu czynnego z układu powietrznego i tlenowego na drodze filtracji próżniowej i odwirowaniu. Druga seria badań.  
 Próba osadu z dn. 15.06.1976 r.

Oznaczenia	Jednostki	Osad z układu tlenowego		Osad z układu powietrznego	
		Filtracja próżn. p=0,6 at BT-45	Odwirowanie n=2000 obr/min tw=15 min	Filtracja próżn. p=0,6 at BT-45	Odwirowanie n=2000 obr/min tw=15 min
1/ Uwodnienie osadu surowego	%	98,65	98,65	98,8	98,8
2/ Stężenie osadu surowego	g/dm <sup>3</sup>	13,3	13,3	11,2	11,2
3/ Sucha pozostałość osadu surowego	%	1,35	1,35	1,2	1,2
4/ Zawartość subst. miner. osadu surowego	%	16	16	14	14
5/ Uwodnienie osadu po filtr. lub odwirowaniu	%	86,6	91,1	86,5	93,5
6/ Sucha pozostałość osadu po filtr. lub odwirowaniu	%	13,4	8,9	13,5	6,5
7/ Zawartość substancji minen. po filtracji lub odwirow.	‰	19,5	10	9	10,5
8/ Opór filtracji	10 <sup>-11</sup> m/kg	190	-	225	-
9/ C S K	s	20	-	25	-

Tablica 7-29

Wyniki badań własności i odwadnialności nadmiernego osadu czynnego z układu powietrznego i terenowego na drodze filtracji próżniowej i odwirowania. Druga seria badań.  
Próba osadu z dn. 28.06.1976 r.

Oznaczenia	Jednostki	Osad z układu tlenowego		Osad z układu powietrznego	
		Filtracja próżn. p=0,6 at BT-45	Odwirowanie n=2000 obr/min t <sub>w</sub> =15 min	Filtracja próżn. p=0,6 at BT-45	Odwirowanie n=2000 obr/min t <sub>w</sub> =15 min
1/ Uwodnienie osadu surowego	%	98,95	98,95	99,45	99,45
2/ Stężenie osadu surowego	g/dm <sup>3</sup>	11,0	11,0	5,6	5,6
3/ Sucha pozostałość osadu surowego	%	1,05	1,05	0,55	0,55
4/ Zawartość subst. miner. osadu surowego	%	14	14	17	17
5/ Uwodnienie osadu po filtr. lub odwirowaniu	%	89,8	93,1	92,5	93,2
6/ Sucha pozostałość osadu po filtracji lub odwirow.	%	10,2	6,9	7,5	6,8
7/ Zawartość subst. mineraln. po filtracji lub odwirowaniu	%	8,5	10,2	9	12,8
8/ Opór filtracji	10 <sup>-11</sup> m/kg	192	-	325	-
9/ CSK	s	25	-	26	-



Tablica 7-30

Zagęszczanie nadmierne osadu czynnego / z leja osadowego osadnika wtórne / z układu powietrznego I z układu stosującego czysty tlen zamiast powietrza • Druga seria badań.

Czas zagęszczenia t	Objętość warstwy zagęszczonego osadu w /cm <sup>3</sup>	Czas z układu powietrznego		Osad z układu tlenowego		U W A G I	
		Próba nr I	Próba nr II	Próba nr I	Próba nr II		
0		250	500	250	500	Uwodnienie początkowe osadu z układu powietrznego.	
15 min		250	500	249	495	Wpp I = 99,0 %	
30 min		249	497	242	490	Wpp II = 99,45 %	
1 h		249	495	246	475	Uwodnienie początkowe osadu z układu tlenowego	
2 h		248	490	244	457	W pt I = 99,29	
4 h		245	475	230	400	W pt II = 98,95	
8 h		235	455	220	320	Uwodnienie końcowe osadu z układu powietrznego	
16 h		225	415	192	270	WKp I = 98,82	
20 h		220	395	188	245	WKp II = 99,28	
24 h		212	385	182	205	Uwodnienie końcowe osadu z układu tlenowego	
72 h		155	250	153	150	WKf I = 93,0	
						WKf II = 97,5	

Tablica 7-31

Parametry technologiczne układów i średnie wyniki oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego z użyciem powietrza i z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza.

Oznaczenia	Jednostki	Układ z zastosowaniem powietrza			Układ z zastosowaniem czystego tlenu			
		Okres I	Okres II	Okres III	Okres I	Okres II	Okres III	Okres IV
Czas natleniania ścieków w komorze	h	5,5	3,7	11	3,7	2,2	5,5	11
Stopień recyrkulacji	%	130	100	100	100	70	50	100
Stężenie osadu w komorze	mg/dm <sup>3</sup>	2300	2000	1500	3000	2500	5200	4500
Obciążenie komory ładunkiem zanieczyszczeń	g BZT <sub>5</sub> /dm <sup>3</sup> .dn	0,86	1,69	0,48	1,71	2,67	0,91	0,61
Obciążenie osadu ładunkiem zanieczyszczeń	g BZT <sub>5</sub> /gd	0,39	0,94	0,36	0,54	1,22	0,24	0,12
Zużycie tlenu	g O <sub>2</sub> /g BZT <sub>5</sub> usun	-	-	-	-	-	1,35	1,25
Stężenie ścieków surowych /po mech.oczyszcz./								
ChZT	mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	1250	1260	1330	1250	1260	1360	1150
BZT <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	195	256	224	196	254	212	285
Utlenialność	mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	450	474	507	490	472	490	550
Barwa	mgPt/dm <sup>3</sup>	1310	1555	1630	1590	1555	1610	1690
Parametry ścieków oczyszczonych :								
ChZT	mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	651	850	664	883	928	692	545
BZT <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	35	73	30	46	73	44	16
Utlenialność	mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	278	323	262	350	374	250	260
Barwa	mgPt/dm <sup>3</sup>	1186	1300	1194	1367	1322	1192	1200
Zmniejszenie stopnia oczyszcz.								
BZT <sub>5</sub>	%	82	70	86	77	71	83	92
ChZT	%	48	32	51	29	27	50	53
Utlenialność	%	36	32	48	28	21	49	50
Barwa	%	9	16	26	14	14	25	28
Indeks osadu	cm <sup>3</sup> /g	350	460 <sup>x</sup>	520 <sup>x</sup>	224	230	170	160
Ilość osadu nadmiernego	gsm/g BZT <sub>5</sub> usun.	0,98	1,63	0,94	0,69	0,80	0,70	0,36
Stężenie tlenu w komorze	mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	2,0	1,0-2,0	2-5	8-10	10	8	10-12

x Osad w układzie powietrznym pod wpływem niekorzystnych zmian jakości ścieków doprowadzanych do oczyszczalni uległ tzw. "specjalnemu" co przejawiało się we wzroście indeksu osadowego i ucieczce osadu z osadnika.









Tablica 8-2  
Zestawienie optymalnych dawek koagulantów i uzyskiwanych efektów oczyszczania ścieków, uzyskiwanych w wyniku procesu koagulacji symultanicznej / ścieku celulozowe oczyszczone w układzie modelowym/.

Oznaczenie	Jednostki	Proces oczyszczania biologicznego bez koagulacji symultanicznej	Koagulacja symultaniczna Dawka 450 mg/l / 50 / 43 / dm <sup>3</sup>
1/ Odczyn ścieków oczyszczonych	pH	7,5	6,1
2/ Zmniejszenie barwy	%	5	83
3/ Zmniejszenie BZT <sub>5</sub>	%	85	91
4/ Zmniejszenie ChZT	%	43	67
5/ Zmniejszenie utlenialności	%	34	73
6/ Współczynnik przyrostu osadu w stosunku do usuniętego ChZT	g os./g ChZT	0,18	0,88
7/ Objętość powstających osadów biologiczno-chemicznych w stosunku do objętości ścieków	%	0,7	7

Zestawienie średnich efektów oczyszczania ścieków celulozowych w układzie dwustopniowym, chemicznie za pomocą tlenu wapnia i biologicznie metoda osadu czynnego.

Tablica 8-3

Oznaczenia	Jednostki	Stopień oczyszczania chemicznego	Stopień oczyszczania biologicznego metodą osadu czynnego /efekty łączne po oczyszczeniu chemicznym i biologicznym
1/ Odczyn ścieków po procesie	pH	7,9	7,8
2/ Zmniejszenie barwy	%	88	90
3/ Zmniejszenie BZT <sub>5</sub>	%	42	93
4/ Zmniejszenie ChZT	%	54	83
5/ Zmniejszenie utlenialności	%	65	83
6/ Objętość powstających osadów w stosunku do objętości ścieków	%	4	44
7/ Obciążenie osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń	gBZT <sub>5</sub> /gdn	-	0,23



Porównanie średnich efektów oczyszczenia ścieków celulozowych metodą osadu czynnego z użyciem powietrza I z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza .

Tablica 8-4

0 znaczenie	Jednostki	Układ z zastosowaniem "powietrza"				Układ z zastosowaniem "czystego tlenu"			
		Okres I	Okres II	Okres III	Okres IV	Okres I	Okres II	Okres III	Okres IV
1/ Czas natlenienia ścieków w komorze	h	11	5,5	5,5	37	11	5,5	3,7	2,2
2/ Stężenie osadu w komorze	$\frac{g}{dm^3}$	4,0	3,6	2,3	2,7	4,55	4,5	4,7	4,7
3/ Obciążenie osadu ładunkiem zanleczy szczeń	$\frac{gBZT_5}{gdn}$	0,20	0,30	0,50	0,61	0,11	0,24	0,37	0,70
4/ Zmniejszenie barwy	%	12	22	4	14	14	22	14	4
5/ Zmniejszenie BZT <sub>5</sub>	%	89	87	76	78	91	88	87	85
6/ Zmniejszenie ChZT	%	46	52	47	43	48	53	44	44
7/ Zmniejszenie utlenia- ności	%	43	38	38	33	43	39	39	36
8/ Przyrost osadu nad- miernego	$\frac{g}{gBZT_5}$ usun.	0,62	0,72	0,81	1,32	0,40	0,54	0,65	0,73
9/ Indeks osadu	$\frac{cm^3}{g}$	223	251	468 <sup>x</sup>	338 <sup>x</sup>	176	184	167	169

x - osad ulęgi tzw. spęcznienia



Zestawienie własności osadów powstających w procesach oczyszczania ścieków celulozowych biologicznie oczyszczonych metodą koagulacji wydzielennej oraz w procesie oczyszczania metodą koagulacji symultanicznej

Oznaczenie	Jednostki	Osad z koagulacji ścieków siarczanem glinowym	Osad z koagulacji ścieków siarczanem żelazawym	Osad z koagulacji ścieków siarczanem żelazawym z flokulantem	Osad chemiczno-biologiczny z koagulacji symultanicznej
1/ Uwodnienie osadu zagęszcz. / 2 h sediment. /	%	99,7-99,5	99,3-99,4	99,3	99,3
2/ Koncentracja suchej masy osadu zagęszczonego	g/dm <sup>3</sup>	3 - 4,75	6, - 7,0	7,0	7,2
3/ Zawartość substancji mineralnych w stosunku do suchej masy osadu	%	38 - 28	59	59	29
4/ Zawartość substancji organicznych w stosunku do suchej masy osadu	%	62-72	41	41	71
5/ Opór właściwy filtracji	10 <sup>11</sup> m/kg	150-690	280	260	128
6/ Uwodnienie osadu po odwirowaniu/n=2000 obr/min/	%	98,1	89,2	86,5	86,2
6/ Objętość osadu w stosunku do objętości oczyszczanych ścieków	%	23	20	18	7

170



Tablica 8-6  
 Właściwości osadów powstających w układzie chemiczno - biologicznym oczyszczania ścieków celulozowych /koagulacja tlenkiem wapniowym i oczyszczanie biologiczne metodą osadu czynnego/.

Oznaczenia	Jednostki	Osad pokoagulacyjny Ca/OH/2		Osad posaturacyjny CaCO <sub>3</sub>		Osad posaturacyjny z leja osadnika wtórnego	
		Zakres zmienności	Wartości średnie	Zakres zmienności	Wartości średnie	Zakres zmienności	Wartości średnie
1/ Uwodnienie osadu po zagęszcz. w leju osadowym osadnika	%	93,6-95,4	94,5	89,8-65,2	77,5	97,7-97,6	97,65
2/ Koncentracja suchej masy w osadzie zagęszczonym	g/dm <sup>3</sup>	64-45	55	90-432	232	22-24	23
3/ Zawartość subst. mineraln. w osadzie /w stosunku do sm/	%	86-90	88	97,5-99,9	99	29-26	27,5
4/ Uwodnienie osadu po filtr. próżniowej /p=0,6at, tkan. BT-16/	%	68,6-72	70,3	57,5-58,5	58	41-82	86,5
5/ Uwodnienie osadu po odwirow. /ilość obrotów n=200 obr/min/	%	80,4-78	79	65,2-66	65,6	79,6-85,5	82,6
6/ Masowy opór filtracji	kg/m <sup>2</sup> s	23-24	23,5	0,55-0,35	0,45	305-180	242
7/ Czas ssania kapilarnego	s	17-23	20	21-23	22	10-12	11
8/ Objętość osadów o danym uwodnieniu w stosunku do obj. ścieków oczyszcz.	%	-	3,5	-	0,5	-	0,4

Tablica 8-7

Porównanie w łasności nadmierne go osadu czynnego z układów "powietrznego" i tlenowego

Lp.	Własności osadu	Osad z układu tlenowego		Osad z układu powietrznego	
		Zakres zmienności	Wartości średnie	Zakres zmienności	Wartości średnie
1	Uwodnienie osadu po zagęszczeniu w leju osadowym osadnika w %	98,65-99,24	99,0	98,8-99,45	99,2
2	Koncentracja suchej masy w osadzie zagęszczonym g/dm <sup>3</sup>	7,2-13,7	10,6	5,6-11,7	9,0
3	Zawartość substancji mineralnych w osadzie /w stosunku do suchej masy/w %	16-22	17	14-17	15,4
4	Uwodnienie osadu po filtracji próżniowej /podciśnienie 0,6 at, tkanina filtracyjna BF-45/ w %	86,6-87,2	88,9	86,5-92,5	91,3
5	Uwodnienie osadu po odwirowaniu /Ilość obrotów 2000 obr/min/w %	91,9-93,9	92,7	93,2-95,5	94
6	Masowy opór filtracyjny w 10 <sup>14</sup> m/kg	190-910	460	325-1200	630
7	C S K /czas ssania kapilarnego/ w s.	13-20	19	25-33	27



Tablica 9-1

Porównanie wskaźników efektywności inwestycji E rozpatrywanych modelowych układów oczyszczalni ścieków celulozowych.

Wskaźniki ekonomicznej efektywności inwestycji	Jednostki	O c z y s z c z a l n i a o $q_1=10000m^3/dn$						O c z y s z c z a l n i a o $q_2=20000m^3/dn$						O c z y s z c z a l n i a o $q_3=50000m^3/dn$					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
E <sub>1</sub>	zł/m <sup>3</sup> s <sub>d</sub>	6,0	11,0	9,7	8,5	5,5	6,3	5,1	10,2	9,4	7,9	4,8	5,0	4,5	9,7	8,7	7,2	4,1	4,4
E <sub>2</sub>	zł/kg <sub>czst</sub> usun.	22,6	39,2	34,8	30,1	20,7	23,6	19,0	36,5	33,8	28,0	18,0	18,9	16,8	34,5	31,3	25,5	15,5	16,5
E <sub>3</sub>	zł/kg <sub>czst</sub> drom.	14,2	13,8	15,7	11,2	12,7	14,4	11,6	12,9	15,3	10,4	11,0	11,5	10,2	12,2	14,2	9,5	9,5	10,0
E <sub>4</sub>	zł/kg <sub>czst</sub> barwy usun.	140	18,7	13,7	11,2	129	146	118	16,9	13,3	10,4	111	117	104	15,9	12,3	9,4	96	102

- 1/ Układ mechaniczno-biologiczny oczyszczalni ścieków celulozowych /komory typu Targa/
- 2/ Układ oczyszczalni mechaniczno-biologicznej z doczyszczaniem ścieków metodą wydzielonej koagulacji /P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + CaO/
- 3/ Układ oczyszczalni mechaniczno-biologicznej z zastosowaniem koagulacji symultanicznej
- 4/ Układ mechaniczno-chemizno-biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych (zawieszenie cao)
- 5/ Układ mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych z zastosowaniem czystego tlenu
- 6/ Porównawczy układ mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych z zastosowaniem powietrza /wirniki typu Vortair/.

SPIS TREŚCI

1. Analiza ekonomiczna układu mechaniczno-biologicznego oczyszczania ścieków celulozowych .
  - 1.1. Schemat technologiczny układu mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych.
  - 1.2. Obliczenie kubatury poszczególnych urządzeń mechaniczno - biologicznego układu oczyszczania ścieków celulozowych.
  - 1.3. Zestawienie kosztów inwestycyjnych mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych.
  - 1.4. Zestawienie kosztów eksploatacyjnych modelowej mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych.
2. Analiza ekonomiczna mechaniczno-biologicznego układu oczyszczania ścieków celulozowych z zastosowaniem stopnia doczyszczania metodą wydzielonej koagulacji /po oczyszczeniu biologicznym/.
  - 2.1. Schemat technologiczny układu mechaniczno-biologiczno-chemicznej oczyszczalni .
  - 2.2. Obliczenie kubatury urządzeń mechaniczno-biologiczno-chemicznego układu oczyszczania ścieków.
  - 2.3. Zestawienie nakładów inwestycyjnych mechaniczno-biologicznych oczyszczalni ścieków celulozowych z dodatkowym stopniem chemicznego doczyszczania ścieków metodą wydzielonej koagulacji.
  - 2.4. Zestawienie kosztów eksploatacyjnych modelowej mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych z dodatkowym stopniem doczyszczania metodą koagulacji.
3. Analiza układu oczyszczania ścieków celulozowych z zastosowaniem koagulacji symultanicznej.



