

JÓZEF FLAKOWICZ

## CHARAKTERYSTYKA PROCESU ZAGĘSZCZANIA OSADÓW ZE ŚCIEKÓW MIEJSKICH W ODNIESIENIU DO METOD ICH PRZERÓBKİ

### 1. Wstęp

Osady powstające w toku procesów oczyszczania ścieków miejskich mogą być unieszkodliwiane przy zastosowaniu różnych metod.

W większości ze stosowanych sposobów przeróbki wysokie początkowe uwodnienie osadów stanowi utrudnienie prowadzenia procesu i powoduje ograniczenia wydajności urządzeń. W szczególności dotyczy to najpowszechniej stosowanej, wydzielonej fermentacji osadów w komorach ogrzewanych z uwagi nie tylko na potrzebną objętość komór, ale również i ich bilans cieplny.

Redukcja początkowego uwodnienia osadów w tym przypadku pozwalałaby na zastosowanie komór odpowiednio zmniejszonej objętości, a ponadto na korzystniejsze warunki ich eksploatacji.

Zagęszczanie osadów przed ich dalszą przeróbką ma więc podstawowe znaczenie przede wszystkim w odniesieniu do tych rodzajów osadów, które odznaczają się wysokim stopniem uwodnienia, jak np. osad nadmierny z procesu biologicznego oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego.

Osady oddzielone ze ścieków, w czasie zatrzymania ich w osadnikach, ulegają naturalnemu zagęszczeniu, lecz w stopniu stosunkowo nieznacznym. Intensyfikacja procesu zagęszczania jest możliwa na drodze procesów wyodrębnionych, w szczególności przy zastosowaniu mieszania osadów [1] ÷ [7], [10] ÷ [14].

Zagadnienie mechanicznego zagęszczania osadów ma stosunkowo duże znaczenie z uwagi na postępujące rozpowszechnienie urządzeń do biologicznego oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego.

## 2. Charakterystyka urządzeń doświadczalnych

Dla wyznaczenia parametrów procesu zagęszczania, przeprowadzono w okresie od 30. 9. 1962 do 30. 6. 1963 r. badania w skali technicznej na wybudowanej w tym celu stacji doświadczalnej na oczyszczalni ścieków w Kielcach. Badaniom poddano nadmierny osad czynny oraz osady mieszane: wstępne i wtórne.

Urządzenia doświadczalne obejmowały zbiornik stalowy  $\emptyset 1,0\text{m}$ , wysokości  $3,50\text{ m}$ , z mieszadłem oraz kolumnę obserwacyjną  $\emptyset 0,50\text{ m}$ , wysokości ok.  $3,5\text{ m}$ . Kolumna wykonana została dla umożliwienia przeprowadzenia obserwacji porównawczych procesu zagęszczania w warunkach naturalnych (rys. 1). Obydwa urządzenia wyposażono w kurki czerpalne do poboru prób i oszklone wzierniki.

## 3. Charakterystyka osadów ściekowych

Na własności osadów na wpływ szereg czynników, głównie zaś:

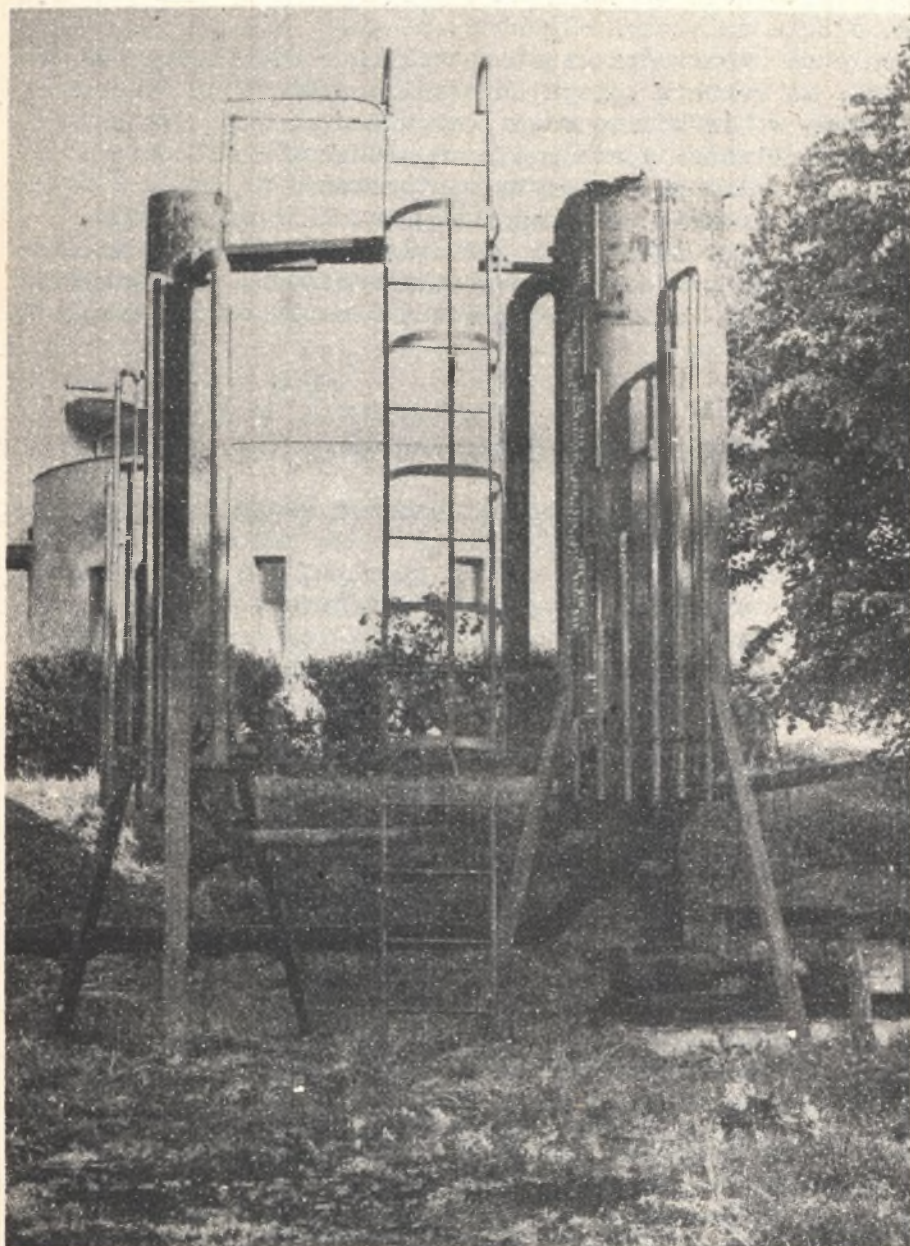
- a) jakość ścieków,
- b) rodzaj metod oczyszczania,
- c) typy urządzeń, ich obciążenie i warunki eksploatacji.