- 2 -
- 3.1. Schemat technologiczny układu mechaniczno - biologicznej oczyszczalni z zastosowaniem koagulacji symultanicznej.
  - 3.2. Obliczenie kubatury urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków z zastosowaniem koagulacji symultanicznej.
  - 3.3. Zestawienie nakładów inwestycyjnych mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych z zastosowaniem metody koagulacji symultanicznej za pomocą siarczanu glinowego.
  - 3.4. Zestawienie kosztów eksploatacyjnych mechaniczno - biologicznych oczyszczalni ścieków celulozowych z zastosowaniem koagulacji symultanicznej za pomocą siarczanu glinowego.
4. Analiza ekonomiczna układu mechaniczno - chemiczno - biologicznego oczyszczania ścieków celulozowych.
- 4.1. Schemat technologiczny układu mechaniczno - chemiczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych.
  - 4.2. Obliczenie kubatury poszczególnych urządzeń mechaniczno - chemiczno - biologicznego układu oczyszczania ścieków celulozowych.
  - 4.3. Zestawienie nakładów inwestycyjnych mechaniczno - chemiczno - biologicznych oczyszczalni ścieków celulozowych.
  - 4.4. Zestawienie kosztów eksploatacyjnych modelowej mechaniczno - chemiczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych.
5. Analiza ekonomiczna mechaniczno-biologicznego układu oczyszczania ścieków celulozowych z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza do natleniania komory osadu czynnego.

- 5.1. Schemat technologiczny układu mechaniczno- biologicznej oczyszczalni z zastosowaniem czystego tlenu oraz układu porównawczego z zastosowaniem powietrza.
- 5.2. Obliczenie kubatury urządzeń i zestawienie kosztów inwestycyjnych mechaniczno - biologicznych oczyszczalni z zastosowaniem czystego tlenu i z zastosowaniem powietrza.
- 5.3. Zestawienie kosztów eksploatacyjnych układu mechaniczno - biologicznej oczyszczalni z zastosowaniem czystego tlenu oraz porównawczego układu z zastosowaniem powietrza.



SPOSÓB PRZEPROWADZENIA ANALIZY EKONOMICZNEJ

1. Analiza ekonomiczna mechaniczno - biologicznego układu oczyszczania ścieków celulozowych.

1.1. Schemat technologiczny układu mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych.

Schemat technologiczny stosowanego w praktyce układu mechaniczno - biologicznego oczyszczania ścieków celulozowych przedstawiono na rysunku 9-1. Układ ten składa się z następujących urządzeń :

- a/ krata mechaniczna
- b/ piaskownik poziomy z mechanicznym usuwaniem i odwadnianiem piasku
- c/ urządzenie pomiarowe
- d/ osadniki wstępne /osad celulozowy usuwany i zwracany do produkcji/
- e/ komory osadu czynnego typu Inka
- f/ osadniki wtórne radialne
- g/ przepompownia ścieków i osadów recyrkulowanych
- h/ komory tlenowej stabilizacji nadmiernego osadu czynnego
- i/ zagęszczacz osadu po stabilizacji tlenowej
- j/ poletka do suszenia osadu ustabilizowanego
- k/ plac składowy suchego osadu.

1.2. Obliczenie kubatury poszczególnych urządzeń mechaniczno - biologicznego układu oczyszczania ścieków celulozowych.

Przyjęto uproszczony sposób obliczania urządzeń według czasów przetrzymywania ścieków i przechodzenia z objętości użytecznej na kubaturę budowlaną przyjmując współczynniki zwiększające wg Zamorskiego /85/.

Dla wszystkich trzech wielkości modelowych oczyszczalni ścieków dobieramy kraty z mechanicznym usuwaniem skratek. Kraty dobieramy według przepływu hydraulicznego ścieków celulozowych.

Do usuwania piasku przyjmujemy piaskownik poziomy o długości przepływu około 18 m, w którym czas przepływu ścieków wynosi około 1 minuty. Piaskownik jest wyposażony w urządzenie do mechanicznego usuwania, płukania i odwadniania piasku. Piasek może być suszony na poletkach lub bezpośrednio wywożony i używany do wypełnienia zagłębień terenowych.

Jako osadniki wstępne dobieramy z reguły osadniki radialne. Pojemność użytkową  $V_p$  komór przepływowych osadników wstępnych obliczamy ze wzoru

$$V_p = \alpha \cdot Q \cdot t \text{ /m}^3 \text{ /1/}$$

gdzie:

- $\alpha = 1,0$  - współczynnik uwzględniający dopływ wód infiltracyjnych. Przy kanalizacji zakładowej prowadzące ścieki celulozowe dopływ tych wód pomijamy,
- $t$  - czas sedymentacji ścieków, który przyjmujemy jako 6 godzin w oparciu o istniejące i działające oczyszczalnie ścieków celulozowych /Ostrołęka/,
- $Q$  - przepływ ścieków w  $\text{m}^3/\text{h}$ .

Kubaturę budowlaną osadników wstępnych obliczamy

$$V_p = \beta \cdot V_p \text{ /m}^3 \text{ /2/}$$

gdzie:

- $V_p$  - pojemność użytkowa osadnika w  $\text{m}^3$ ,
- $\beta$  - współczynnik zwiększający, który przyjmujemy dla
 

oczyszczalni o $q_1 = 10\ 000 \text{ m}^3/\text{dn}$	$\beta_1 = 1,9$
" " o $q_2 = 20\ 000 \text{ m}^3/\text{dn}$	$\beta_2 = 1,9$
" " o $q_3 = 50\ 000 \text{ m}^3/\text{dn}$	$\beta_3 = 1,8$



Osad z osadników wstępnych doprowadzany jest do produkcji i dlatego nie przewidujemy przepompowni tego osadu w układzie technologicznym oczyszczalni.

Objętość komory napowietrzania typu Inka obliczamy ze wzoru

$$V_K = Q_d \cdot t \quad /m^3/ \quad /3/$$

gdzie:

$Q_d$  - przepływ ścieków przez oczyszczalnię w  $/m^3/h/$ ,

$t$  - czas przetrzymywania ścieków w komorze w  $/h/$ ,

który na podstawie dotychczasowych doświadczeń eksploatacyjnych przyjmujemy 6 godzin.

Kubaturę budowlaną komory osadu czynnego obliczamy ze wzoru

$$V_b = \beta \cdot V_K \quad /m^3/ \quad /4/$$

Współczynnik przyjmujemy w zależności od wielkości oczyszczalni

$$\beta_1 = 1,8 \text{ dla oczyszczalni o } q_1 = 10\,000 \text{ m}^3/\text{dn}$$

$$\beta_2 = 1,6 \text{ dla oczyszczalni o } q_2 = 20\,000 \text{ m}^3/\text{dn}$$

$$\text{ i } q_3 = 50\,000 \text{ m}^3/\text{dn}$$

Pojemność użytkową części przepływowej osadników wtórnych radialnych oraz kubaturę budowlaną tych osadników obliczamy w podobny sposób jak w przypadku osadników wstępnych. Czas przetrzymania ścieków w osadnikach wtórnych, ze względu na spotykane wysokie indeksy osadu czynnego w procesie oczyszczania ścieków celulozowych przyjmujemy dość długi, bo wynoszący 6 godzin.

Do recyrkulowania osadu w układzie biologicznego oczyszczania ścieków oraz do przepompowywania ścieków czego nie pokazano na schemacie przepływowym na rysunku 6-1 przyjęto jedną wspólną pompownię. Wydajność przepompowni ścieków i osadu recyrkulowanego obliczamy ze wzoru :

$$Q_p = \gamma \cdot Q_d \quad /1 + n/ \text{ w } /m^3/h/ \quad /5/$$

gdzie:

$\gamma$  - współczynnik nierównomierności pracy pomp w stosunku do średniodobowej ilości ścieków

$\gamma = 1,5$  - dla oczyszczalni o  $q_1 = 10\ 000\ m^3/dn$  i  $q_2 = 20\ 000\ m^3/dn$ .

$\gamma = 1,4$  dla oczyszczalni o  $q_3 = 50\ 000\ m^3/dn$

$n$  - stopień recyrkulacji osadu, który przyjmujemy w wysokości  $0,7 / 70\ \%/$

$Q_d$  - godzinowy przepływ ścieków w  $/m^3/h/$ .

W układzie oczyszczania biologicznego ścieków metodą osadu czynnego powstają znaczne ilości osadów nadmiernych. Komora osadu czynnego pracuje przy obciążeniu  $A = 0,4\ g\ BZT_5/g\ dn$ . Dla tej wartości obciążenia współczynnik przyrostu osadu będzie wynosił:  $a = 0,8\ g/g\ BZT_5$  usuniętego.

Przy tych założeniach można obliczyć ilość powstającego nadmiernego osadu czynnego w ciągu doby :

$$G = Q \cdot S \cdot \eta \cdot a \quad /kg/dn/ \quad /6/$$

gdzie:

$Q$  - dobowy przepływ ścieków przez układ oczyszczalni w  $m^3/dn$

$S$  - stężenie ścieków po mechanicznym oczyszczaniu w  $g\ BZT_5/m^3$

$\eta$  - stopień zmniejszenia  $BZT_5$  ścieków w stopniu biologicznego oczyszczania /  $\eta = 0,85/$

$a'$  - współczynnik przyrostu osadu w  $g/g\ BZT_5$  usun.

Na podstawie przeprowadzonych badań określamy, że osad nadmierny posiada uwodnienie około  $99,2\ \%$  /po zagęszczeniu w leju osadowym osadnika wtórnego/. Koncentracja osadu nadmiernego wynosi  $z = 9\ kg/m^3$ .

Objętość powstającego osadu nadmiernego obliczamy następująco

$$V = \frac{G}{z} \quad /m^3/dn/ \quad /7/$$



gdzie :

G - dobowy przyrost osadu nadmiernego w kg/dn

z - koncentracja osadu nadmiernego w kg/m<sup>3</sup>

Do stabilizacji osadu zastosowano metode przedluzonego napowietrzania. Objętość komory utleniania /oksydacji/ osadu obliczamy

$$V_k = t \cdot V_{os} \quad /m^3/ \quad /8/$$

gdzie :

V<sub>os</sub> - dobowa objętość osadu nadmiernego

t - czas oksydacji osadu, który przyjmujemy t = 7 dni.

Kubature budowlaną komór oksydacji obliczamy podobnie jak kubature budowlaną komór osadu czynnego. Całkowita kubatura komory napowietrzania osadu czynnego i komory oksydacji osadu nadmiernego wynosi

$$V_c = V_b + V_{box} \quad /m^3/ \quad /9/$$

W wyniku procesu oksydacji uwodnienie osadu czynnego ulega niewielkiemu obniżeniu. Na podstawie doświadczeń eksploatacyjnych /86,87/, można przyjąć, że uwodnienie osadu po stabilizacji tlenowej wynosi około 99 %. Osad ustabilizowany jest przesyłany do zagęszczacza w celu zmniejszenia uwodnienia. Objętość zagęszczacza grawitacyjnego z mieszaniem, obliczamy następująco :

$$V_z = \frac{V_{os}}{24} \cdot T_{os} \quad /m^3/ \quad /10/$$

gdzie:

V<sub>os</sub> - dobowa objętość osadu nadmiernego w /m<sup>3</sup>/dn/

T<sub>os</sub> - czas zagęszczania przyjmowany jako 6 h .

Kubature budowlaną zagęszczacza obliczamy

$$V_b = \beta \cdot V_z \quad /m^3/ \quad /11/$$

gdzie:

$V_z$  - objętość użyteczna zagęszczacza w  $/m^3/$

$\beta$  - współczynnik przyjmowany w zależności od wielkości oczyszczalni

$\beta_1 = 1,8$  dla  $q_1 = 10\ 000\ m^3/dn$  i  $q_2 = 20\ 000\ m^3/dn$

$\beta_2 = 1,8$  dla  $q_3 = 50\ 000\ m^3/dn$ .

W wyniku procesu zagęszczania grawitacyjnego uwodnienie osadu spada do wielkości około 97 %.

Objętość osadu po zagęszczeniu wynosi

$$V_z = \frac{V_1 / 100 - W_z /}{/100 - W_1 /} \quad /m^3/ \quad /12/$$

gdzie:

$V_z$  - objętość osadu po zagęszczeniu w  $m^3$

$V_1$  - objętość osadu przed zagęszczeniem w  $m^3$

$W_z$  - uwodnienie osadu po zagęszczeniu w %

$W_1$  - uwodnienie osadu przed zagęszczeniem w %.

Do odwadniania osadów przyjmujemy zasadniczo poletka osadowe. Osad po stabilizacji tlenowej wymaga około 1,5 krotnie większej powierzchni w porównaniu z odwadnianiem osadów po fermentacji metanowej dla którego przyjmuje się 1,8 m warstwę zalewową w ciągu roku /86/, /87/. Powierzchnię poletek osadowych obliczamy dla okresu rocznego

$$F_{pol} = \frac{V_{os_z} \cdot 365 \cdot 1,5}{1,8} \quad /m^2/ \quad /13/$$

Osad po wysuszeniu na poletkach osadowych magazynowany jest na tzw. poletkach do składowania osadów. Dla ścieków celulozowych obliczamy wskaźnik RLM /równoważna liczba mieszkańców/ i przyjmujemy jednostkową ilość osadu wysuszonego  $b_1 = 0,1\ dm^3/MR.dn$ .



Dla ścieków bytowo - gospodarczych wskaźnik ten jest dwukrotnie większy. Ponadto przyjmujemy wysokość składowania osadu wysuszonego  $h = 1,0$  m, a z powodu zapotrzebowania na dojazdy i przejazdy zwiększamy powierzchnie poletek o 40 %. Jednostkowe zapotrzebowanie terenu składowego wynosi

$$f_{pi} = \frac{1,4 \cdot b \cdot 365}{2 \cdot 1000 \cdot l} = 0,025 \text{ m}^2/\text{M a} \quad /14/$$

przy założeniu dwukrotnego wywożenia osadu i wykorzystaniu go do celów rolniczych. Zapotrzebowanie terenu pod poletka do składowania osadu wysuszonego wynosi

$$F = f_{pi} \cdot RLM \quad /m^2/ \quad /15/$$

gdzie :

$f_{pi}$  - jest jednostkowym zapotrzebowaniem powierzchni wynoszącym  $f_{pi} = 0,025 \text{ m}^2/\text{M a}$ .

Dla odwadniania osadów po stabilizacji tlenowej dla oczyszczalni o przepływie  $q = 50\ 000 \text{ m}^3/\text{dn}$  celowe wydaje się rozważenie wariantu zastosowania zamiast poletek osadowych także wirówek sedymentacyjnych. Do odwadniania mechanicznego można zastosować wirówki sedymentacyjne typu "Sharpless SDC" firmy Penwalt Ltd. Uwodnienie osadu po odwirowaniu wynosi 90 %.

Przewiduje się zastosowanie dawkowania do osadu przed odwirowaniem flokulantu Rokrysol WF-2 w ilości 2 g/kg sm o.

W układzie oczyszczania biologicznego powietrze sprężone dostarczane jest ze stacji wentylatorów. Wydajność stacji wentylatorów obliczamy

$$Q_w = i \cdot V_c \quad /m^3/h/ \quad /16/$$

gdzie:

$i = 15 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ h}$  - intensywność napowietrzania

$V_c$  - objętość komór napowietrzania i stabilizacji osadu  $\text{wm}^3$ .

1.3. Zestawienie kosztów inwestycyjnych mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych.

Jednostkowe wskaźniki kosztów inwestycyjnych dla poszczególnych obiektów oczyszczalni przyjęto wg Zamorskiego /85/ przy uwzględnieniu współczynnika wzrostu kosztów od roku 1969 do 1977 r. w wysokości 1,62 /88,89/. Ponadto przy określaniu nakładów inwestycyjnych na obiekty oczyszczalni modelowej wykorzystano projekty oczyszczalni ścieków celulozowych wykonywane przez biura specjalistyczne /90,91/. Zestawienie jednostkowych kosztów i koszt poszczególnych urządzeń wynikający z ich kubatury dla trzech rozpatrywanych wielkości układu modelowego zestawiono w tablicach /1/, /2/, /3/, /4/. W tablicach tych zestawiono sumę nakładów na podstawowe obiekty technologiczne oraz sumę całkowitych nakładów inwestycyjnych. Współczynniki a i b wynikają z wewnętrznej struktury kosztów mechaniczno - biologicznych oczyszczalni ścieków

Współczynnik "a" określono

$$a = \frac{J_p}{J_{p_1}} = 1,21 \quad /17/$$

gdzie  $J_p$  są nakładami podstawowymi, a  $J_{p_1}$  nakładami na podstawowe obiekty technologiczne, których wielkość mogła być ustalona na podstawie przyjętych schematów i parametrów technologicznych.

Współczynnik "b" określono

$$b = \frac{I_c}{I_p} = 1,67 \quad /18/$$

gdzie  $I_c$  są nakładami inwestycyjnymi dla całego zakładu /oczyszczalni/. Wartość współczynnika b uwzględnia 10 % rezerwę na nieprzewidziane wydatki i roboty.



W tablicy 1 zawarto zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych o przepustowości  $q = 10\ 000\ m^3/dn$ . Suma nakładów na poszczególne urządzenia wynosi przeszło 45 mln. zł. Natomiast całkowite nakłady inwestycyjne wyniosły przeszło 91 mln zł.

W tablicy 2 zawarto zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków o przepustowości  $q = 20\ 000\ m^3/dn$ . Całkowite nakłady inwestycyjne na budowę tej oczyszczalni wyniosły 145 mln zł.

W tablicy 3 zawarto zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych o przepustowości  $q = 50\ 000\ m^3/dn$ . W analizowanym układzie do odwadniania ustabilizowanych osadów zastosowano poletka osadowe. Całkowite koszty inwestycyjne oczyszczalni wynosiły 300 mln zł. Natomiast w tablicy 4 zawarto zestawienie kosztów budowy oczyszczalni o takiej samej przepustowości  $/50\ 000\ m^3/dn/$ , ale zamiast poletek osadowych do odwadniania ustabilizowanych tlenowo osadów przewidziano zastosowanie wirówek sedymentacyjnych. Całkowite nakłady inwestycyjne były niższe w przypadku zastosowania wirówek sedymentacyjnych, gdyż wyniosły 258 mln zł.

#### 1.4. Zestawienie kosztów eksploatacyjnych modelowej mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych.

Na koszty eksploatacyjne oczyszczalni ścieków składają się koszty obsługi urządzeń, koszty zużytej energii elektrycznej,

koszty reagentów używanych przy oczyszczaniu ścieków i odwadnianiu osadów ściekowych, koszty remontów kapitalnych, bieżących, koszty ogólne, koszty amortyzacji. <sup>Pomijamy</sup> koszty ogrzewania i koszty wody używanej do celów technologicznych i pitnych ze względu na ich stosunkowo niedużą wielkość w porównaniu z poprzednimi składnikami kosztów eksploatacyjnych.

Koszty obsługi urządzeń przyjęto na podstawie analizy projektów oczyszczalni ścieków celulozowych /90, 91/ odniesionych do przepustowości urządzeń zbliżonych do przepustowości rozpatrywanych układów modelowych.

Przykładowe zestawienie kosztów obsługi dla oczyszczalni modelowej o przepustowości 20 000 m<sup>3</sup>/dn oraz elementy rachunku tych kosztów zestawiono w tablicy 5. Podobnie obliczane koszty obsługi dla innych przepustowości analizowanych układów oczyszczalni modelowych.

Przy oczyszczaniu, do ścieków celulozowych dodawane są substancje pożytkowe takie jak woda amoniakalna i fosforan trójsodowy. Ilość dawkowanej 25 % wody amoniakalnej wynosi 0,084 kg/m<sup>3</sup> ścieków przy cenie 7830 zł/tonę. Ilość dawkowanego fosforanu trójsodowego wynosi 0,025 kg/m<sup>3</sup> ścieków przy cenie 6990 zł/tonę reagentu. Ponadto do gaszenia piany powstającej w komorach napowietrzania ścieków zużywany jest związek chemiczny o nazwie "Spumol" w ilości 5 g/m<sup>3</sup> ścieków. Cena "Spumolu" wynosi 11 850 zł/tonę. Przy obliczaniu kosztów reagentów w ciągu okresu roku uwzględniamy 3 % dodatek od sumy całkowitej na koszty zakupu.

Przy obliczaniu zużycia energii elektrycznej korzystamy z ogólnej formuły według której sumujemy następujące elementy

$$e = e_1 + e_2 + e_3 \quad /kWh/ \quad /19/$$



gdzie:

$e_1$  - energia zużyta na pompowanie ścieków i osadów

$e_2$  - energia zużyta na zredukowanie ładunku zanieczyszczeń, przyjmujemy 1 kWh/l kg BZT<sub>5</sub> zredukowanego /w przypadku użycia wirników mechanicznych/

$e_3$  - energia zużyta na napowietrzanie ścieków w procesie biologicznego oczyszczania metodą osadu czynnego.

W rozpatrywanym przypadku  $e_2 = 0$ .

W celu obliczenia ilości energii zużytej na pompowanie ścieków i osadów w ciągu okresu 1 roku stosujemy wzór

$$e_1 = \frac{\alpha \cdot Q_d / n + 1 / \cdot H \cdot 24 \cdot 365 \cdot 1000}{102 \cdot 86\,400 \cdot \eta_1 \cdot 1} \quad \text{/kWh/rok/} \quad \text{/20/}$$

gdzie:

$\alpha$  - współczynnik uwzględniający dopływ wód infiltracyjnych

$$\alpha = 1,0$$

$n$  - stopień recyrkulacji osadów,  $n = 0,7$

$H$  - całkowita monometryczna wysokość podnoszenia ścieków i osadu recyrkulowanego w m.sł.wody przyjęto 10 m sł.w.

$\eta_1$  - ogólna sprawność zespołu pompowego, przyjęto  $\eta_1 = 0,5$ .

W celu obliczenia energii elektrycznej do wytwarzania sprężonego powietrza zużywanego w procesie oczyszczania ścieków w komorach osadu czynnego /typu Inka/ przyjęto uproszczony wzór

$$e_3 = \frac{Q_{pow} \cdot H \cdot 24 \cdot 365}{102 \cdot \eta_2 \cdot 86\,400} \quad \text{/kWh/rok/} \quad \text{/21/}$$

gdzie:

$Q_{pow}$  - ilość wytwarzanego sprężonego powietrza w m<sup>3</sup>/dn

H - ciśnienie sprężonego powietrza, które wynosi 1100 mm sł. wody,

$\eta_2$  - sprawność ogólna dmuchawy i silnika przyjęto  $\eta_2=0,60$ .

Całkowite zużycie energii elektrycznej jest sumą poszczególnych składników  $e_1, e_2, e_3$ . W przypadku zastosowania do odwadniania wirówek sedymentacyjnych dodatkowo musimy uwzględnić zużycie energii elektrycznej przez te urządzenia. Koszt energii elektrycznej do obliczenia kosztów przyjmujemy w wysokości 0,50 zł/kWh.

Koszty remontów kapitalnych przyjmujemy w wysokości 2 % nakładów inwestycyjnych, natomiast koszty remontów bieżących w wysokości 0,8 % nakładów inwestycyjnych. Ponadto w rachunku kosztów uwzględniamy koszty ogólne, które obliczamy jako 20 % kosztów z wyłączeniem kosztów amortyzacji.

Koszty amortyzacji przyjmujemy w wysokości 3,5 % nakładów inwestycyjnych, a opłaty za ścieki wprowadzone do odbiornika wynoszą w przypadku przemysłu celulozowo - papierniczego /92/ 4 zł/kg BZT<sub>5</sub>.

W tabelicy 6 zawarto zestawienie kosztów eksploatacyjnych dla trzech rozpatrywanych oczyszczalni ścieków celulozowych. W tabelicy tej zawarto także obliczone wskaźniki ekonomicznej efektywności inwestycji. Do obliczenia wskaźnika ekonomicznej efektywności inwestycji przyjęto uproszczoną formułę zgodnie z Zarządzeniem Przewodniczącego Komisji Planowania przy Radzie Ministrów z dnia 26.07.1974 r./93/.

$$E = \frac{J / r + s / + K'}{W}$$

/22/



gdzie:

E - wskaźnik ekonomicznej efektywności

W - wielkość efektu użytkowego

J - nakłady inwestycyjne, które wynoszą

$$J = I / 1 + 0,5 b \cdot r /$$

/23/

r - stopa dyskontowa przyjmowana w wysokości  $r = 0,08$ .

s - średnia stawka amortyzacyjna

K' - roczne koszty eksploatacji pomniejszone o amortyzację na odtworzenie

b - okres budowy przyjmowany jako 3 lata.

I - nakłady podstawowe

Jako efekt użytkowy przyjęto :

- średnią roczną ilość oczyszczonych ścieków

$$W_1 = 365 \cdot Q \quad /m^3/dn/$$

/24/

- średnią roczną ilość zanieczyszczeń zatrzymywanych w oczyszczalni wyrażoną przez  $BZT_5$

$$W_2 = 365 \cdot Q / Sp - Sk / \quad /kg BZT_5 \text{ usun/rok/} \quad /25/$$

- średnią roczną ilość zanieczyszczeń zatrzymywanych w oczyszczalni wyrażoną przez ChZT

$$W_3 = 365 \cdot Q / Sp - Sk / \quad /kg ChZT \text{ usun./rok/} \quad /26/$$

- średnią roczną ilość zanieczyszczeń zatrzymywanych w oczyszczalni wyrażoną przez barwę ścieków

$$W_4 = 365 \cdot Q / Sp - Sk / \quad kg Pt \text{ usun/rok} \quad /27/$$

gdzie Sp jest stężeniem zanieczyszczeń w ściekach surowych ,  
a Sk jest stężeniem zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych.

2. Analiza ekonomiczna mechaniczno - biologicznego układu oczyszczania ścieków celulozowych z zastosowaniem stopnia dochyszczania metodą wydzielonej koagulacji /po oczyszczeniu biologicznym/.

2.1. Schemat technologiczny układu mechaniczno - biologiczno - chemicznej oczyszczalni.

Schemat technologiczny układu mechaniczno - biologiczno - chemicznej oczyszczalni ścieków celulozowych przedstawiono na rysunku 9-2. Układ modelowy wzięty do rozważań składa się ze stopnia mechanicznego i biologicznego oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego oraz dobudowanego stopnia oczyszczania chemicznego za pomocą koagulacji.

Stopnie oczyszczania mechanicznego i biologicznego ścieków celulozowych składają się z takich samych urządzeń jak w przypadku układu modelowego przedstawionego na rysunku 9-1.

Dodatkowo do układu dobudowano następujące urządzenia :

- a/ komora szybkiego mieszania
- b/ komora flokulacji
- c/ osadnik pokoagulacyjny
- d/ zagęszczacz osadów pokoagulacyjnych
- e/ stopień mechanicznego odwadniania osadów pokoagulacyjnych
- f/ urządzenia przygotowania roztworów reagentów  
i flokulantów
- g/ poletka do magazynowania odwodnionych osadów pokoagulacyjnych.



## 2.2. Obliczenie kubatury urządzeń mechaniczno - biologiczno - chemicznego układu oczyszczania ścieków.

Obliczenia urządzeń mechanicznego i biologicznego stopnia oczyszczania ścieków układu na rysunku 9-2 są takie same jak dla układu modelowego na rysunku 9-1.

Urządzenia chemicznego stopnia oczyszczania ścieków metodą wydzielonej koagulacji obliczano w sposób uproszczony według czasów przetrzymywania ścieków stosując współczynniki zwiększające na kubaturę budowlaną.

Objętość komory mieszania szybkiego obliczamy ze wzoru

$$V_k = t \cdot Q \quad /m^3/ \quad /28/$$

gdzie:

t - czas mieszania, który przyjmujemy t = 2 min

Q - przepływ ścieków w m<sup>3</sup>/min

Kubatura budowlana jest równa

$$V_b = \beta \cdot V_k \quad /m^3/ \quad /29/$$

gdzie

$\beta$  - współczynnik zwiększający przyjmowany  $\beta = 2,0$ .

Objętość komory flokulacji obliczamy podobnie jak objętość

komory szybkiego mieszania

$$V_F = t \cdot Q \quad /m^3/ \quad /30/$$

gdzie

t - czas wodnego mieszania przyjmowany t = 20 min.

Kubatura budowlana wynosi

$$V_b = V_F \cdot \beta \quad /m^3/ \quad /31/$$

gdzie

$\beta$  - współczynnik zwiększający przyjmowany  $\beta = 2,0$ .

Objętość zbiornika przygotowania koagulantu siarczanu żelazawego obliczamy z następującej zależności /95/

$$V_z = \frac{Q \cdot T \cdot Dk}{10\ 000 \cdot C \cdot \gamma} \quad /m^3/ \quad /32/$$

gdzie:

Q - przepływ ścieków w  $m^3/h$

T - ilość godzin na jaką należy przygotować roztwór

T = 8 godzin

Dk- maksymalna dawka koagulantu odniesiona do bezwodnego produktu  $Dk = 550 \text{ g FeSO}_4/m^3$

C - wymagane stężenie roztworu, przyjmujemy C = 5 %

$\gamma$  - ciężar objętościowy roztworu w  $T/m^3$  przyjmujemy, że  $\gamma = 1 \text{ T}/m^3$ .

Objętość zbiornika przygotowania roztworu mleka wapiennego obliczamy z zależności /32/ przyjmując te same wartości elementów składowych wzoru. Zarówno w przypadku przygotowania roztworu siarczanu żelazawego jak i w przypadku przygotowania roztworu mleka wapiennego przyjmujemy po 2 sztuki zbiorników o objętości  $V_z$ , każdy pracujący na zmianę. Ta sama zasada dotyczy projektowania zbiorników przygotowania roztworu flokulantu Rpkrysol WF-2 używanego do wspomagania procesu koagulacji ścieków, a także do kondycjonowania osadów chemicznych /dawka  $16 \text{ mg R WF-2}/dm^3$  osadu/.

Osadniki pokoagulacyjne obliczamy ze wzoru /28/ przyjmując czas sedymentacji  $t = 4$  godziny.

Kubaturę budowlaną obliczamy ze wzoru /29/ przyjmując współczynnik  $\beta_1 = 2,0$  dla  $q_1 = 10000 \text{ m}^3/dn$ ,  $20\ 000 \text{ m}^3/dn$  i  $\beta_2 = 1,9$ , dla  $q_3 = 50\ 000 \text{ m}^3/dn$ .



Osady pokoagulacyjne stanowią około 18 % objętości oczyszczonych ścieków. Uwodnienie tych osadów pobranych z leja osadowego wynosi 99,3 %. W celu zmniejszenia objętości osadów stosujemy radialny zagęszczacz grawitacyjny z mieszadłem. Stosujemy wzór /28/ w celu obliczenia objętości zagęszczacza przyjmując czas zagęszczania  $t = 18$  h. W wyniku zagęszczania uwodnienie osadu spada do 98,7 %. Ze wzoru 12 obliczamy objętość osadu po zagęszczeniu, która ulega około 1,85 krotnemu zmniejszeniu w porównaniu z objętością początkową.

Do odwadniania osadów przyjmujemy zastosowanie wirówek sedymentacyjnych typu Sharpless P - 5400 o wydajności nominalnej 15 - 25 m<sup>3</sup>/h /94/. Ilość wirówek dobieramy w zależności od ilości osadów, uwzględniając fakt 14 godzinnej pracy każdej wirówki w ciągu doby. Przyjmujemy, że uwodnienie osadu po odwirowaniu wynosić będzie 85 %. Obliczamy objętość osadu odwodnionego ze wzoru /12/. Objętość osadu w wyniku mechanicznego odwadniania spadnie 11,5 krotnie.

Odwodniony osad będzie składowany na odpowiednio przygotowanym terenie skąd przewiduje się wywożenie go dwukrotnie w ciągu roku. Wysokość składowania osadu wynosić będzie 1 metr.

Przy obliczeniach urządzeń układu oczyszczalni pominięto koszty budowy magazynów do składowania reagentów gdyż są to urządzenia pomocnicze.

2.3. Zestawienie nakładów inwestycyjnych mechaniczno - biologicznych oczyszczalni ścieków celulozowych z dodatkowym stopniem chemicznego doczyszczania ścieków metodą wydzielonej koagulacji.

W tablicy 7, 8, 9 zestawiono nakłady inwestycyjne oraz koszty poszczególnych urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych z dodatkowym stopniem chemicznego doczyszczania ścieków metodą wydzielonej koagulacji. W tablicach zestawiono także koszty całkowite budowy oczyszczalni przyjmując wskaźnik  $a = 1,21$  przy obliczaniu kosztów obiektów podstawowych oraz wskaźnik  $b = 1,67$  przy obliczaniu kosztów całkowitych. Koszt budowy oczyszczalni o przepustowości  $q_1 = 10\ 000\ m^3/dn$  wyniósł 155 mln zł /tablica 7/. Koszt budowy oczyszczalni o przepustowości  $q_2 = 20\ 000\ m^3/dn$  zawarty w tablicy 8 wyniósł 271 mln zł. Natomiast koszt budowy oczyszczalni o przepustowości  $q_3 = 50\ 000\ m^3/dn$  przekroczył pół miliarda złotych /558 mln zł - tablica 9/.

2.4. Zestawienie kosztów eksploatacyjnych modelowej mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych z dodatkowym stopniem doczyszczania metodą koagulacji .

Przy obliczaniu kosztów eksploatacyjnych modelowej mechaniczno-biologicznej oczyszczalni z dodatkowym stopniem doczyszczania metodą wydzielonej koagulacji, uwzględniono te same elementy rachunku, co w przypadku oczyszczalni mechaniczno-biologicznej według schematu na rys. 9-1.

Koszty obsługi przyjęto na podstawie analizy projektów oczyszczalni ścieków celulozowych /90,91/ odniesionych do przepusto-



wości rozpatrywanych układów modelowych. Uwzględniono wzrost liczby osób obsługujących układ oczyszczalni mechaniczno - biologicznej z zastosowaniem wydzielonej koagulacji ze względu na konieczność obsługi dodatkowych urządzeń w porównaniu z samym układem mechaniczno biologicznej oczyszczalni. Zasady obliczania kosztów obsługi i narzuty od płac podstawowych obliczono tak jak w podrozdziale 1.4.