Dla procesu zagęszczania istotne byłoby ustalenie własności, które mogą charakteryzować zmiany zachodzące w toku tego procesu.

Za główną cechę klasyfikacyjną osadów uzyskanych do prób przyjęto ich uwodnienie (p %), a ponadto dla osadów wtórnych objętościową koncentrację zawiesiny (z %). Oznaczanie koncentracji zawiesiny przyjęto dla ułatwienia badań kinetyki procesu i wykonywano je przez sączenie próby  $100\text{ ml}$  na lejkach Büchnera przy podciśnieniu  $25 \div 30\text{ cm}$  słupa rtęci.

Zagęszczanie osadów polega w zasadzie na zmniejszaniu ich uwodnienia. Możliwość oddzielenia wody, występującej w osadach ściekowych, zależy od form, w jakich ona występuje. Można sklasyfikować te formy następująco (wg Pöpela:)

- a) woda wolna - wypełniająca przestrzenie między stałymi cząstkami osadu,
- b) woda związana w koloidach,
- c) woda kapilarna,
- d) woda związana chemicznie lub biologicznie ze składnikami osadu.



Rys. 1. Urządzenia doświadczalne

W procesie zagęszczania osadów może być praktycznie brana pod uwagę tylko woda występująca w postaci wolnej, a możliwość jej oddzielenia zależy od struktury osadu.

Zależnie od zwartości cząstek stałych osadu ilości wspomnianej wody są różne w kolejnych stadiach procesu i charakteryzują zmiany w strukturze osadu, spowodowane jego zagęszczaniem. W szczególności ujawnia się to w zakresie oznaczeń objętościowej koncentracji zawiesiny zastosowanej do osadu wtórnego w oparciu o badania Coackleya [8] nad filtracją osadu.

Jak okazuje się, istnieją pewne zależności między wielkością koncentracji zawiesiny i uwodnieniem osadu. Współczynnik korelacji dla tych oznaczeń, określony z wielu serii badań, wyniósł ok. 0,5.

#### 4. Przebieg i wyniki I etapu badań

Jak już wspomniano, badania przeprowadzono etapowo na dwu rodzajach osadów. W etapie I wykonano badania nad osadem wtórnym po procesie oczyszczania osadem czynnym, a w II nad osadami mieszanymi z osadnikami wstępnymi i wtórnymi.

Charakterystyka osadów wtórnych, poddanych badaniom, odznaczała się znaczną zmiennością. Wartości liczbowe poszczególnych oznaczeń przedstawiają się następująco:

indeks osadowy	103-178 ml/g
uwodnienie początk.	98,4-99,7%
średnie uwodn. pocz.	99,2%
koncentracja zawies. pocz.	2-18%
średnia konc. zawies.	8%
sucha pozostałość	1,6-0,3
substancje lotne	73,9-90,4%
substancje mineralne	26,1-9,6%
gęstość (w temp 20°C)	0,99692-1,00042
gęstość przesączu	0,99650-0,99762
lepkość osadu kinemat. (20°C)	2,32-3,48 cSt
lepkość przesączu kinemat. (20°C)	1,07-1,076 cSt

Zakres badań obejmował określenie charakterystyki procesu zagęszczania dotyczącej efektów ilościowych oraz szybkości jego przebiegu. W tym celu w toku procesu zagęszczenia osadów w urządzeniach doświadczalnych prowadzono obserwacje oddzielania się wody nadosadowej i pobierano do oznaczeń laboratoryjnych próby na różnych głębokościach obu urządzeń doświadczalnych.

W I etapie wykonano ogółem 41 serii badań w cyklach ok. 24-godzinnych. Oddzielająca się w urządzeniach woda nadosadowa pozwalała na bezpośrednie śledzenie intensywności procesu. Dla ustalenia charakterystyki przebiegu procesu szybkość jego nie jest wskaźnikiem jednoznacznym.

Jak wynika z oznaczeń laboratoryjnych, oddziałający się osad nie stanowi jednolicie zagęszczającej się masy, gdyż powstają warstwy o różnej zawartości zawiesiny jak również rozwarstwienia z cieczą sklarowaną. Zjawisko to wielokrotnie obserwowano w procesie naturalnego zagęszczania. Z oznaczeń laboratoryjnych wynika, że na ogół stopień zagęszczenia osadu zwiększa się ze wzrostem głębokości jak również wzrasta z upływem czasu. Na regularność tę mają wpływ warunki gromadzenia osadu w osadnikach. Zbyt długie zatrzymywanie w nich osadu powodowało, poza już opisanymi nieregularnościami, tworzenie się kożucha w urządzeniach lub wypływanie osadu. Przy projektowaniu zagęszczaczy należy uwzględnić optymalny czas kumulacji osadu w osadnikach, który zależy od charakterystyki osadu, ale w każdym przypadku wskazane jest, aby był on możliwie krótki. Przemawia za tym również okoliczność, że w zwykłych warunkach przy usuwaniu osadu z osadników następuje zawsze częściowy odpływ ścieków, które rozcieńczają zagęszczone już wstępne osady, a ponadto, że w wyodrębnionym procesie zagęszczania istnieje możliwość jego regulowania przy zastosowaniu mechanicznego mieszadła.

Z obserwacji tak prowadzonego procesu, przy użyciu mieszadła poruszanego w sposób ciągły wynika, że w odróżnieniu od zagęszczenia naturalnego, proces mechaniczny przebiega korzystniej. Wyraźnie można stwierdzić dodatni wpływ mieszania na całość procesu. Wyraża się to zarówno równomiernością wzrostu zagęszczania osadu wraz z głębokością w toku procesu jak również jego efektami końcowymi.

## 5. Parametry procesu zagęszczania osadów wtórnych

### 5.1. Zależność procesu zagęszczania osadów wtórnych od czasu

Przebieg procesu może być określony:

- a) w oparciu o zmiany w strukturze osadu,
- b) według oznaczeń uwodnienia lub koncentracji zawiesiny.

Stosownie do tego stwierdzić można, że zmianom w strukturze towarzyszy oddzielanie się wody nadosadowej, które jak wynika z obserwacji z upływem czasu słabnie, a najintensywniej następuje w okresie początkowych 4-6 godzin. Dlatego też uzyskane efekty procesu oznaczano po czasie 6 godzin. Obserwacje oddzielania się wody nadosadowej wykorzystano dla określenia szybkości procesu zagęszczania. Na tej podstawie sformułowano zależność położenia powierzchni rozdzielającej osady i sklarowaną ciecz od czasu w warunkach zagęszczania mechanicznego. Dla napełnienia urządzeń doświadczalnych do ok. 3,0 m zależność ta odpowiadająca obserwacjom większości wykonanych serii badań, może być określona wg funkcji potęgowej (rys. 2):

$$H = \frac{3,06}{t^{0,34}}$$

gdzie:

t - czas w godzinach,

H - miąższość warstwy osadów w metrach.

Zakres ważności tej formuły dotyczy przedziału czasu od 1,5 godz. do 6 godzin. Określona wg tej zależności prędkość procesu może być wyrażona wzorem:

$$v = \frac{dH}{dt} = \frac{1,04}{t^{1,34}} \text{ m/godz.}$$

Wyznaczone wg tej formuły wartości wskazują na stosunkowo niewielką prędkość procesu. Wynosi ona:

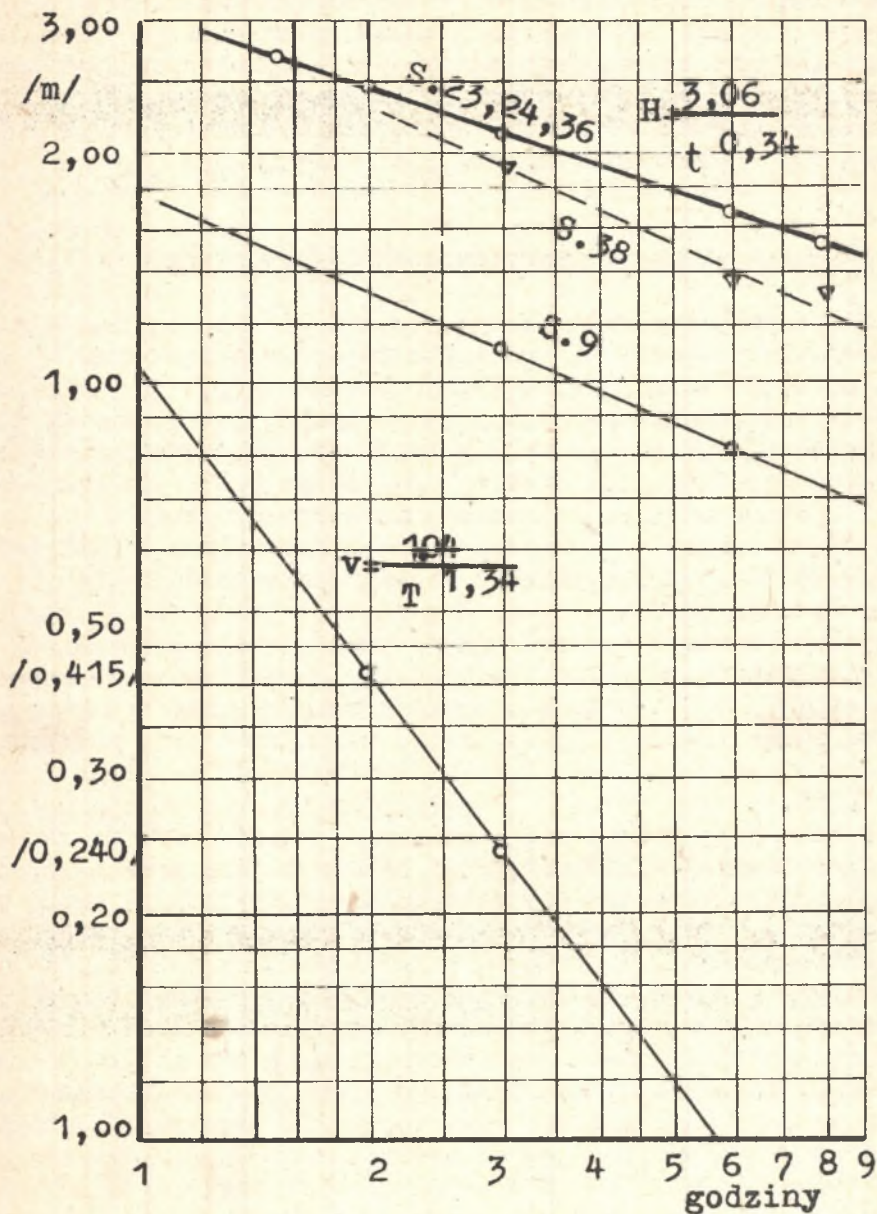
po upływie 1,5 godz.  $v = 0,6$  m/godz.

po upływie 2 godz.  $v = 0,415$  m/godz.

po upływie 3 godz.  $v = 0,24$  m/godz.

po upływie 5 godz.  $v = 0,12$  m/godz.

W niektórych seriach w początkowych okresach obserwowano opóźnienie procesu wynoszące od chwili napełnienia ok. 0,5-2 godz. jak również gwałtowne opadanie powierzchni osadów po czasie 5-10 minut. Zjawisko to tłumaczy się koagulacją osadów zachodzącą w początkowej fazie procesu. W tym czasie można było bowiem obserwować oddzielające się większe kłaczkę osadu na całej wysokości urządzeń doświadczalnych. Zjawisko to, jak



Rys. 2. Mechaniczne zagęszczanie osadu wtórnego (opadalność powierzchni osadu)

można wnosić na tej podstawie, ma zasadnicze znaczenie dla szybkości procesu, którego początkowe opóźnienie jest następnie wyrównywane dalszą jego znaczną intensyfikacją. Jest charakterystyczne, że obserwowano to w seriach wykonanych na osadzie wtórnym, natomiast nie występowało tak wyraźnie w badaniach nad osadami mieszanymi.

### 5.2. Uzyskane wyniki zagęszczania osadów wtórnych

Wyniki końcowe procesu wykazują stosunkowo znaczną rozpiętość wartości. Przy uwodnieniu początkowym osadu w granicach od 98,4% do 99,7% oraz średnim 99,2% uwodnienie po 6 godzinach procesu zagęszczania mechanicznego wynosiło od 97,4% do 98,9%, średnio 98,5%. Zmniejszenie objętości osadów w wyniku zastosowanego procesu wynosiło średnio od 1,88 do 2,13 razy przy różnych stopniach uwodnienia, maksymalnie zaś 6,5 razy w serii 9 (rys. 2). Podobnie w warunkach procesu naturalnego uwodnienie końcowe (po 6 godz.) zawierało się w granicach od 98,2 do 99,3%, średnio 98,7%.

Uzyskane wyniki zagęszczania mechanicznego w porównaniu z procesem naturalnym są korzystniejsze, przewyższają bowiem je przeciętnie o 40% w zakresie zmniejszenia stopnia początkowego uwodnienia. Średnie zmniejszenie uwodnienia przy zagęszczaniu mechanicznym wynosiło 0,7%, natomiast przy naturalnym procesie 0,5%.

Podobnie przedstawia się porównanie wyników uzyskanego względnego zmniejszenia objętości osadów i tak: przy zagęszczaniu naturalnym wynosiło ono maksymalnie 4,25 razy, a przy mechanicznym 6,5 razy, co stanowi wartość o ok. 53% wyższą niż wartość poprzednia.

W zakresie zmian, dotyczących oznaczanej w toku badań objętościowej koncentracji zawiesiny, stwierdzić można również przewagę wyników procesu mechanicznego nad naturalnym i tż: w procesie zagęszczania naturalnego wynosiła ona średnio 12,5% a przy mechanicznym średnio 16%, tj. o 28% więcej przy przyjęciu za podstawę wyniku procesu naturalnego.