Przy obliczaniu kosztów reagentów uwzględniono oprócz kosztów dawkowanych substancji pożywkowych /w postaci wody amoniakalnej i fosforanu trójsodowego/ i "Spumolu", koszty koagulantów używanych do doczyszczania ścieków. Do koagulacji zużywany jest siarczan żelazawy I gatunku w ilości  $1000 \text{ mg FeSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O} / \text{dm}^3$ , wapno hydratyzowane I gatunku /68 % CaO/ w ilości  $250 \text{ mg CaO} / \text{dm}^3$  oraz flokulant Rokrysol WF-2 w ilości  $1 \text{ mg} / \text{dm}^3$ .

Ponadto flokulant Rokrysol WF-2 jest stosowany do kondycjonowania osadów w ilości  $16 \text{ mg} / \text{dm}^3$ .

Do obliczenia kosztów reagentów przyjęto cenę siarczanu żelazawego w wysokości 835 zł/tonę, cenę wapna hydratyzowanego w wysokości 550 zł/tonę oraz cenę Rokrysolu WF-2 w wysokości 8620 zł/tonę produktu technicznego zawierającego 6 % substancji czynnej. Przy obliczaniu kosztów reagentów uwzględniono 3 % dodatek od sumy całkowitej na koszty zakupu.

Przy obliczaniu zużycia energii elektrycznej wykorzystano wzór /19/, ponadto uwzględniono pobór energii elektrycznej przez urządzenie do mechanicznego odwaniania osadów w tym przypadku wirówki sedymentacyjne. Wirówka sedymentacyjna typu Sharpless P-5000 pobiera moc 200 kW, pracując przez okres 14 godzin w ciągu doby /94/.

Pozostałe elementy rachunku kosztów eksploatacji przyjęto wg obowiązujących przepisów. Wskaźnik efektywności inwestycji obliczono według wzoru /22/.

Zestawienie elementów rachunku kosztów eksploatacyjnych oczyszczalni wg schematu 9-2 zawarto w tablicy 10. Obliczone wskaźniki kosztów eksploatacyjnych w stosunku do przepływu ścieków i do usuniętego BZT<sub>5</sub> są prawie dwukrotnie większe niż w układzie oczyszczalni mechaniczno - biologicznej wg schematu 9-1. Natomiast w stosunku do usuniętego ChZT wskaźniki efektywności dla układu z koagulacją są zbliżone do wskaźników efektywności dla układu konwencjonalnego.



3. Analiza układu oczyszczania ścieków celulozowych z zastosowaniem koagulacji symultanicznej.

3.1. Schemat technologiczny układu mechaniczno - biologicznej oczyszczalni z zastosowaniem koagulacji symultanicznej.

Schemat technologiczny układu mechaniczno - biologicznej oczyszczalni z zastosowaniem koagulacji symultanicznej przedstawiono na rysunku 9-3. Układ ten składa się z tych samych urządzeń w ciągu oczyszczania ścieków, które występują w schemacie mechaniczno - biologicznej oczyszczalni przedstawionym na rysunku 9-1. Dodatkowo przewidziano następujące urządzenia

- a/ komora reakcji
- b/ zbiorniki przygotowania roztworu koagulantu
- c/ zagęszczacz osadów chemiczno - biologicznych
- d/ urządzenia do mechanicznego odwadniania osadów
- e/ urządzenia do przygotowania i dawkowania roztworu flokulantu
- f/ poletka do składowania odwodnionych mechanicznie osadów.

3.2. Obliczenie kubatury urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków z zastosowaniem koagulacji symultanicznej.

Przyjęto uproszczony sposób obliczania urządzeń na podstawie czasów przetrzymania ścieków oraz uwzględniono współczynniki zwiększające przy obliczaniu kubatury budowlanej wg Zamorskiego /85/. Kraty, piaskownik, osadnik wstępny, komorę osadu czynnego i osadnik wtórny obliczono w ten sam sposób jak to miało miejsce

w podrozdziale 1.2.

Objętość komory reakcji obliczono według wzoru /28/ przyjmując czas szybkiego mieszania  $t = 2$  minuty.

Objętość zbiornika zarobowo - roztworowego obliczono według wzoru /32/, przyjmując czas  $T = 8$  godzin, dawkę reagentu  $Dk = 450 \text{ mg Al}_2/\text{SO}_4/3/\text{dm}^3$ , wymagane stężenie roztworu  $C = 5 \%$ .

Przyjmujemy na oczyszczalni ścieków dwa identyczne zbiorniki zarobowo - roztworowe pracujące na zmianę.

Z komory szybkiego mieszania, mieszanina ścieków osadu biologicznego i osadu chemicznego przepływa do osadnika wtórnego. Część osadu z osadnika wtórnego recyrkulowana jest z powrotem do komory osadu czynnego, nadmiar usuwany jest do zagęszczacza grawitacyjnego. Uwodnienie nadmiernego chemiczno - biologicznego osadu wynosi  $99,3 \%$ . W celu obniżenia uwodnienia stosujemy zagęszczacz grawitacyjny z mieszaniem o czasie zagęszczania  $T = 18 \text{ h}$ . Zakładamy, że w wyniku zagęszczania uwodnienie osadu spada do  $98,8 \%$  opierając się na wynikach badań laboratoryjnych procesu zagęszczania osadu siarczanu żelazowego z wapnem o podobnym stężeniu i uwodnieniu. Korzystając ze wzoru /12/ obliczamy zmniejszenie objętości osadu w wyniku zagęszczania grawitacyjnego, które jest  $1,7$  krotne. Ilość nadmiernego osadu czynnego usuwana z osadnika wtórnego stanowi  $7 \%$  objętości oczyszczanych ścieków. Objętość zagęszczacza obliczamy ze wzoru /28/ .

Do odwadniania osadu przyjmujemy wirniki sedymentacyjne typu Sharpless P-5 000 o wydajności  $15 - 25 \text{ m}^3$  każda. W celu polepszenia procesu odwadniania do osadu przed odwirowaniem doprowadzamy flokulant Rokrysol WF-Z w ilości  $16 \text{ mg}/\text{dm}^3$  osadu zagęszczonego.



Do magazynowania osadów odwodnionych przyjmujemy poletka składowe. Wysokość składowania osadów wynosi 1 m. Przewiduje się usuwanie osadów dwa razy w ciągu roku /okres składowania 6 miesięcy/. Uwodnienie osadu po odwirowaniu przyjmujemy w wysokości  $W_1 = 86 \%$ . W stosunku do ilości osadu zagęszczonego w wyniku odwadniania mechanicznego objętość osadu zmniejsza się 11,6 razy. Wymagana powierzchnia poletek do składowania odwodnionych osadów obliczamy ze wzoru

$$F_{\text{pol}} = \frac{V_{\text{oz}} \cdot 365}{2} \quad /m^2/ \quad /33/$$

gdzie

$V_{\text{oz}}$  - objętość osadu odwodnionego w wirówkach sedymentacyjnych w  $/m^3/dn/$ .

3.3. Zestawienie nakładów inwestycyjnych mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych z zastosowaniem metody koagulacji symultanicznej za pomocą siarczanu glinowego.

W tablicy 11, 12, 13 zestawiono nakłady inwestycyjne oraz koszty poszczególnych urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych z zastosowaniem metody koagulacji symultanicznej dla trzech rozpatrywanych wielkości oczyszczalni.

Sposób obliczania nakładów inwestycyjnych był taki sam jak przy innych układach modelowych. Całkowity koszt budowy oczyszczalni z zastosowaniem koagulacji symultanicznej wyniósł 83 500 tys. zł dla  $q = 10\,000\, m^3/dn$  /tablica 11/.

Dla oczyszczalni dwukrotnie większej koszt budowy wyniósł 159 mln zł. Dla oczyszczalni o przepływie  $q_3 = 50\,000\, m^3/dn$  koszt budowy oczyszczalni wyniósł 337,5 mln zł.

3.4. Zestawienie kosztów eksploatacyjnych mechaniczno - biologicznych oczyszczalni ścieków celulozowych z zastosowaniem koagulacji symultanicznej za pomocą siarczanu glinowego.

Koszty obsługi przyjęto podobnie jak w przypadku schematu na rysunku 9-2 na podstawie analizy czynności występujących przy eksploatacji oczyszczalni z zastosowaniem metody koagulacji symultanicznej. Zasady obliczania kosztów obsługi i wielkości narzutów od płac podstawowych przyjęto jak w podrozdziale 1.4.

Przy obliczaniu kosztów reagentów uwzględniono koszt dawkowanego do ścieków siarczanu glinowego w ilości  $450 \text{ mg Al}_2 / \text{SO}_4 / 3 \text{ dm}^3$  oraz koszt dodawanego flokulantu Rokrysolu WF-2 do osadów przed procesem ich odwirowania.

Ilość dawkowanego flokulantu wynosi  $16 \text{ mg/dm}^3$ . Cena siarczanu glinowego I gat. wynosi  $3290 \text{ zł/t}$ . Cena flokulantu wynosi  $8620 \text{ zł/t}$  produktu technicznego zawierającego 6 % substancji czynnej. Ponadto w kosztach reagentów uwzględniono oczywiście koszty dawkowanych do ścieków substancji pożywkowych. Przy obliczaniu kosztów reagentów uwzględniono 3 % dodatek na koszty zakupu.

Zużycie energii elektrycznej obliczamy wg wzoru 19, ponadto uwzględniono pobór energii elektrycznej przez urządzenia do mechanicznego odwadniania osadów chemiczno - biologicznych. Pozostałe elementy rachunku kosztów eksploatacji przyjęto wg obowiązujących przepisów. Wskaźnik efektywności inwestycji obliczono według uproszczonej formuły /22/.

Zestawienie elementów rachunku kosztów eksploatacyjnych oczyszczalni według schematu 9-3 zawarto w tablicy 14. Obliczone wskaźniki kosztów eksploatacyjnych w stosunku do przepływu ścieków



i do usuniętego BZT<sub>5</sub> są mniejsze niż w układzie oczyszczalni mechaniczno - biologicznej z zastosowaniem wydzielonej koagulacji za pomocą siarczanu żelazawego.

4. Analiza ekonomiczna układu mechaniczno - chemiczno - biologicznego oczyszczania ścieków celulozowych.

4.1. Schemat technologiczny układu mechaniczno - chemiczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych.

Schemat technologiczny modelowej oczyszczalni ścieków celulozowych, w którym zastosowano po oczyszczeniu mechanicznym chemiczne oczyszczanie ścieków za pomocą tlenku wapniowego i następujące po tym oczyszczanie biologiczne metodą osadu czynnego, przedstawiono na rysunku 9-4. Układ ten składa się z następujących urządzeń

- a/ krata mechanicznie czyszczona
- b/ piaskownik poziomy z mechanicznym usuwaniem i odwadnianiem piasku
- c/ urządzenie pomiarowe
- d/ osadnik wstępny /osad celulozowy zwracany do produkcji/
- e/ komora reakcji ścieków z tlenkiem wapnia
- f/ osadnik pokoagulacyjny
- g/ komora saturacji
- h/ osadnik posaturacyjny
- i/ komora osadu czynnego typu Inka
- j/ osadnik wtórny w stopniu oczyszczania biologicznego
- k/ stacja wentylatorów

- l/ przepompownia ścieków i osadów
- m/ komora mieszania osadów pokoagulacyjnych, posaturacyjnych i nadmiernych osadów biologicznych
- n/ stopień mechanicznego odwadniania osadów
- o/ poletka do składowania odwodnionych osadów
- p/ stacja ujęcia i przygotowanie gazów kominowych .

#### 4.2. Obliczenie kubatury poszczególnych urządzeń mechaniczno - chemiczno - biologicznego układu oczyszczania ścieków celulozowych.

Urządzenia układu mechanicznego oczyszczania ścieków celulozowych dobieramy w identyczny sposób jak w schemacie oczyszczalni na rys. 9-1. Stopień mechanicznego oczyszczania składa się z krat czyszczonych mechanicznie, piaskownika poziomego z mechanicznym usuwaniem piasku oraz osadników wstępnych radialnych.

Komorę reakcji mleka wapiennego ze ściekami celulozowymi obliczamy ze wzoru /29/ przyjmując czas przebywania ścieków w komorze  $t = 30$  minut. Do mieszania zawartości komory reakcji przyjmujemy mieszadło mechaniczne.

Kubaturę budowlaną komory mieszalnej obliczamy ze wzoru /28/ przyjmując współczynnik zwiększający  $\beta = 2,0$ .

Objętość osadnika pokoagulacyjnego obliczamy ze wzoru /1/ i ze wzoru /2/ przyjmując czas przetrzymania ścieków  $t = 2$  godziny

W badaniach laboratoryjnych czas nasycania ścieków czystym dwutlenkiem węgla wynosił 2 - 3 minut. Ze względu na fakt, że saturację ścieków w warunkach technicznych przeprowadzać będziemy przy pomocy gazów kominowych zawierających około 10 % dwutlenku



węgla przedłużamy wymagany czas saturacji do  $t = 60$  min  
/96, 97, 98/.

Objętość komory saturacji ścieków obliczamy ze wzoru /3/  
/4/ przyjmując współczynnik  $\beta = 2,0$ .

Ilość gazów kominowych do procesu saturacji obliczamy ze  
wzoru

$$q_k = i \cdot V_{ks} \quad /m^3/h/ \quad /34/$$

gdzie:

$i$  - intensywność saturacji  $i = 20 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ h}$

$V_{ks}$  - objętość użyteczna komory saturacji w  $\text{m}^3$ .

Objętość osadnika posaturacyjnego obliczamy ze wzoru /6-1/  
przyjmując czas sedymentacji zawiesin  $t = 8$  godz. Kubaturę budo-  
wlaną osadnika obliczamy ze wzoru /2/ przyjmując te same wartości  
współczynników.

Komorę napowietrzania ścieków w układzie biologicznego oczysz-  
czania obliczamy wg wzoru /3/ przyjmując czas przetrzymania  
 $t = 3$  godziny. Skrócenie czasu przetrzymania ścieków wynika z  
faktu, że stopień oczyszczania chemicznego redukuje obciążenie  
osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń o przeszło 50 %. Przy  
zachowaniu pierwotnego obciążenia osadu czynnego około  $0,4 \text{ gBZT}_5/$   
 $\text{g dn}$  można więc skrócić czas przetrzymania ścieków dwukrotnie.  
Kubaturę budowlaną obliczamy przyjmując współczynniki następują-  
co :

$$\beta_1 = 2,0 \text{ dla } q_1 = 10 \text{ 000 m}^3/\text{dn}$$

$$\beta_2 = 1,8 \text{ dla } q_2 = 20 \text{ 000 m}^3/\text{dn}$$

$$\beta_3 = 1,6 \text{ dla } q_3 = 50 \text{ 000 m}^3/\text{dn}.$$

Objętość użyteczną i kubaturę budowlaną osadnika wtórnego w układzie biologicznego oczyszczania ścieków obliczamy tak samo jak w podrozdziale 1.1.

Przewiduje się okresowe odprowadzanie osadów biologicznych i chemicznych do komory mieszania osadów. Objętość komory mieszania dobieramy na 4 godzinne porcje osadów /odprowadzanie osadów dwukrotnie w ciągu zmiany/. Komora mieszania wyposażona jest w mieszadło mechaniczne do wymieszania trzech różnych rodzajów osadów przed przesłaniem ich do zagęszczacza. Objętość komory mieszania nadmiernych osadów biologicznych i osadów chemicznych obliczamy

$$V_{KM} = \frac{b \cdot Q}{24} \cdot t \quad /m^3/ \quad /35/$$

gdzie

b - objętość osadów wyrażona w stosunku do dobowego przepływu ścieków  $b = 0,045$

Q - przepływ ścieków przez oczyszczalnię Q w  $m^3/dn$

t - czas przebywania osadów w komorze  $t = 4 \text{ h}$ .

Kubaturę budowlaną obliczamy ze wzoru 2.

Osady po wymieszaniu w komorze mieszania przepływają do zagęszczacza grawitacyjnego. Uwodnienie osadów dopływających do zagęszczacza wynosi około 96 %. Stosujemy 8 godzinny czas zagęszczania osadów. W wyniku zagęszczania uwodnienie osadu spada do około 85 %. W wyniku zagęszczania objętość osadu zmniejsza się prawie 4 krotnie. Objętość zagęszczacza obliczamy ze wzoru /10/, a kubaturę budowlaną zagęszczacza obliczamy ze wzoru /11/.

Do odwadniania osadów chemiczno - biologicznych stosujemy wirówki sedymentacyjne ze względu na ułatwienie porównywania z innymi



układami oczyszczania ścieków celulozowych, gdzie również zastosowano wirówki sedymentacyjne do odwadniania osadów. Przyjmujemy, że w wyniku odwirowania uwodnienie osadu spada średnio do 75 %. Objętość osadów po odwirowaniu obliczamy na podstawie wzoru /12/. Objętość osadu w wyniku odwirowania ulega zmniejszeniu 1,65 krotnie. Do odwirowania osadów przyjmujemy wirówki typu Sharpless P - 3400.

Osad chemiczno - biologiczny /90 % zw wapnia/ po odwodnieniu składowany będzie na poletkach do składowania osadów. Przewiduje się składowanie osadów w warstwie o wysokości 1,5 m i dwukrotne w ciągu roku wywożenie osadów z terenu oczyszczalni. Osad wykorzystany może być do wapnowania zakwaszonych gleb, lub też może być wypalany w piecu i powtórnie wykorzystany do oczyszczania ścieków celulozowych. W układzie wg schematu 9-4 nie będzie rozpatrywany wariant z wypalaniem osadów wapiennych mimo, że jest on korzystniejszy ekonomicznie. Celem zamieszczonych rozważań jest tylko wstępna analiza ekonomiczna, rozważanie problemu wypalania osadów może być przedmiotem szczegółowych odrębnych prac.

W schemacie układu oczyszczalni na rysunku 9-4 znajduje się także zbiornik przygotowania roztworu mleka wapiennego. Zbiornik zarobowo - roztworowy dla mleka wapiennego obliczamy ze wzoru /32/ przyjmując czas  $T = 8$  godz.,  $Dk = 2$  g  $CaO/dm^3$  i  $C = 10$  %. Kubaturę budowlaną zbiornika zarobowo - roztworowego obliczamy ze wzoru /2/. Przyjmujemy dwa identyczne zbiorniki zarobowo - roztworowe pracujące na zmianę. Przy odwadnianiu osadów chemiczno-biologicznych nie przewiduje się użycia flokulantu, nie ma też potrzeby projektowania zbiorników przygotowania roztworów flokulantów.

#### 4.3. Zestawienie nakładów inwestycyjnych mechaniczno - chemiczno - biologicznych oczyszczalni ścieków celulozowych .

Jednostkowe wskaźniki kosztów inwestycyjnych dla poszczególnych obiektów oczyszczalni przyjęto wg Zamorskiego /85/ przy uwzględnieniu współczynnika wzrostu kosztów od 1969 do 1977 roku w wysokości  $k = 1,62$ .

Wykorzystano projekty oczyszczalni ścieków celulozowych /90, 91/ oraz projekty oczyszczalni gdzie między innymi zastosowano stopień saturacji ścieków za pomocą gazów kominowych /95, 96, 97/. Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno - chemiczno - biologicznego układu oczyszczania ścieków celulozowych dla trzech rozpatrywanych wielkości przepływów zestawiono w tablicach 15, 16 i 17.

#### 4.4. Zestawienie kosztów eksploatacyjnych modelowej mechaniczno - chemiczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych.

Przy obliczaniu kosztów eksploatacyjnych mechaniczno - chemiczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych uwzględniono te same elementy rachunku kosztów co w przypadku oczyszczalni wg schematu na rysunku 9-1.

Koszty obsługi przyjęto na podstawie analizy projektów oczyszczalni 90, 91, 95, 96, 97. Uwzględniono konieczność obsługi dodatkowych urządzeń w porównaniu z dotychczas rozpatrywanymi schematami na rysunku 9-1, 9-2, 9-3. Zasady obliczania kosztów obsługi i narzuty od płac podstawowych obliczono tak jak w podrozdziale 1.4.



Przy obliczaniu kosztów reagentów uwzględniono koszty dawkowa-  
nych substancji pożywkowych, Spumolu, oraz wapna hydratyzowanego  
zużywanego w ilości 2 g  $\text{CaO}/\text{dm}^3$ . Przewiduje się użycie wapna  
hydratyzowanego I gatunku /68 %  $\text{CaO}$ / o cenie 550 zł/tonę. Gazy ko-  
minowe używane w procesie saturacji ścieków pobierane będą z ist-  
niejących obiektów celulozowni i z tego powodu nie traktujemy ich  
jako reagentów zakupywanych, nie uwzględniamy ich kosztów,  
Oczywiście uwzględniamy koszty urządzeń służących do ujmowania  
i przesyłania gazów kominowych w nakładach inwestycyjnych oraz  
uwzględniamy zużycie energii elektrycznej na przesyłanie i sprę-  
żanie gazów kominowych. [98]

Zużycie energii elektrycznej obliczamy ze wzoru /16/. Przy  
obliczaniu zużycia energii używanej na napowietrzanie komory osa-  
du czynnego uwzględniamy fakt, że jest ona dwukrotnie mniejsza  
w porównaniu z rozważaniami na rysunkach 9-1, 9-2, 9-3. Ponadto  
uwzględniamy zużycie energii elektrycznej na sprężenie i przesy-  
łanie gazów kominowych. Jednostkowa ilość energii wynosi  $22 \text{ W}/\text{m}^3$   
gazów kominowych. Dodatkowo uwzględniamy zużycie energii przez  
wirówki sedymentacyjne oraz zużycie energii przez mieszadło me-  
chaniczne w komorach reakcji ścieków z mlekiem wapiennym. Zapo-  
trzebowanie mocy na wale mieszadła w komorze reakcji obliczamy  
ze wzoru

$$N = 51 \cdot \varphi_1 \cdot f_T / \Delta V /^3 \quad / \text{kGm/s} / \quad /36/$$

gdzie

$\varphi_1$  - współczynnik wynikający z proporcji wymiarów mieszadła.

Przyjmujemy dla  $l/b = 5$  współczynnik  $\varphi_1 = 1,2$

$f_T$  - sumaryczna powierzchnia po jednej stronie łopatki mie-  
szadła w  $\text{m}^2$

$\Delta V$  - liniowa prędkość ruchu łopatek względem wody, którą można przyjmować jako 75 % prędkości obwodowej łopatek.

W celu uśrednienia składu osadów w komorze zbiorczej /mieszania/ osadów przewiduje się zastosowanie pompy odśrodkowej zapewniającej około 5 krotną wymianę zawartości komory w ciągu 0,5 godziny pod koniec 4 godzinnego okresu zbierania osadów.

Zużycie energii elektrycznej obliczamy ze zmodyfikowanego wzoru /20/

$$e = \frac{Qd \cdot H \cdot B \cdot a \cdot C \cdot 365 \cdot 1000}{102 \cdot 86 \cdot 400 \cdot \eta \cdot 1} \text{ /kWh/rok/ } /37/$$

gdzie:

H - manometryczna wysokość podnoszenia, przyjmujemy

H = 5 m sł. wody.

b - ilość osadów w stosunku do ilości ścieków b = 0,045

a - wielokrotność wymiany osadów w komorze mieszania.

Przyjmujemy a = 5

c - łączny czas pracy pompy mieszającej w ciągu doby.

Przyjmujemy C = 3 h.

$\eta$  - ogólna sprawność zespołu pompowego  $\eta = 0,5$ .

Koszt energii elektrycznej przyjmujemy w wysokości 0,50zł/kWh.

Pozostałe elementy rachunku kosztów: koszty remontów kapitałowych, remontów bieżących, koszty amortyzacji i opłatę za ścieki, przyjmujemy podobnie jak przy analizie kosztów w poprzednich układach modelowych.

W tabelicy 18 zawarto zestawienie kosztów eksploatacyjnych dla trzech rozpatrywanych oczyszczalni ścieków celulozowych.

Wskaźniki ekonomicznej efektywności inwestycji obliczono wg wzoru

/22/ i /23/.



5. Analiza ekonomiczna mechaniczno - biologicznego układu oczyszczania ścieków celulozowych z zastosowaniem czystego tlenu zamiast powietrza do natleniania komory osadu czynnego.

5.1. Schemat technologiczny układu mechaniczno - biologicznej oczyszczalni z zastosowaniem czystego tlenu oraz układu porównawczego z zastosowaniem powietrza.

Schemat technologiczny układu mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych z zastosowaniem czystego tlenu w procesie osadu czynnego przedstawiono na rysunku 9-5. Natomiast na rysunku 9-6 przedstawiono porównawczy układ mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych z zastosowaniem powietrza do natleniania zawartości komory osadu czynnego. Schemat przedstawiony na rysunku 9-5 składa się z krat, piaskownika, osadnika wstępnego, zamkniętej komory osadu czynnego, wytwórni tlenu, osadnika wtórnego oraz ciągu tlenowej stabilizacji osadów nadmiernych. Schemat przedstawiony na rysunku 9-6 posiada te same elementy co schemat poprzedni, proces oczyszczania biologicznego przebiega w otwartej komorze osadu czynnego z zastosowaniem wirników mechanicznych. W obydwu porównywanych układach natlenianie realizowane jest za pomocą urządzeń mechanicznych zarówno w komorze oczyszczania jak i komorze stabilizacji tlenowej. Układ oczyszczania ścieków celulozowych z zastosowaniem czystego tlenu nie porównuje się ze schematem oczyszczalni biologicznej przedstawionym na rysunku 9-1 /komory Inka/ gdyż rozwiązania proponowane przez firmę UNOX /52/ przewidują zastosowanie urządzeń mechanicznych w celu wprowadzenia tlenu do ścieków. Dlatego celowym

było wprowadzenie porównawczego układu "powietrznego" także z zastosowaniem wirników mechanicznych do napowietrzania ścieków.

Na podstawie przeprowadzonych badań własnych oraz na podstawie danych literaturowych można przyjąć, że w układzie z zastosowaniem czystego tlenu osiągalne będą te same efekty zmniejszenia wskaźników zanieczyszczenia ścieków celulozowych, co w układzie "powietrznym", ale przy dwukrotnie mniejszych czasach przetrzymywania w komorze osadu czynnego. Przyrost i w związku z tym ilości osadu nadmiernego przyjmujemy, że będą w układzie tlenowym o 35 % mniejsze niż w układzie z zastosowaniem powietrza. Parametry surowych ścieków celulozowych dopływających do układu oczyszczalni na rysunku 9-5, 9-6 przyjmujemy takie same jak przy rozpatrywaniu poprzednich układów.

## 5.2. Obliczenie kubatury urządzeń i zestawienie kosztów inwestycyjnych mechaniczno - biologicznych oczyszczalni z zastosowaniem czystego tlenu i z zastosowaniem powietrza.

Kubaturę urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych z zastosowaniem tlenu i porównawczego układu z zastosowaniem powietrza obliczamy w ten sam sposób jak urządzenia oczyszczalni modelowej wg schematu zawartego na rysunku 9-1. Kraty mechanicznie czyszczone, piaskownik, urządzenie pomiarowe mają te same wielkości co w układzie oczyszczalni z podrozdziału 1. Natomiast zamkniętą komorę osadu czynnego z zastosowaniem czystego tlenu projektujemy na dwukrotnie krótszy czas przetrzymania ścieków wynoszący zamiast sześciu, trzy godziny. Ze względu na przeszło dwukrotnie niższe wartości indeksu osadowe-



go osadu z komory osadu czynnego gdzie stosowano czysty tlen, można przyjąć około dwukrotnie krótszy czas osadzania w osadnikach wtórnych. W związku z tym przyjmujemy okres sedymentacji wynoszący  $t = 3$  h. W układzie z zastosowaniem czystego tlenu przyjmujemy przeszło dwukrotnie mniejszy stopień recyrkulacji z osadnika wtórnego do komory osadu czynnego. Opieramy się przy określeniu stopnia recyrkulacji osadu na przeglądzie danych literaturowych, w mniejszym stopniu na badaniach własnych ze względu na małą skalę prowadzonych eksperymentów. Przyjmujemy stopień recyrkulacji osadu  $n = 30$  %.

Ilości osadów nadmiernych powstających w układzie tlenowym są o 35 % mniejsze niż w układzie powietrznym. Osad nadmierny z leja osadowego osadnika wtórnego posiada uwodnienie 98,6 % /stężenie około  $14 \text{ g/dm}^3$ /. Osad ten przesyłany jest do komory stabilizacji tlenowej w czasie przetrzymania  $t = 7$  dni. Po stabilizacji tlenowej osad przesyłany jest do zagęszczacza. Przyjmujemy czas zagęszczania  $t = 6$  h. Uwodnienie osadu ustabilizowanego po zagęszczaniu wynosi 96 %. Na skutek zagęszczania objętość osadu zmniejsza się 2,85 krotnie. Osad zagęszczony wylewany jest na poletka osadowe, których powierzchnię obliczamy ze wzoru /13/. Wysuszony osad składowany jest na poletkach do składowania osadów, których powierzchnię obliczamy ze wzoru /14/, uwzględniając fakt, że ilość osadów nadmiernych z układu tlenowego jest o 35 % mniejsza niż z układu Powietrznego.

Ze względu na fakt, że w Polsce pierwsza oczyszczalnia ścieków celulozowych z zastosowaniem czystego tlenu znajduje się dopiero w fazie projektowania /Kwidzyń/, przyjmujemy dane dotyczące rozwiązań konstrukcyjnych komór osadu czynnego wg prospektów firmy

Union Carbide Co. Ponadto koszty oprzyrządowania zamkniętych komór osadu czynnego systemu UNOX oraz koszty wytwórni czystego tlenu przyjmujemy na podstawie danych literaturowych oraz informacji nieoficjalnych biura doradczego H. Simons z Kanady. Biuro to sprawuje nadzór nad projektowaniem i wykonawstwem oczyszczalni ścieków celulozowych z zastosowaniem czystego tlenu dla Kombinatów Celulozowo - Papierniczego w Kwidzynie.

Zużycie czystego tlenu w procesie oczyszczania ścieków celulozowych metodą osadu czynnego przyjmowane jest w wysokości  $1,4 \text{ kg O}_2/\text{kg BZT}_5$  usuniętego. Tlen doprowadzany do zamkniętej komory osadu czynnego typu UNOX wykorzystywany jest w 90 %. Dla projektowanych modelowych oczyszczalni ścieków zużycie czystego tlenu zmienia się od 3 t/dn do 17 t/dn. Dla tego zakresu wydajności polecane jest użycie wytwórni tlenu z zastosowaniem sił molekularnych /83/. Zastosowanie wytwórni tlenu działających na zasadzie kriogenicznej, polecane jest dla wydajności powyżej 20  $\text{TO}_2/\text{dn}$ . W miarę wzrostu wielkości wytwórni czystego tlenu jednostkowy koszt produkcji ulega bardzo szybkiemu obniżeniu.

W tablicy 19, 20, 21 zawarto zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych z zastosowaniem czystego tlenu w stopniu oczyszczania biologicznego dla trzech wartości przepływów hydraulicznych. Przy obliczaniu kosztów zamkniętych komór osadu czynnego typu UNOX przyjęto koszt jednostkowy ich budowy o 25 % wyższy niż koszt budowy otwartych komór osadu czynnego napowietrzonych aeratorami turbinowymi.

W tablicy 23, 24, 25 zawarto zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń



mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych, gdzie do napowietrzania zawartości komór osadu czynnego zastosowano wirniki mechaniczne typu Vortair.

Z porównania danych zawartych w tablicach 19, 20, 21, oraz w tablicach 23, 24, 25 wynika, że dla wszystkich trzech rozpatrywanych wielkości oczyszczalni modelowych nakłady inwestycyjne na układ z zastosowaniem tlenu są mniejsze niż w układzie z zastosowaniem powietrza.

5.3. Zestawienie kosztów eksploatacyjnych układu mechaniczno - biologicznej oczyszczalni z zastosowaniem czystego tlenu oraz porównawczego układu z zastosowaniem powietrza.

Przy obliczaniu kosztów eksploatacyjnych mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków z zastosowaniem czystego tlenu uwzględniono te same elementy rachunku kosztów co w przypadku oczyszczalni według schematu na rysunku 9-1. Koszty obsługi przyjęto podobnie dla układu z zastosowaniem czystego tlenu jak dla układu z zastosowaniem powietrza, co jest znacznym uproszczeniem gdyż oczyszczalnie z zastosowaniem czystego tlenu muszą być z konieczności bardziej zautomatyzowane. Niestety w chwili obecnej nie dysponujemy jeszcze danymi dotyczącymi tego zagadnienia. Brak bowiem jest rozwiązań krajowych, materiały literaturowe są natomiast ogólne i trudno znaleźć w nich takie informacje.

Energia elektryczna dla układu z zastosowaniem czystego tlenu zużywana jest do pompowania ścieków i osadów, na wytwarzanie czystego tlenu oraz do napędu wirników natleniających w komorze typu UNOX, oraz wirników napowietrzających w komorze stabilizacji osadów.

Energię zużywaną do pompowni ścieków i osadów obliczamy ze wzoru /20/ przyjmując  $n = 30 \%$ . Ilość energii elektrycznej zużywanej na wytworzenie czystego tlenu i na wprowadzenie tego tlenu do ścieków obliczamy przyjmując na podstawie danych literaturowych /67/ wskaźnik około  $800 \text{ kWh/t O}_2$ . Wskaźnik ten jest aktualny dla wytwórni tlenu działających na zasadzie sił molekularnych, oraz stężenia  $5 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$  tlenu rozpuszczonego w zawartości komory osadu czynnego. Zużycie energii elektrycznej do napędzania wirników w powietrznych komorach osadu czynnego oraz w komorach stabilizacji osadów nadmiernych przyjmowane jest w wysokości  $1 \text{ kWh/l kg BZT}_5$  zredukowanego.

Pozostałe elementy rachunku kosztów takie jak koszty remontów kapitalnych i bieżących, koszty ogólne, koszty amortyzacji, opłatę za ścieki obliczamy tak samo jak w poprzednich układach modelowych. Wskaźniki efektywności inwestycji obliczamy ze wzorów /22/ i /23/.

Zestawienie elementów rachunku kosztów eksploatacyjnych mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków z zastosowaniem czystego powietrza zestawiono w tablicy 22. Natomiast w tablicy 26 zawarto zestawienie elementów rachunku kosztów eksploatacyjnych mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków z zastosowaniem wirników mechanicznych do napowietrzania komory osadu czynnego. Dla trzech rozpatrywanych wielkości oczyszczalni modelowych wskaźniki ekonomicznej efektywności inwestycji są korzystniejsze dla układu z zastosowaniem czystego tlenu. Dotyczy to usuwania zarówno  $\text{BZT}_5$ ,  $\text{ChZT}$  i barwy ścieków celulozowych.