### 5.3. Czynniki uboczne i ich wpływ na przebieg procesu

Przedstawiając charakterystykę procesu istotne będzie podkreślenie zaobserwowanej jego nieregularności oraz znacznej rozpiętości wyników, wskazujących na uboczne czynniki mające wpływ



na jego przebieg. Zmiany indeksu objętościowego osadu czynnego w komorach napowietrzania mają tu istotne znaczenie - przy wzroście indeksu obniża się zdolność osadów do zagęszczania. Indeks ten w toku badań wahał się w granicach od 103 ml/g do 178 ml/g. Zależności uwodnienia i indeksu badali H. Heukelekian i E. Weisberg [9]. Stwierdzili oni, że zawartość wody w osadzie spęczniałym jest większa niż przy indeksie niskim. Potwierdzają to wyniki badań nad zagęszczaniem.

Wpływ temperatury na proces zagęszczania może być rozpatrywany pod kątem zmian fizycznych lub chemicznych następujących w osadzie. Przy wzroście temperatury z upływem czasu mogą następować zmiany w charakterze i składzie osadu powodując przy postępującym jego rozkładzie wydzielenie się produktów tego rozkładu w postaci banieczek gazu i w efekcie wypływanie osadu, wielokrotnie obserwowane w toku badań. Wpływ ten, jako ujemny, powinien być zredukowany przede wszystkim przez ograniczenie procesu do niezbędnego okresu czasu trwania. Zmiany we własnościach fizycznych osadu, a więc zmniejszenie ze wzrostem temperatury gęstości i lepkości fazy ciekłej, nie daje jak to stwierdzono wyraźnej poprawy efektów.

W toku badań nad osadem wtórnym temperatura osadów występowała w granicach od 5,5 do 16°C. Na ogół korzystniejsze wyniki uzyskano przy niższych temperaturach.

#### 5.4. Zakres stosowania mieszadła

W toku badań stwierdzono, że osady wtórne nie podlegają zjawisku tiksotropii. W tym celu posługiwano się typowym sziro-metrem stosowanym dla płuczki wiertniczej, o skali 3-60 lbs/100 sqft tj. dla ścinania w granicach 1,467-29,34 g/dm<sup>2</sup>. Próby wykonywano po upływie czasu 0,25 + 0,5 + 1,0 + 2,0 + 3,0 godzin. Znaczenie mieszania osadów wyrażać się więc może w ułatwianiu oddzielania się od cząstek osadu banieczek gazu, utrudniających naturalne zagęszczanie osadów. Przydatną okazała się konstrukcja mieszadła ramowego wykonanego z płaskowników 30 x 2 mm zanurzonego ok. 1,20 m pod zwierciadłem osadów. Pionowo umieszczone płaskowniki ustawiono pod kątem 45° do płaszczyzny mieszadła.

Głębokość zanurzenia mieszadła w zbiorniku doświadczalnym oparto na obserwacjach opadalności powierzchni osadów w warunkach naturalnych zakładając potrzebę mieszania osadów dopiero po upływie czasu 1-3 godzin, gdy ich powierzchnia obniży się do krawędzi górnej mieszadła.

Stosowano różne prędkości obrotowe mieszadła w granicach 0,03 m/sek - 0,06 m/sek prędkości na obwodzie. Przy prędkościach większych obserwowano zaburzenia powierzchni osadu. Można przyjąć za dopuszczalną prędkość do 0,1 m/sek, a chwilowe zaburzenia, których przy tej prędkości można się już spodziewać, mogą być w zupełności wyrównane między kolejnymi przejściami mieszadła. Mieszanie osadów przy tych granicach prędkości nie będzie również ujemnie oddziaływać na zaobserwowany i opisany już proces aglomeracji cząstek osadu występujący w początkowym stadium procesu.

## 6. Interpretacja wyników zagęszczania nadmiernego osadu czynnego

Jakość osadów oddzielanych w toku biologicznego oczyszczania ścieków zależy od warunków eksploatacji oczyszczalni - zatem warunki te oddziałują również na przebieg procesów zagęszczania osadów. Wszelkie wahania w warunkach prowadzenia procesu oczyszczania ścieków mają bezpośredni wpływ na procesy stosowane następnie do osadów. Osady o wysokim indeksie objętościowym charakteryzuje trudność ich sedymentacji, podobnie i zagęszczanie następuje z opóźnieniem.

Czas trwania procesu zagęszczania powinien być określany z uwzględnieniem czasu zatrzymania osadów w osadnikach wtórnych. W okresie badań kumulacja osadów w osadnikach trwała przeciętnie 3 godziny.

Uzyskane najniższe końcowe uwodnienia: przy naturalnym zagęszczaniu 98,2%, a przy mechanicznym 97,4% można uważać za graniczne zagęszczenie osadu nadmiernego, możliwe do osiągnięcia w warunkach odrębnego procesu.

Z określonych dla warunków badań prędkości procesu wynika, że nie jest celowe przedłużanie czasu zatrzymania osadów w zagęszczaczu, a dla zapewnienia maksymalnych efektów w warunkach eksploatacyjnych należy dążyć do uzyskania najkorzystniejszych własności osadu czynnego.