SPIS TABLIC

/ załącznika nr 1/

- Tablica 1. Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych o przepustowości  $q = 10\ 000\ m^3/dn$ .
- Tablica 2. Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych o przepustowości  $q = 20\ 000\ m^3/dn$ .
- Tablica 3. Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów w inwestycyjnych i kosztów urządzeń mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych o przepustowości  $q = 50\ 000\ m^3/dn$  /zastosowanie poletek do odwadniania osadów/.
- Tablica 4. Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych o przepustowości  $q = 50\ 000\ m^3/dn$  /zastosowanie wirówek do odwadniania osadów/.
- Tablica 5. Zestawienie kosztów obsługi modelowej mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych o przepustowności  $q = 20\ 000\ m^3/dn$ .
- Tablica 6. Zestawienie elementów rachunku kosztów eksploatacyjnych mechaniczno - biologicznych oczyszczalni ścieków celulozowych.

- Tablica 7. Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno-biologicznej oczyszczalni z dodatkowym stopniem koagulacji ścieków za pomocą siarczanu żelazawego.
- Tablica 8. Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków. z dodatkowym stopniem oczyszczania chemicznego metodą koagulacji, za pomocą siarczanu żelazawego  $q = 20\ 000\ m^3/dn.$
- Tablica 9. Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków z dodatkowym stopniem doczyszczania metodą koagulacji za pomocą siarczanu żelazawego  $q = 50\ 000\ m^3/dn.$
- Tablica 10. Zestawienie elementów rachunku kosztów eksploatacyjnych oczyszczalni mechaniczno - biologicznych z dodatkowym stopniem koagulacji ścieków za pomocą siarczanu żelazawego.
- Tablica 11. Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków z zastosowaniem metody koagulacji symultanicznej o  $q_1 = 10\ 000\ m^3/dn.$
- Tablica 12. Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków z zastosowaniem metody koagulacji symultanicznej o  $q = 20000\ m^3/dn.$
- Tablica 13. Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków z zastosowaniem metody koagulacji symultanicznej o  $q_3 = 50\ 000\ m^3/dn.$



- Tablica 14. Zestawienie elementów rachunku kosztów eksploatacyjnych mechaniczno-biologicznych oczyszczalni ścieków celulozowych z zastosowaniem koagulacji symultanicznej za pomocą siarczanu glinowego.
- Tablica 15. Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno-chemiczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych o  $q = 10\ 000\ m^3/dn.$
- Tablica 16. Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno-chemiczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych o  $q = 20\ 000\ m^3/dn.$
- Tablica 17. Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno-chemiczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych o przepustowości  $q = 50\ 000\ m^3/dn.$
- Tablica 18. Zestawienie elementów rachunku kosztów eksploatacyjnych mechaniczno - chemiczno - biologicznych oczyszczalni ścieków celulozowych.
- Tablica 19. Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków z zastosowaniem czystego tlenu w komorze osadu czynnego. Przepustowość  $q = 10\ 000\ m^3/dn.$
- Tablica 20. Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków z zastosowaniem czystego tlenu w komorze osadu czynnego. Przepustowość  $q = 20\ 000\ m^3/dn.$

- Tablica 21. Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno-biologicznej oczyszczalni z zastosowaniem czystego tlenu w komorze osadu czynnego. Przepustowość  $q = 50\ 000\ m^3/dn.$
- Tablica 22. Zestawienie elementów rachunku kosztów eksploatacyjnych mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków z zastosowaniem czystego tlenu.
- Tablica 23. Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków o przepustowości  $q = 10\ 000\ m^3/dn.$  /Zastosowanie wirników mechanicznych do napowietrzania komory/.
- Tablica 24. Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych o przepustowości  $q = 20\ 000\ m^3/dn$  /zastosowanie wirników mechanicznych do napowietrzania komory osadu czynnego/.
- Tablica 25. Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych o przepustowości  $q = 50\ 000\ m^3/dn$  /zastosowanie wirników mechanicznych do napowietrzania komory osadu czynnego/.
- Tablica 26. Zestawienie elementów rachunku kosztów eksploatacyjnych mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków z zastosowaniem wirników mechanicznych do napowietrzania komory osadu czynnego.



Tablica 1

Zestawienie jednostkowych wskaźników inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych o przepustowości  $q = 10\ 000\ m^3/dn$

Rodzaj obiektu-oczyszczalni mechaniczno-biologicznej	Koszt jednostki objętości budowlanej w zł/m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /	Wielkość /kubatura/urządzenia w m <sup>3</sup> lub m <sup>2</sup>	Koszt urządzenia i obiektu w tys. zł
1/ Kraty czyszczone mechanicznie	1 kpl 810 tys. zł	1 kpl.	810
2/ Piaskownik z mech. usuwaniem osadu i odwadnianiem	665 tys zł	1 szt	665
3/ Osadnik wstępny	160 zł/m <sup>3</sup>	5000	8050
4/ Urządzenie pomiarowe	1 kpl. 66 tys. zł	1 szt.	66
5/ Komory napowietrzania typu Inka /z komorami stab. os./	1540 zł/m <sup>3</sup>	7200	11200
6/ Osadnik wtórny radialny	1600 zł/m <sup>3</sup>	5000	8050
7/ Zagęszczacz radialny	2030 zł/m <sup>3</sup>	98	200
8/ Poletka osadowe	672 zł/m <sup>2</sup>	15000	10200
9/ Składowanie osadu	440 zł/m <sup>2</sup>	1420	620
10/ Przepompownia osadów i ścieków	3240 zł/m <sup>3</sup> h	1062 m <sup>3</sup> /h	3450
11/ Stacja dmuchaw	16,5 zł/m <sup>3</sup> h	58000 m <sup>3</sup> /h	960
12/ Suma nakładów I p l		pew-h	44 270
13/ I p = a . I pl	a=1,21	-	53 600
14/ I c = b . Ip	b=1,67	-	89 500

Tablica 2

Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych o przepustowości  $q = 20\ 000\ m^3/dn.$

Rodzaj obiektu oczyszczalni mechaniczno-biologicznej	Koszt jednostkowy obj. budowlanej zł/m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /	Wielkość urządzenia w m <sup>3</sup> lub m <sup>2</sup>	Koszt urządzenia tys.zł
1/ Krata czyszczona mechanicznie	955 tys.zł	1 kpl	955
2/ Piaskownik poziomy mechanicznie czyszcz.	795 tys.zł	1 kpl.	795
3/ Urządzenia pomiarowe	84 tys.zł	1 kpl	84
4/ Osadniki wstępne radialne	1539	9500 m <sup>3</sup>	14620
5/ Komory napowietrzania typu Inka /z komorami stabilizacji tlenowej/	1360 zł/m <sup>3</sup>	12400 m <sup>3</sup>	16850
6/ Osadniki wtórne	1540 zł/m <sup>3</sup>	9000 m <sup>3</sup>	13860
7/ Zagęszczacz radialny	1950 zł/m <sup>3</sup>	177 m <sup>3</sup>	344
8/ Poletka osadowe	500 zł/m <sup>2</sup>	30000 m <sup>2</sup>	15000
9/ Składowanie osadu	370 zł/m <sup>2</sup>	2850 m <sup>2</sup>	1062
10/Przepompownia osadów i ścieków	2140 zł/m <sup>3</sup> /h	2125 m <sup>3</sup> /h	4550
11/Stacja dmuchaw /wentylatorów/	16 zł/m <sup>3</sup> pow.	11620 m <sup>3</sup> /pow./h	1860
12/Suma nakładów I p 1			69 820
13/Nakłady całkowite na podstawowe obiekty technologiczne $I_p = a \cdot I_p 1$	$a = 1,21$		84 500
14/Całkowite nakłady inwestycyjne $I_c = b \cdot I_p$	$b = 1,67$		141 000



Tablica 3

Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych o przepustowości  $q = 50\ 000\ m^3/dn$  /zastosowanie poletek do odwadniania osadów/

Rodzaj obiektu oczyszczalni mecha-niczno-biologicznej	Koszt jedno-stkowy obj. budowlanej w zł/m <sup>2</sup> lub m <sup>3</sup>	Wielkość /kubatura/ urządzenia m <sup>2</sup> lub m <sup>3</sup>	Koszt urzą-dzenia lub obiektu w tys. zł
1/ Kraty czyszczone mechanicznie	1430 tys. zł	1 kpl	1430
2/ Piaskownik z mechanicznym usuwaniem osadu i odwadnieniem	1300 tys. zł	1 kpl	1300
3/ Osadniki wstępne radialne	1220 zł/m <sup>3</sup>	22 400	27 300
4/ Urządzenie pomiarowe	120 tys. zł	1 kpl	120
5/ Komory napowietrzania typu Inka z komorami stabilizacji osadu	1290 zł/m <sup>3</sup>	32 000	41 250
6/ Osadniki wtórne radialne	1220 zł/m <sup>3</sup>	22 400	27 300
7/ Zagęszczacz osadu	2840 zł/m <sup>3</sup>	417	1 180
8/ Poletka osadowe	405 zł/m <sup>2</sup>	75 000 m <sup>2</sup>	30 400
9/ Przepompownia osadów i ścieków	1730 zł/m <sup>3</sup> h	4 950 m <sup>3</sup> /h	8 560
10/Składowanie osadu	356 zł/m <sup>2</sup>	7 050 m <sup>2</sup>	2 520
11/Stacja dmuchaw	16,0 zł/m <sup>3</sup>	291000 m <sup>3</sup> /h	4 650
			146 010
12/ Nakłady na podst. obiekty I $p = a \cdot I_p$ ,	$a = 1,21$		176 500
13/Calkowite nakłady inwestycyjne $I_c = I_p \cdot b$	$b = 1,67$		296 000

Tablica 4

Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych o przepustowości  $q = 50\ 000\ m^3/dn$  /zastosowanie wirówek do odwadniania osadów/

Rodzaj obiektu oczyszczalni mechaniczno-biologicznej	Koszt jednostkowy w zł/m <sup>2</sup> lub m <sup>3</sup>	Wielkość /kubatura/ urządzenia	Koszt obiektu lub urządzenia w tys zł
1/ Kraty czyszczone mechanicznie	1430 tys zł	1 kpl	1430
2/ Piaskownik z mechanicznym usuwaniem piasku i osadu	1300 tys zł	1 kpl	1300
3/ Urządzenie pomiarowe	120 tys. zł	1 kpl	120
4/ Osadniki wstępne radialne	1220 zł/m <sup>3</sup>	22400 m <sup>3</sup>	27300
5/ Komory napowietrzenia i stabilizacji osadu nadm.	1290 zł/m <sup>3</sup>	32000 m <sup>3</sup>	41250
6/ Osadniki wtórne radialne	1220 zł/m <sup>3</sup>	22400 m <sup>3</sup>	27300
7/ Zagęszczacz osadu	2840 zł/m <sup>3</sup>	417 m <sup>3</sup>	1180
8/ Wirówki sedymentacyjne typ P-3400 Sharpless	2500000 zł/szt	3	7500
9/ Składowanie osadu	356 zł/m <sup>2</sup>	7000	2520
10/Przepompownia osadu i ścieków	1730 zł/m <sup>3</sup> /h	4950 m <sup>3</sup> /h	8560
11/Stacja dmuchaw	16 zł/m <sup>3</sup> h	291000 m <sup>3</sup> /h	4650
12/I $p = a \cdot Ip_1$	$a = 1,21$		125 110
13/I $c = Ip \cdot b$	$b = 1,67$		153 000
			254 000



Tablica 5

Zestawienie kosztów obsługi modelowej mechaniczno -  
biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych  
o przepustowości  $q = 20\ 000\ m^3/dn$

Funkcja	Ilość pracowników	Średnia płaca w zł	Płaca roczna w zł
1/ Kierownik oczyszczalni	1	5000	60 000
2/ Mistrz zmianowy	4	3900	187 200
3/ Kierownik administrac.	1	4000	48 000
4/ Kierownik laboratorium	1	4000	48 000
5/ Laboranci	5	2500	150 000
6/ Pracownicy wykwalifikowani	18	2800	388 800
7/ Kierowcy	2	3000	72 000
8/ Pracownicy niewykwalifikowani	4	2000	96 000
9/ Razem	36	-	1266 000
10/ Dodatek 15 % na premie	-	-	189 000
11/ Suma płac pracowniczych	-	-	1455 900
12/ 20 % na ubezpieczenia społeczne od poz.11	-	-	291 180
13/ 8,5% na fundusz zakładowy	-	-	123 750
14/ 1 % na fundusz mieszkaniowy	-	-	14 560
15/ 2 % na fundusz socjalny	-	-	29 120
16/ 11 % podatek od wynagrodzeń opłacanych przez zakład	-	-	160 150
17/ Całkowite koszty obsługi będące sumą wszystkich pozycji			2074 660

Zestawienie elementów rachunku kosztów eksploatacyjnych mechaniczno-biologicznych oczyszczalni ścieków celulozowych.

Tablica 6

Wyszczególnienie elementów rachunku kosztów		Koszty eksploatacyjne w tysiącach złotych			
		Oczyszczalnia $q_1=10000m^3/dn$	Oczyszczalnia $q_2=20000m^3/dn$	$q_3=50000m^3/dn$ zastosowanie poletek osad.	$q_4=50000m^3/dn$ zastosowanie wirówek sedyment.
1/	Koszty obsługi	1262	2047	3280	2880
2/	Koszty energii elektrycznej	1566	3122	7820	10557
3/	Koszty surowców i reagentów	3352	6704	16780	17710
4/	Koszty remontów kapitalnych	1790	2820	5920	5060
5/	Koszty remontów bieżących	715	1130	2970	2030
6/	Koszty ogółem	1770	3160	7500	7650
7/	Koszty eksploatacji /1,6/	10453	18983	43610	45887
8/	Koszty amortyzacji	3130	4940	10700	8900
9/	Koszty własne /1-8/	13583	23923	54310	54787
10/	Opłata za ścieki /DZP <sub>5</sub> /	584	1168	2930	2930
11/	Koszty własne wraz z opłatą	14167	25091	57240	57717
12/	Wskazniki efektywności inwest. P				
a/ E <sub>1</sub>	w stos. do ilości ściek. wzł/m <sup>3</sup>	6,0	5,1	4,5	4,6
b/ E <sub>2</sub>	w stos. do usun. t. DZP <sub>5</sub> w zł/kg BZP <sub>5</sub>	22,6	19,0	18,8	16,2
c/ E <sub>3</sub>	w stos. do usun. t. ChZP	14,2	11,6	10,2	9,8
d/ E <sub>4</sub>	w stos. do usun. t. barw.	140	118	104	100



Tablica 7

Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków z dodatkowym stopniem koagulacji ścieków za pomocą siarczanu żelazawego.  $q = 10\ 000\ m^3/dn$

Rodzaj obiektów oczyszczalni	Koszt jednostkowy w zł/m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /	Wielkość urządzenia w m <sup>2</sup> lub m <sup>3</sup>	Koszt urządzenia lub obiekt w tys. zł
1/ Urządzenia mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków wg układu nr 1	-	-	44 270
2/ Komora flokulacji	2430 zł/m <sup>3</sup>	280 m <sup>3</sup>	680
3/ Osadnik pokoagulacyjny	1540 zł/m <sup>3</sup>	3320 m <sup>3</sup>	5 100
4/ Zbiorniki zarobowo roztworowe FeSO <sub>4</sub> · 7 H <sub>2</sub> O i CaO	1620 zł/m <sup>3</sup>	240 m <sup>3</sup>	390
5/ Zagęszczacz osadu	1540 zł/m <sup>3</sup>	2300 m <sup>3</sup>	4 300
6/ Wirówki sedymentacyjne typ Sharpless P-5000 1 szt	5500 tys zł	3 szt.	16 500
7/ Tereny do składowania osadów /usuwanie co 6 miesięcy/	310 zł/m <sup>3</sup>	15800	4 850
8/ Suma nakładów I p <sub>1</sub>			76 091
9/ I p = a · I p <sub>1</sub>	a = 1,21	-	92 200
10/ I b = I p · b	b = 1,67	-	155 000

Tablica 8

Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków z dodatkowym stopniem oczyszczania chemicznego metodą koagulacji za pomocą siarczanu żelazawego  
 $q = 20\ 000\ m^3 / dn$

Rodzaj obiektu oczyszczalni	Koszt jednostkowy objętości budowlanej zł/m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /	Wielkość urządzenia w m <sup>3</sup> lub m <sup>2</sup>	Koszt urządzenia lub obiektu w tys.zł
1/ Urządzenia mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków wg schematu 1	-	-	69 820
2/ Komora flokulacji	2430 zł/m <sup>3</sup>	560	1 360
3/ Osadnik pokoagulacyjny	1540 zł/m <sup>3</sup>	6300	9 700
4/ Zbiorniki zarobowo-roztworowe roztworów FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O i CaO	1620 zł/m <sup>3</sup>	480	780
5/ Zagęszczacze osadów pokoagulacyjnych	1540 zł/m <sup>3</sup>	4600	8 600
6/ Wirówki sedymentacyjne typ Sharpless P - 5000 1 szt	5500 tys.zł	6 szt.	333 000
7/ Tereny do składowania osadów /usuwanie osadów co 6 miesięcy/	295 zł/m <sup>2</sup>	31 600	9 310
8/ Suma nakładów I p <sub>1</sub>			132 570
9/ I p = a · I p <sub>1</sub>	a = 1,21		161 000
10/ Nakłady całkowite I c = b · I p	b = 1,67		269 000



Tablica 9

Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno biologicznej oczyszczalni ścieków z dodatkowym stopniem doczyszczania metodą koagulacji za pomocą siarczanu żelazawego  $q=50\ 000\ m^3/dn$

Rodzaj obiektów oczyszczalni	Koszt jednostkowy w zł/m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /	Wielkość urządzenia w m <sup>2</sup> lub m <sup>3</sup>	Koszt urządzenia w tys.zł
1/Urządzenia mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków wg układu nr 1	-	-	125 110
2/ Komora flokulacji	1460 zł/m <sup>3</sup>	1400 m <sup>3</sup>	2 200
3/ Osadnik pokoagulacyjny	1380 zł/m <sup>3</sup>	14 900	23 000
4/ Zbiorniki zarobowo-roz- tworowe FeSO <sub>4</sub> ·7 H <sub>2</sub> O i CaO	1460 zł/m <sup>3</sup>	1 200	1 750
5/ Zagęszczacz osadu	1380 zł/m <sup>3</sup>	11 500	15 900
6/ Wirówki sedymentacyjne typ Sharpless p-5000 1 szt	5500 tys.zł	15 szt	82 500
7/ Tereny do składowania osadów /usuwane co 6 miesięcy/	285 zł/m <sup>3</sup>	79 000	22 500
8/ Suma nakładów Ip <sub>1</sub>	-	-	291 960
9/ Nakłady podstawowe I p=a·Ip <sub>1</sub>	a = 1,21	-	330 000
10/ Nakłady całkowite Ic =b·Ip <sub>1</sub>	b = 1,67	-	550 000

Tablica 10

Zestawienie elementów rachunku kosztów eksploatacyjnych oczyszczalni mechaniczno - biologicznych z dodatkowym stopniem koagulacji ścieków za pomocą siarczanu żelazowego

Wyszczególnienie elementów rachunku kosztów	Koszty eksploatacyjne w tys. zł.		
	Oczyszczalnia $q_1=10000$ m <sup>3</sup> /dn	Oczyszczalnia $q_2=20000$ m <sup>3</sup> /dn	Oczyszczalnia $q_3=50000$ m <sup>3</sup> /dn
1/ Koszty obsługi	1870	3040	4265
2/ Koszty energii elektrycznej	3269	6538	16350
3/ Koszty reagentów	8180	16360	40900
4/ Koszty remontów kapital.	3100	5930	11000
5/ Koszty remontów bieżących	1240	2150	4400
6/ Koszty ogólne	3532	6693	14511
7/ Koszty eksploatacji	20191	40161	87070
8/ Koszty amortyzacji	5420	9420	19000
9/ Koszty własne /1-8/	25611	49581	106070
10/ Opłata za ścieki BZT <sub>5</sub>	380	760	1900
11/ Koszty własne wraz z opłatą	25991	50341	107970
12/ Wskaźniki efektywności			
E odniesione			
a/ do ilości ścieków zł/m <sup>3</sup>	11	10,2	9,7
b/ do usuniętego BZT <sub>5</sub> w zł/kg BZT <sub>5</sub>	39,2	36,5	34,5
c/ do usuniętego ChZT w zł/kg ChZT	13,8	12,9	12,2
d/ do usuniętej barwy w zł/kg Pt	18,1	16,9	15,9



Tablica 11

Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków z zastosowaniem metody koagulacji symultanicznej  $q = 10\ 000\ m^3/dn$

Rodzaj obiektów oczyszczalni	Koszt jednostkowy w zł/m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /	Wielkość urządzenia w m <sup>3</sup> lub m <sup>2</sup>	Koszt urządzenia lub obiektu w tys. zł
1/ Kraty czyszczone mechanicznie	810 tys. zł	1 kpl	810
2/ Piaskownik z mechanicznym czyszczeniem	665 tys. zł	1 kpl	665
3/ Osadniki wstępne radialne	1600 zł/m <sup>3</sup>	5000 m <sup>3</sup>	8 050
4/ Urządzenie pomiarowe	66 tys. zł	1 kpl	66
5/ Komory napowietrzania typu Inka	1540 zł/m <sup>3</sup>	4800 m <sup>3</sup>	7 400
6/ Osadniki wtórne radialne	1600 zł/m <sup>3</sup>	5000 m <sup>3</sup>	8 050
7/ Zagęszczacz radialny /grawitacyjny/	1540 zł/m <sup>3</sup>	880 m <sup>3</sup>	1 360
8/ Przepompownia osadów i ścieków	3240 zł/m <sup>3</sup>	1130 m <sup>3</sup> /h	3 670
9/ Stacja dmuchaw	16,5 zł/m <sup>3</sup>	37500 m <sup>3</sup> /h	620
10/ Zbiorniki zarobowo-rozwarowe Al <sub>2</sub> /SO <sub>4</sub> / <sub>3</sub>	1620 zł/m <sup>3</sup>	120	200
11/ Wirówki sedymentacyjne P-5000 1 szt	5500 tys. zł	2 szt	11 000
12/ Poletka do składowania osadów	310 zł/m <sup>2</sup>	6400 m <sup>2</sup>	1 980
13/ Suma nakładów I p <sub>1</sub>	-	-	43 771
14/ Nakłady podstawowe Ip=a.Ip <sub>1</sub>	a=1,21	-	53 000
15/ Nakłady całkowite Ic=b.Ip	b =1,67	-	83 500

Tablica 12

Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków z zastosowaniem metody koagulacji symultanicznej,  $q = 20\ 000\ m^3/dn$

Rodzaj obiektów oczyszczalni z układem koagulacji symultanicznej	Koszt jedno-	Wielkość	Koszt
	stkowy w zł/m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	urządzenia w m <sup>3</sup> /lub m <sup>2</sup>	urządzenia lub obiektu w tys.zł
1/ Kraty czyszczone mechanicznie 1 kpl	955 tys.zł	1 kpl	955
2/ Piaskownik poziomy mech. czyszczony 1 kpl	795 tys.zł	1 kpl	795
3/ Urządzenia pomiarowe 1 kpl	84 tys.zł	"	84
4/ Osadniki wstępne radialne	1539 zł/m <sup>3</sup>	9500 m <sup>3</sup>	14 620
5/ Komory napowietrzania typu Inka	1360 zł/m <sup>3</sup>	8000 m <sup>3</sup>	10 900
6/ Osadniki wtórne radialne	1540 zł/m <sup>3</sup>	9000 m <sup>3</sup>	13 860
7/ Zagęszczacz grawitacyjny radialny	1540 zł/m <sup>3</sup>	1760 m <sup>3</sup>	2 720
8/ Przepompownia ścieków i osadów	2140 zł/m <sup>3</sup> /h	2125 m <sup>3</sup> /h	4 550
9/ Stacja dmuchaw	16,5 zł/m <sup>3</sup>	75 000 m <sup>3</sup> /h	1 240
10/ Zbiorniki zarobowo-roztorowe Al <sub>2</sub> /SO <sub>4</sub> /3	1620 zł/m <sup>3</sup>	240 m <sup>3</sup>	400
11/ Wirówki sedymentacyjne P=5000 1 szt	5500 tys.zł	4 szt.	22 000
12/ Poletka do składowania osadu	310 zł/m <sup>2</sup>	1280 m <sup>2</sup>	6 930
13/ Suma nakładów I p <sub>1</sub>	-	-	78 654
14/ Nakłady podstawowe Ip=a.Ip <sub>1</sub>	a = 1,21	-	95 200
15/ Nakłady całkowite Ib=b.Ip	b = 1,67	-	159 000



Tablica 13

Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków z zastosowaniem metody koagulacji symultanicznej  $q = 50\ 000\ m^3/dn$

Rodzaj obiektów oczyszczalni	Koszt jednostkowy w zł/m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /	Wielkość urządzenia w m <sup>3</sup> lub m <sup>2</sup>	Koszt urządzenia lub obiektu w tys. zł
1/ Krata czyszczona mechanicznie 1 kpl	1430 tys. zł	1 kpl	1 430
2/ Piaskownik z mechanicznym czyszczeniem 1 kpl.	1300 tys. zł	1 kpl	1 300
3/ Osadniki wstępne radialne	1220 zł/m <sup>3</sup>	22400 m <sup>3</sup>	27 300
4/ Urządzenia pomiarowe 1 kpl	120 tys. zł	1 kpl	120
5/ Komory napowietrzania typu Inka	1290 zł/m <sup>3</sup>	20000	25 800
6/ Osadniki wtórne radialne	1220 zł/m <sup>3</sup>	22400	27 300
7/ Zagęszczacz radialny /grawitacyjny/	1370 zł/m <sup>3</sup>	4400	6 030
8/ Przepompownia osadów i ścieków	1730 zł/m <sup>3</sup> h	4950 m <sup>3</sup> /h	8 560
9/ Stacja dmuchaw	16 zł/m <sup>3</sup>	188000 m <sup>3</sup> /h	3 050
10/ Zbiorniki zarobowo- roztworowe	1540 zł/m <sup>3</sup>	600	1 000
11/ Wirówki sedymentacyjne P-5000 1 szt.	5500 tys. zł	10 szt.	55 000
12/ Poletka do składowania osadu	300 zł/m <sup>2</sup>	32000 m <sup>2</sup>	9 600
13/ Suma nakładów I p <sub>1</sub>	-	-	166 490
14/ Nakłady podstawowe $I_p = a \cdot I_{p1}$	$a = 1,21$	-	202 000
15/ Nakłady całkowite $I_c = b \cdot I_p$	$b = 1,67$	-	337 500

Tabela 14

Zestawienie elementów rachunku, kosztów eksploatacyjnych mechaniczno-biologicznych oczyszczalni ścieków celulozowych z zastosowaniem koagulacji symultanicznej za pomocą siarczanu glinowego

Wyszczególnienie elementów rachunku kosztów	Koszty eksploatacyjne w tys. zł.		
	Oczyszczalnia $q_1=10000$ m <sup>3</sup> /dn	Oczyszczalnia $q_2=20000$ m <sup>3</sup> /dn	Oczyszczalnia $q_3=50000$ m <sup>3</sup> /dn
1/ Koszty obsługi	1400	2275	3210
2/ Koszty energii elektrycznej	2220	4440	11000
3/ Koszty reagentów	14501	29002	72505
4/ Koszty remontów kapitaln.	1670	3180	6750
5/ Koszty remontów bieżących	667	11272	2710
6/ Koszty ogólne	4092	8034	19255
7/ Koszty eksploatacji /1-6/	24550	48203	115530
8/ Koszty amortyzacji	2920	5550	11310
9/ Koszty własne /1-8/	27470	53753	127340
10/ Opłata za ścieki /BZT <sub>5</sub> /	380	760	1900
11/ Koszty własne wraz z opłatą	27850	53513	129240
12/ Wskaźniki efektywności E odnośnie			
a/ do ilości ścieków w zł/m <sup>3</sup>	9,7	9,4	8,7
b/ do usunięcia BZT <sub>5</sub> w zł/kg BZT <sub>5</sub>	34,8	33,8	31,3
c/ do usuniętego ChZT w zł/kg ChZT	15,7	15,3	14,2
d/ do usuniętej barwy w zł/kg Pt	13,7	13,3	12,3



Tablica 15

Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno - chemiczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych  $q = 10\ 000\ m^3/dn$

Rodzaj obiektów oczyszczalni	Koszt jedno-	Wielkość	Koszt
	stkowy	urządzenia	urządzenia lub obiektu
	w zł/m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /	w m <sup>3</sup> lub m <sup>2</sup>	w tys.zł
1/ Kraty czyszczone mechanicznie	810 tys.zł	1 kpl	810
2/ Piaskownik z mechanicznym usuwaniem i odwadnianiem osadu	665 tys.zł	1 kpl	665
3/ Osadnik wstępny radialny	1600 zł/m <sup>3</sup>	5000 m <sup>3</sup>	8050
4/ Urządzenie pomiarowe	66 tys.zł	1 kpl	66
5/ Komora redukcji /t=30min/	2430 zł/m <sup>3</sup>	420 m <sup>3</sup>	1015
6/ Zbiornik zarobowo roztworowy mleka wapiennego	1620 zł/m <sup>3</sup>	120 m <sup>3</sup>	195
7/ Osadnik pokoagulacyjny	1620 zł/m <sup>3</sup>	1670 m <sup>3</sup>	2705
8/ Komora saturacji /t=1 h/	1460 zł/m <sup>3</sup>	880 m <sup>3</sup>	1285
9/ Osadnik posaturacyjny /t=8h/	1540 zł/m <sup>3</sup>	6350 m <sup>3</sup>	9780
10/Ujęcie i przygotowanie gazów kominowych	420 zł/m <sup>3</sup> h	8800 m <sup>3</sup> /h	3700
11/Komora osadu czynnego/Inka/	1540 zł/m <sup>3</sup>	2460 m <sup>3</sup>	3800
12/Osadnik wtórny /po oczysz. biolog./	1600 zł/m <sup>3</sup>	5000	8050
13/Stacja dmuchaw	16,5 zł/m <sup>3</sup>	29000 m <sup>3</sup> /h	480
14/Przepompownia osadów i ścieków	3240 zł/m <sup>3</sup> h	1062 m <sup>3</sup> /h	3450
15/Komora mieszania osadów	1620 zł/m <sup>3</sup>	150 m <sup>3</sup>	243
16/Zagęszczacz grawitacyjny /t=8 h/	2920 zł/m <sup>3</sup>	255 m <sup>3</sup>	675
17/Wirówki sediment.Sharpless P-3400	2477 tys.zł/st.	1 szt.	2477
18/Telny do składowania osadów	310 zł/m <sup>2</sup>	8750 m <sup>2</sup>	2720
19/Suma nakładów Ip <sub>1</sub>			49 966
20/Nakłady postawowe Ip=a.Ip <sub>1</sub>	a=1,21	-	60 500
21/Nakłady całkowite Ic=b.Ip	b=1,67		101 000

Tablica 16

Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno - chemiczno biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych  $q = 20\ 000\ m^3/dn$

Rodzaj obiektów oczyszczalni	Koszt jednostkowy w zł/m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /	Wielkość urządzenia w m <sup>3</sup> /lub m <sup>2</sup>	Koszt urządzenia, lub obiektów w tys. zł
1/ Kraty czyszczone mechanicznie	955 tys. zł	1 kpl	955
2/ Piaskownik z mechan. usuwaniem osadu	795 tys. zł	1 kpl	795
3/ Urządzenie pomiarowe	84 tys. zł	1 kpl	84
4/ Osadniki wstępne radia ne	1539 zł/m <sup>3</sup>	9500	14 620
5/ Komora reakcji /t=30 min/	2430 zł/m <sup>3</sup>	840	2 040
6/ Zbiornik zarobowo-roztorowy mleka wapiennego	1620 zł/m <sup>3</sup>	240	390
7/ Osadnik pokoagulacyjny	1600 zł/m <sup>3</sup>	3180	5 100
8/ Komora saturacji /t=1 h/	1460 zł/m <sup>3</sup>	1760	2 570
9/ Osadnik posaturacyjny /t=8h/	1300 zł/m <sup>3</sup>	12700	16 550
10/ Ujęcie i przygotowanie gazów kominowych	410 zł/m <sup>3</sup> g h	17 600	7 220
11/ Komora osadu czynnego /Inka/	1540 zł/m <sup>3</sup>	4500	6 830
12/ Osadniki wtórne po oczyszc. biolog.	1540 zł/m <sup>3</sup>	9000	13 860
13/ Stacja dmuchaw	16,5 zł/m <sup>3</sup>	58 000	960
14/ Przepompownia osadów i ścieków	2140 zł/m <sup>3</sup>	2125	4 550
15/ Komora mieszania osadów	1620 zł/m <sup>3</sup>	300 m <sup>3</sup>	286
16/ Zagęszczacz grawitac. /t=8h/	2840 zł/m <sup>3</sup>	510 m <sup>3</sup>	1 450
17/ Wirówki sedymentacyjne Sharpless P-3400	2477 tys. zł / szt.	2 szt.	4 954
18/ Tereny do składowania osadów	310 zł/m <sup>2</sup>	17500	5 440
19/ Suma nakładów Ip <sub>1</sub>	-	-	88 654
20/ Nakłady podstawowe Ip=a.Ip <sub>1</sub>			107 000
21/ Nakłady całkowite Ic=b.Ip			179 000



Tablica 17

Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno - chemiczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych o przepustowości  $q = 50\ 000\ m^3/dn$

Rodzaj obiektów oczyszczalni	Koszt jednostkowy w zł/m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /	Wielkość urządzenia m <sup>3</sup> /lub m <sup>2</sup>	Koszt urządzenia lub obiektu w tys. zł
1/ Kraty czyszczone mechanicznie	1430 tys. zł	1 kpl	1 430
2/ Piaskownik z mechanicznym usuwaniem i odwadnianiem osadu	1300 tys. zł	1 kpl	1 300
3/ Urządzenie pomiarowe	120 tys. zł	1 kpl	120
4/ Osadniki wstępne radialne	1220 zł/m <sup>3</sup>	22 400	27 300
5/ Komora reakcji/t=30 min/	2160 zł/m <sup>3</sup>	2 100	4 540
6/ Zbiornik zarobowo-roztorowy	1620 zł/m <sup>3</sup>	500	980
7/ Osadnik pokoagulacyjny	1540 zł/m <sup>3</sup>	7 940	12 240
8/ Komora saturacji /t=1 h/	1460 zł/m <sup>3</sup>	4170 m <sup>3</sup>	6 070
9/ Osadnik posaturacyjny	1220 zł/m <sup>3</sup>	30100 m <sup>3</sup>	36 900
10/ Ujęcie i przygotowanie gazów kominowych	400 zł/m <sup>3</sup> h	44000 m <sup>3</sup> /h	17 600
11/ Komora osadu czynnego /Inka/	1380 zł/m <sup>3</sup>	11200 m <sup>3</sup>	15 460
12/ Osadnik wtórny po oczyszc. biolog.	1220 zł/m <sup>3</sup>	22400	27 300
13/ Stacja dmuchaw	16 zł/m <sup>3</sup> h	145500 m <sup>3</sup> /h	2 325
14/ Przepompownia osadów i ścieków	1730 zł/m <sup>3</sup> h	4950 m <sup>3</sup> /h	8 560
15/ Komora mieszania osadów	1600 zł/m <sup>3</sup>	750 m <sup>3</sup>	1 200
16/ Zagęszczacz grawitacyjny/t=8h/	2590 zł/m <sup>3</sup>	1275 m <sup>3</sup>	3 320
17/ Wirówki sedymentacyjne Sharpless P-3400	2477 tys. zł 1 szt.	5 szt	12 350
18/ Tereny do składowania osadów	300 zł/m <sup>2</sup>	43700 m <sup>2</sup>	<u>13 100</u>
19/ Suma nakładów Ip <sub>1</sub>			190 095
20/ Nakłady podstawowe Ip=a.Ip <sub>1</sub>			230 000
21/ Nakłady całkowite Ic=b.Ip			384 000