## 7. Przebieg i wyniki II etapu badań nad osadami mieszanymi

Osady mieszane uzyskiwano przez kolejne doprowadzenie do urządzeń najpierw osadów wtórnych, a następnie wstępnych. Z powodu trudności w regulowaniu dopływu osadów, które przepompowywano z osadników, nie można było uzyskać określonego składu miesza-

ny w obu urządzeniach. Proporcje osadów w mieszaninach, tj. stosunek ilości osadów wstępnych do wtórnych wynosiły: w zbiorniku z mieszadłem (zagęszczanie mechaniczne) - od 1:2,23 do 1:5,19, a w kolumnie obserwacyjnej (zagęszczanie naturalne) - od 1:2,36 do 1:6,2.

Podobnie jak w toku badań nad osadami wtórnymi, w etapie II prowadzono obserwacje oddzielania się wody nadosadowej i pobierano próby do oznaczeń laboratoryjnych. Wykonano ogółem 17 serii obserwacji w cyklach 22-23 godzin.

Charakterystyka osadów mieszanych zastosowanych do badań w II etapie przedstawia się następująco:

Uwodnienie początkowe	95,4-99,5%
Średnie uwodnienie początkowe	98,4%
Sucha pozostałość ogólna	4,7-0,5%
Substancje lotne	61,5-85,5%
Substancje mineralne	38,5-14,5%
Gęstość w temp. 20°C	0,99684-1,00044
Gęstość przesączu w temp. 20°C	0,99673-0,99871
Lepkość osadu kinemat. (20°C)	2,42-6,25 cSt
Lepkość przesączu kinemat. (20°C)	1,008-1,061 cSt

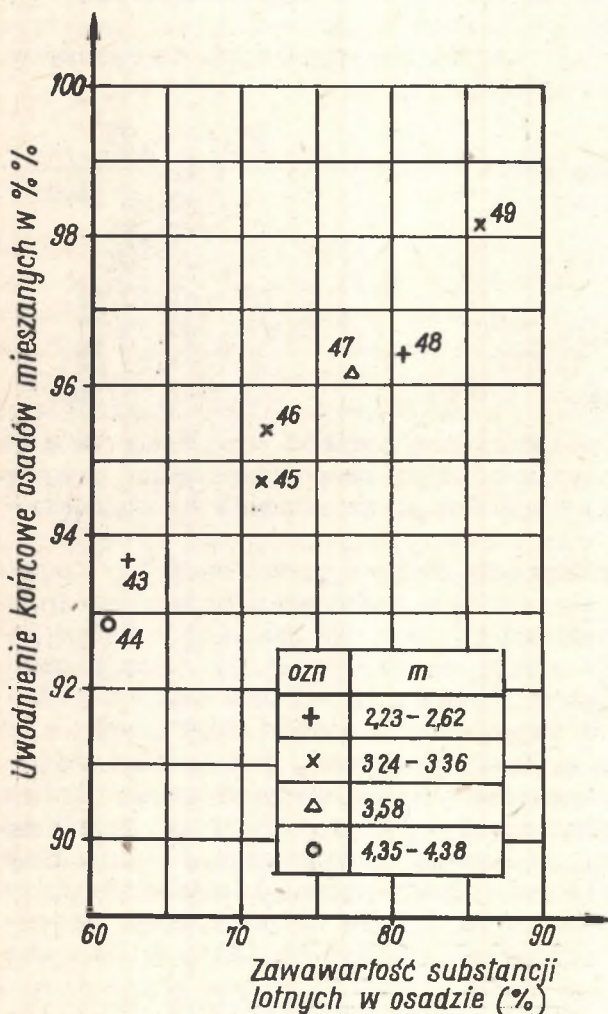
Należy podkreślić bardzo niekorzystne warunki dla badań w zakresie początkowego uwodnienia osadów, czego nie można było uniknąć. Ponadto wystąpiły bardzo duże zmienności w charakterze i jakości osadów.

W toku obserwacji ujawniły się różne sprzeczności i rozbieżności wyników, które utrudniły w poważnym stopniu jednoznaczna interpretację przebiegu procesu jak również i ostateczne, całkowicie uzasadnione sformułowanie procesu. Zasadniczo, podobnie jak to obserwowano w I etapie badań nad osadami wtórnymi, intensywność procesu zagęszczania osadów mieszanych z upływem czasu zmniejsza się. Osady mieszane, jak to stwierdzono, łatwiej poddają się zagęszczeniu niż osady wtórne. Można stwierdzić, że osady wstępne działają stymulująco na przebieg zagęszczania osadów wtórnych. Dowodem tego może być przebieg jednej z serii badań, gdzie same osady wtórne nie ulegały żadnym zmianom przez czas pełnej godziny. Po dodaniu osadu wstępnego proces zagęszczania rozpoczął się natychmiast, ze znaczną intensywnością.

Na przebieg i efekty końcowe procesu zagęszczania osadów mieszanych ma wpływ również i skład osadu. Ze wzrostem zawartości substancji lotnych w osadzie zwiększa się stopień końcowego uwodnienia (rys. 3). Współczynnik korelacji dla tych dwu wskaźników wyniósł + 0,81 co wskazuje na dużą ich współzależność.