Tablica 18

Zestawienie elementów rachunku kosztów eksploatacyjnych mechaniczno-chemiczno biologicznych oczyszczalni ścieków celulozowych

Wyszczególnienie elementów rachunku kosztów	Koszty eksploatacji w tys. zł.		
	Oczyszczalnia $q_1=10000$ m <sup>3</sup> /dn	Oczyszczalnia $q_2=20000$ m <sup>3</sup> /dn	Oczyszczalnia $q_3=50000$ m <sup>3</sup> /dn
1/ Koszty obsługi	1620	2610	4200
2/ Koszty energii elektrycznej	1440	2880	7200
3/ Koszty surowców i reagentów	9262	18524	46300
4/ Koszty remontów kapitałnych	2020	3580	7630
5/ Koszty remontów bieżących	810	1430	3350
6/ Koszty ogólne	3030	5804	13716
7/ Koszty eksploatacji	18182	34828	82176
8/ Koszty amortyzacji	3640	6260	13100
9/ Koszty własne /1-8/	21822	41083	95376
10/ Opłata za ścieki	262	524	1310
11/ Koszty własne wraz z opłatą za ścieki	22084	41612	97136
12/ Wskaźniki efektywności inwestycji E odniesione			
a/ $E_1$ do ilości ścieków w zł/m <sup>3</sup>	8,5	7,9	7,2
b/ $E_2$ do usuniętego BZT <sub>5</sub> w zł/kg BZT <sub>5</sub> usun.	30,1	28	25,5
c/ $E_3$ do usuniętego ChZT w zł/g ChZT usun.	11,2	10,4	9,5
d/ $E_4$ do usuniętej barwy w zł/kg Pt us.	11,2	10,4	9,45



Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków z zastosowaniem czystego tlenu w komorze osadu czynnego.  
Przepustowość  $q = 10\ 000\ m^3/dn$

Rodzaj obiektu oczyszczalni mechaniczno-biologicznej	Koszt jednostkowy  w zł/m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	Wielkość /kubatura/urządzenia  w m <sup>2</sup> lub m <sup>3</sup>	Koszt urządzenia lub obiektu  w tys. zł
1/ Urządzenia stopnia mechanicznego oczyszczania ścieków, krata, płaskownik, urząd. pomiarowe i osadnik wstępny radialny	jak w tablicy	jak w tablicy	9591
2/ Zamknięte komory osadu czynnego typu UNOX	2560zł/m <sup>3</sup>	2520 m <sup>3</sup>	6450
3/ Osadniki wtórne/t=3 h/	1425zł/m <sup>3</sup>	2500 m <sup>3</sup>	1636
4/ Komora stabilizacji osadu czynnego	2050zł/m <sup>3</sup>	1148 m <sup>3</sup>	2350
5/ Zagęszczacz osadu stabiliz.	2592zł/m <sup>3</sup>	36 m <sup>3</sup>	93
6/ Poletka osadowe	745zł/m <sup>2</sup>	9350 m <sup>2</sup>	7000
7/ Składowanie osadu	440zł/m <sup>2</sup>	983 m <sup>2</sup>	436
8/ Wytwórnia tlenu	3280zł/kg O <sub>2</sub> /dn	3440 kg O <sub>2</sub> /dn	11300
9/ Przepompownia osadów ścieków	4210zł/m <sup>3</sup> h	812m <sup>3</sup> /h	3420
10/ Suma nakładów Ip			42276
11/ Nakłady podstawowe Ip=a·Ip <sub>1</sub>	1,21		51154
12/ Nakłady całkowite Ic=b·Ip	1,67		85427

Tablica 20

Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków z zastosowaniem czystego tlenu w komorze osadu czynnego. Przepustowość  $q = 20\ 000\ m^3/dn$

Rodzaj obiektu oczyszczalni mechaniczno - biologicznej	Koszt jednostkowy obj. budowlanej w zł/m <sup>3</sup>	Wielkość urządzenia w m <sup>3</sup> lub m <sup>2</sup>	Koszt urządzenia lub obiektu w tys. zł
1/ Urządzenia mechanicznego stopnia oczyszczania ścieków, krata, piaskownik, urządz. pomiarowe, osadnik wstępny	jak w tablicy	jak w tablicy	16 454
2/ Zamknięte komory osadu czynnego typu UNOX	2490 zł/m <sup>3</sup>	4536 m <sup>3</sup>	11 294
3/ Osadniki wtórne /t=3h/	1540 zł/m <sup>3</sup>	5000 m <sup>3</sup>	7 700
4/ Komora stabilizacji osadu /7 dn/	1910 zł/m <sup>3</sup>	2065 m <sup>3</sup>	3 947
5/ Zagęszczacz osadu ustabilizowanego /t=6 h/	2190 zł/m <sup>3</sup>	74 m <sup>3</sup>	161
6/ Poletka osadowe	500 zł/m <sup>2</sup>	18700 m <sup>2</sup>	9 350
7/ Składowanie osadu	440 zł/m <sup>2</sup>	1966 m <sup>2</sup>	867
8/ Wytwornica tlenu	2470 zł/kg O <sub>2</sub> /dn	6880 kg O <sub>2</sub> /dn	15 830
9/ Przepompownia osadów i ścieków	2660 zł/m <sup>3</sup> h	1624 m <sup>3</sup> /h	4 310
10/ Suma nakładów I p <sub>1</sub>			69 913
11/ Nakłady podstawowe Ip=a.Ip <sub>1</sub>	a=1,21		84 594
12/ Nakłady całkowite Ic=b.Ib	b=1,67		141 270



Tablica 21

Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków z zastosowaniem czystego tlenu w komorze osadu czynnego. Przepustowość  $q = 50\ 000\ m^3/dn$

Rodzaj obiektu oczyszczalni mechaniczno-biologicznej	Koszt jednostkowy obj. budowlanej w zł/m <sup>3</sup>	Wielkość /kubatura/ urządzenia w m <sup>2</sup> lub m <sup>3</sup>	Koszt urządzenia obiektu w tys. zł
1/ Urządzenia mechanicznego stopnia oczyszczania ścieków, krata, piaskownik, urz. pomiarowe, osadnik wstępny	jak w tablicy	jak w tablicy	30 150
2/ Zamknięte komory osadu czynnego typu UNOX	2165 zł/m <sup>3</sup>	11 300 m <sup>3</sup>	24 500
3/ Osadniki wtórne /t=3h/	1540 zł/m <sup>3</sup>	11 99 m <sup>3</sup>	18 400
4/ Komora stabilizacji osadu nadmiernego	1735 zł/m <sup>3</sup>	4590 m <sup>3</sup>	7 980
5/ Zagęszczacz osadu ustabilizowanego	3060 zł/m <sup>3</sup>	180 m <sup>3</sup>	5 500
6/ Poletka osadowe	500 zł/m <sup>2</sup>	46700 m <sup>2</sup>	23 400
7/ Wytwornica tlenu	1435 zł/kg 0 dn	17200 kg/O <sub>2</sub>	25 700
8/ Pompownia ścieków i osadów	1810 <sup>2</sup> zł/m <sup>3</sup> h	4060 <sup>dn</sup> m <sup>3</sup> /h	7 370
9/ Poletka dla składowania osadu	356 zł/m <sup>2</sup>	4900 m <sup>2</sup>	<del>1 745</del>
10/ Suma nakładów Ip <sub>1</sub>			144 745
11/ Nakłady podstawowe Ip=a.Ip	a=1,21		175 141
12/ Nakłady całkowite Ic=b.Ip	b=1,67		292 486

Zestawienie elementów rachunku kosztów eksploatacyjnych mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków, z zastosowaniem czystego tlenu.

Szczególnienie elementów rachunku kosztów.	Koszty eksploatacyjne w tys.zł.		
	Oczyszczalnia $q_1=10000\text{m}^3/\text{dn}$	Oczyszczalnia $q_2=20000\text{m}^3/\text{dn}$	Oczyszczalnia $q_3=50000\text{m}^3/\text{dn}$
Koszty obsługi	1262	2047	3280
Koszty energii elektrycznej	654	1319	3297
Koszty surowców i reagentów	3352	6704	16780
Koszty remontów kapitałnych	1708	2825	5850
Koszty remontów bieżących	683	1130	2340
Koszty ogólne	1531	2805	6309
Koszty eksploatacji	9190	16830	37856
Koszty amortyzacji	2990	4944	40257
Koszty własne /1-8/	12180	21774	48093
Oплата za ścieki	584	1168	2920
Koszty własne wraz z opłatą	12764	22942	51013
Wskaźniki efektywności E odniesione do:			
a/ $E_1$ w stosunku do ilości ścieków w $\text{zł}/\text{m}^3$	5,5	4,8	4,1
b/ $E_2$ w stosunku do usuniętego BZT <sub>5</sub> w $\text{zł}/\text{kg BZT}_5$	20,7	18,0	15,5
c/ $E_3$ w stosunku do usuniętego ChZT w $\text{zł}/\text{kg ChZT}$	12,7	11,0	9,5
d/ $E_4$ w stosunku do usuniętej barwy w $\text{zł}/\text{kg Pt barwy}$	12,9	11,1	9,6



Tablica 23

Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno biologicznej oczyszczalni ścieków o przepustowości 10 000 m<sup>3</sup>/dn /Zastosowanie wirników mechanicznych do napowietrzania/

Rodzaj obiektu oczyszczalni mechaniczno-biologicznej	Koszt jednostkowy obj. budowlanej w zł/m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /	Wielkość /kubatura/ urządzenia m <sup>3</sup> lub m <sup>2</sup>	Koszt urządzenia lub obiektu w tys. zł
1/ Kraty czyszczone mechanicznie	810 tys. zł	1 kpl	810
2/ Piaskownik z mech. usuwaniem piasku	665 tys. zł	1 kpl	665
3/ Osadnik wstępny	1600 zł/m <sup>3</sup>	5000 m <sup>3</sup>	8050
4/ Urządzenie pomiarowe	66 tys. zł	1 kpl	66
5/ Komory osadu czynnego i kom. stabilizacji tlenowej /wirniki mechaniczne/	1920 zł/m <sup>3</sup>	7200 m <sup>3</sup>	13824
6/ Osadnik wtórny radialny	1600 zł/m <sup>3</sup>	5000 m <sup>3</sup>	8050
7/ Zagęszczacz radialny	2030 zł/m <sup>3</sup>	98 m <sup>3</sup>	200
8/ Poletka osadowe	672 zł/m <sup>2</sup>	15000 m <sup>2</sup>	10200
9/ Tereny do składowania osadu	440 zł/m <sup>2</sup>	1420 m <sup>2</sup>	620
10/Przepompownia ścieków i osad.	3240 zł/m <sup>3</sup> h	1062 m <sup>3</sup> /h	3450
11/Suma nakładów Ip <sub>1</sub>			45 935
12/Nakłady podstawowe Ip=a.Ip <sub>1</sub>	a=1,21		55 581
13/Nakłady całkowite Ic=b.Ip	b=1,67		92 820

Tablica 24

Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych o przepustowości  $q=20\ 000\ m^3/dn$

/Zastosowanie wirników mechanicznych do napowietrzania komory osadu czynnego/

Rodzaj obiektu oczyszczalni mechaniczno-biologicznej	Koszt jednostki objętości budowlanej zł/m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /	Wielkość urządzenia w m <sup>3</sup> lub m <sup>2</sup>	Koszt urządzenia w tys.zł
1/Krata czyszczona mechanicznie	955 tys.zł	1 kpl	955
2/ Piaskownik poziomy mech. czyszczony	795 tys.zł	1 kpl	795
3/ Urządzenie pomiarowe	84 tys.zł	1 kpl	84
4/ Osadnik wstępny radialny	1540 zł/m <sup>3</sup>	9500 m <sup>3</sup>	14620
5/ Komory napowietrzania i stabilizacji osadu z wirnikami mechanicznymi	1780 zł/m <sup>3</sup>	12400 m <sup>3</sup>	22100
6/ Osadniki wtórne	1540 zł/m <sup>3</sup>	9000 m <sup>3</sup>	13860
7/ Zagęszczacz radialny	1950 zł/m <sup>3</sup>	177 m <sup>3</sup>	344
8/ Poletka osadowe	500 zł/m <sup>2</sup>	30000 m <sup>2</sup>	15000
9/ Tereny do składowania osadu	370 zł/m <sup>2</sup>	2850 m <sup>2</sup>	1062
10/Przepompownia ścieków i osadów	2140 zł/m <sup>3</sup> h	2125 m <sup>3</sup> /h	4550
11/Suma nakładów $I_p$			73 370
12/Nakłady podstawowe $I_p=a \cdot I_{p1}$	a=1,21		88 780
13/Nakłady całkowite $I_c=b \cdot I_p$	b=1,67		148 260



Tablica 25

Zestawienie jednostkowych wskaźników kosztów inwestycyjnych i kosztów poszczególnych urządzeń mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków celulozowych o przepustowości

$$q = 50\ 000\ \text{m}^3/\text{dn}$$

/Zastosowanie wirników mechanicznych do napowietrzania komory osadu czynnego/

Rodzaj obiektu oczyszczalni mechaniczno-biologicznej	Koszt jednostkowy obj. budowlanej zł/m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /	Wielkość urządzenia w m <sup>3</sup> lub m <sup>2</sup>	Koszt urządzenia w tys.zł
1/ Kraty czyszczone mechanicznie	1430 tys.zł	1 kpl	1 430
2/ Piaskownik z mechanicznym czyszczeniem	1300 tys.zł	1 kpl	1 300
3/ Osadniki wstępne radialne	1220 zł/m <sup>3</sup>	22400 m <sup>3</sup>	27 300
4/ Urządzenia pomiarowe	120 tys.zł	1 kpl	120
5/ Komory osadu czynnego, komory stabilizacji, tlenowej, /wirniki mechaniczne/	1700 zł/m <sup>3</sup>	32000 m <sup>3</sup>	54 300
6/ Osadniki wtórne radialne	1220 zł/m <sup>3</sup>	22400 m <sup>3</sup>	27 300
7/ Zagęszczacz osadu	2840 zł/m <sup>3</sup>	417 m <sup>3</sup>	1 180
8/ Poletka osadowe	405 zł/m <sup>2</sup>	75 000 m <sup>2</sup>	30 400
9/ Przepompownia ścieków i osadów	1730 zł/m <sup>3</sup> h	4950 m <sup>3</sup> /h	8 560
10/ Tereny do składowania osadu	356 zł/m <sup>2</sup>	7050 m <sup>2</sup>	2 520
11/ Suma nakładów $I_{p1}$			154 410
12/ Nakłady podstawowe $I_p = a \cdot I_{p1}$	$a = 1,21$		186 840
13/ Nakłady całkowite $I_c = b \cdot I_b$	$b = 1,67$		312 020

Tablica 26

Zestawienie elementów rachunku kosztów eksploatacyjnych mechaniczno - biologicznej oczyszczalni ścieków z zastosowaniem wirników mechanicznych do napowietrzania komory osadu czynnego.

Wyszczególnienie elementów rachunku kosztów	Koszty eksploatacji w tys. zł.		
	Oczyszczalnia $q_1=10\ 000$ m <sup>3</sup> /dn	Oczyszczalnia $q_2=20\ 000$ m <sup>3</sup> /dn	Oczyszczalnia $q_3=50\ 000$ m <sup>3</sup> /dn
1/Koszty obsługi	1260	2040	3250
2/Koszty energii elektrycznej	920	1840	4600
3/Koszty surowców i reagentów	3352	6704	16760
4/Koszty remontów kapitalnych	1855	2965	6240
5/Koszty remontów bieżących	742	1187	2500
6/Koszty ogólne	1325	2950	6675
7/Koszty eksploatacji	10954	17686	40045
8/Koszty amortyzacji	3250	5185	10910
9/Koszty własne /1-8/	14204	22871	50955
10/Opłata za ścieki	584	1168	2920
11/Koszty własne wraz z opłatą	14788	24039	53875
12/Wskaźniki efektywności E odniesione do			
a/ $E_1$ w stosunku do ilości ścieków w zł/m <sup>3</sup>	6,3	5,0	4,4
b/ $E_2$ w stosunku do usuniętego BZT <sub>5</sub> w zł/kg BZT <sub>5</sub>	23,6	18,9	16,4
c/ $E_3$ w stosunku do usuniętego ChZT w zł/kg ChZT	14,4	11,5	10
d/ $E_4$ w stosunku do usuniętej barwy w zł/kg Pt barwy	146	117	102









B

16 627



400000000113016