### 7.1. Wpływ czasu na przebieg procesu zagęszczania osadów mieszanych

Przebieg procesu zagęszczania osadów mieszanych jest podobny do zaobserwowanego w I etapie badań nad osadami wtórnymi. Najbardziej intensywnie przebiega w początkowym okresie 4-6 godzin stopniowo zanikając. Odnosi się to zarówno do zagęszczania naturalnego jak i mechanicznego. Dla celów technicznych zalecić można czas trwania procesu nie dłuższy jak 6 godzin. Prędkość procesu określona położeniem powierzchni rozdzielającej osady i wodę nadosadową okazała się na ogół niska i dla zagęszczania mechanicznego wynosiła po 3 godzinach od 0,06 do 0,23 m/godz., a po 6 godzinach od 0,05 do 0,2 m/godz.



Rys. 3. Zależność końcowego uwodnienia osadów mieszanych od procentowej zawartości w nich substancji lotnych

### 7.2. Uzyskane wyniki zagęszczania osadów mieszanych i ich interpretacja techniczna

Jak już wspomniano, w II etapie badań wystąpiły różne sprzeczności dotyczące podstawowych zależności procesu.

Z porównania rezultatów obu stosowanych metod, zwłaszcza osiągniętych minimalnych wartości końcowego uwod-

nienia, wynika faktyczna przewaga zagęszczania mechanicznego nad naturalnym. Niekorzystne własności osadów zastosowanych do większości serii badań zmniejszyły charakter badanego procesu i jedynie nieliczne serie dostarczyły korzystnych wyników. Nie pozwala to wprawdzie na pełne uogólnienie wniosków, lecz wskazuje na możliwość osiągnięcia na drodze procesu wyodrębnionego poważnej redukcji początkowego uwodnienia osadów mieszanych. Najniższe uwodnienie po 6 godzinach mechanicznego zagęszczania wyniosło 92,8%, a przy naturalnym 95,5%, których jednak nie można traktować jako granic osiągalnego efektu.

### 7.3. Czynniki oddziałujące na przebieg procesu zagęszczania osadów mieszanych

W toku badań stosowano różne mieszaniny osadów. Odpowiednie proporcje wyrażono stosunkiem 1:m, ilości osadów wstępnych do wtórnych. Klasyfikacja wyników z uwzględnieniem zastosowanych mieszanin wykazuje znaczne rozbieżności, co nie pozwala na określenie rodzaju wpływu proporcji składników na zdolność osadów do zagęszczania. Analizując wyniki różnych serii badań można jednak przyjąć, że w mieszaninie osadów ulega zagęszczeniu głównie osad wtórny, natomiast osad wstępny spełnia rolę obciążnika.

Efekty procesu zagęszczania określić można również miąższością warstwy wody nadosadowej. Przy określaniu tych efektów w procentach objętości można sugerować, że wysokość warstwy składowanej wyrażona w miarach liniowych dla tego samego procentowego stopnia zagęszczenia będzie wzrastać z wysokością napełnienia urządzenia zagęszczającego.

Przeprowadzone pojedyncze doświadczenia nie dostarczyły zgodnych wyników, a warunki badań nie pozwoliły na szersze uwzględnienie tego zagadnienia. Zastosowano więc wysokości napełnienia w granicach 2,98 m do 3,30 m. Wysokości takie zastosowane w warunkach eksploatacyjnych pozwolić mogą na nieskomplikowane odprowadzanie oddzielającej się wody nadosadowej.

Temperatury osadów mieszanych w większości wynosiły poniżej 13°C, jedynie nieliczne dochodziły do 15°C, a tylko w dwu przypadkach osiągnęły 19° i 20°C. Porównanie więc wyników procesu z uwzględnieniem temperatury nie dostarcza danych miarodajnych do określenia ścisłej ich zależności, można jedynie potwierdzić uprzednio podane uwagi dotyczące wpływu temperatury na wyniki procesu zagęszczania osadów wtórnych.

Stosowane prędkości ruchu mieszańca w zasadzie nie wymagają dodatkowej interpretacji. W II etapie badań uzyskano zgodność wyników z uzyskanymi w etapie I, w szczególności w zakresie dopuszczalnej maksymalnej ich wartości. Można bez zastrzeżeń przyjąć wnioski wyprowadzone z obserwacji I etapu badań.

## 8. Wnioski

Na podstawie przedstawionych wyników wykonanych badań można stwierdzić co następuje:

### A. Oдноśnie osadu nadmiernego

- 8.1. Efekt końcowy procesu zagęszczania nadmiernego osadu czynnego zależy jest od jakości osadu wynikającej z warunków prowadzenia procesu biologicznego oczyszczania ścieków oraz od początkowego stanu osadu, tj. zagęszczenia uzyskanego w osadniku wtórnym.
- 8.2. Przy stosowaniu mechanicznego zagęszczania osadów wtórnych czas ich kumulacji w osadniku nie powinien przekraczać 3-4 godzin. Dłuższe ich przetrzymywanie przed dalszym odrębnym ich zagęszczaniem nie jest celowe, gdyż daje nikły efekt w zakresie redukcji uwodnienia i ujemnie wpływa na stan tych osadów przyspieszając proces ich rozkładu.
- 8.3. Stopień zagęszczenia osadów na całej wysokości zbiornika zagęszczacza nie jest równomierny i zwiększa się ze wzrostem głębokości. Równomierność tego wzrostu zależy od sposobu prowadzenia procesu zagęszczania i w zasadzie zapewniona jest w przypadku stosowania mieszańca.
- 8.4. Mieszanie osadów przyspiesza proces ich zagęszczania. W zakresie zmniejszenia stopnia początkowego uwodnienia uzyskano efekty ok. 40% wyższe przy mechanicznym zagęszczaniu w porównaniu do procesu w warunkach naturalnych.

B. Odnosnie osadów mieszanych: wstępnych i wtórnych

- 8.5. Końcowy efekt procesu zagęszczania osadów mieszanych zależy od składu osadu, a w szczególności od procentowej w nich zawartości substancji organicznych. Badania wykazały, że ze wzrostem w osadach ilości substancji lotnych końcowy efekt procesu zmniejsza się.
- 8.6. Zdolność do zagęszczania osadów mieszanych zależy od charakterystyki osadów wtórnych. Osady wstępne dodane do osadów wtórnych przyspieszają oraz wzmagają efekty ich zagęszczania.
- 8.7. Prędkość obwodowa mieszadła nie powinna przekraczać 0,1 m/sek. Najodpowiedniejszym typem mieszadła jest mieszadło prętowe z płaskownikami ustawionymi pod kątem  $45^{\circ}$  do jego płaszczyzny lub z kątownikami, ustawionymi narożnikami w kierunku ruchu. Mieszadło powinno być usytuowane poniżej przewidywanej warstwy wody nadosadowej w końcowej fazie procesu dla urządzeń o działaniu okresowym lub według ustalonej warstwy sklarowanej - przy urządzeniach o działaniu ciągłym.
- 8.8. Intensywność procesu zagęszczania, wyrażona prędkością obniżania się powierzchni rozdzielającej osady i wodę nadosadową, jest zmienna i maleje z upływem czasu. Praktycznie celowe jest ograniczenie czasu trwania procesu do ok. 4 do 6 godzin.
- 8.9. Głębokość użyteczna zagęszczacza powinna być dostosowana do ekonomicznie uzasadnionego czasu trwania procesu, z uwzględnieniem prędkości jego przebiegu. Można w zasadzie uważać za korzystną głębokość równą ok. 3,0 m.

## LITERATURA

- [1] Torpey W.N.: Concentration of combined primary and activated sludges in separate tanks. Proceedings ASCE, 80, 443 May 1954.
- [2] Hörler A.: Beitrag zur Frage der Schlammeindickung. Schweiz. Zeitschrift für Hydrologie XX. 1958/41.
- [3] Behn V.C.: Settling behavior of waste suspensions Proceedings ASCE, 83, SA. 5, 1423 (1957).
- [4] Nemerow N.L.: Theories and practices of Industrial Waste Treatment. Addison-Wesley Publ. Co 1963.
- [5] Holinger E.: Faulräume und Möglichkeiten der Schlammtrökung und Eindickung. Schweiz. Zeitschrift für Hydrologie XIX/1957.
- [6] Koniček Z.: Zahuštovani Kalů - Vodni Hospodarstvi - Nr 6/1961.
- [7] Keefer C.E.: Thickening of Raw Sludge. Water and Sewage Works. 107 (1960) 218.
- [8] Coackley P.: Laboratory Scale filtration experiments and their application to Sewage Sludge dewatering. Publ. Manhattan College N.Y. 1957.
- [9] Heukelekian H., Weisberg E.: Bound Water and activated sludge bulking. Sewage and Industrial Waste Treatment 28, 558 (1956).
- [10] Eckenfelder, Melbinger: Settling and Compaction characteristics of Biological Sludges, Sew. Ind. Wast. 29, 1114 (1957).
- [11] Progress Report: Subcommittee on Sludge Disposal - Advances in Sludge Disposal 1954-1960. Journal of ASCE. SA. 2 vol. 88-3075, 13-52, 1962.
- [12] Flakowicz J.: Zagęszczanie osadów w zastosowaniu do przeróbki osadów ze ścieków miejskich PZITS. Katowice 1959.
- [13] Flakowicz J.: Zagęszczanie jako wstępny proces przeróbki osadów, oddzielanych w toku oczyszczania ścieków miejskich - PZITS - Katowice 1964.
- [14] Flakowicz J.: Badania nad mechanicznym zagęszczaniem osadów, oddzielonych w toku procesów oczyszczania ścieków, Praca doktorska. Gliwice 1964.



## ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ ОСАДКА ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПРОЦЕССАМ ИХ ОБРАБОТКИ

## Резюме

Характеристика осадка, выделяющегося при очистке городских сточных вод.

Преимущества предварительного уплотнения осадка. Протекание процессов уплотнения осадка, отводимого с сооружений биологической очистки сточных вод методом активного ила, а также смеси первичного и вторичного осадков. Результаты исследований, проведённых в 1963 г. на экспериментальных сооружениях при очистной станции в г. Кельце.

Параметры процесса с целью проектирования эксплуатационных сооружений.

Силезский политехнический институт  
Кафедра водоснабжения и канализации

## THE CHARACTERISTICS OF THE SEWAGE SLUDGES THICKENING PROCESS WITH THE PREFERENCE TO THEIR TREATMENT METHODS

## Summary

The characteristics of the sludges separated from the sewage treatment plant was performed. Also the profits from thickening of the sludges, applied as a primary treatment process in their disposal was established. The course of thickening of the secondary and the mixed primary and secondary sludges was under investigation. The results of those studies which have been carried out with the experimental units at sewage treatment plant at Kielce could be useful as the design parameters for sludge thickening tanks.

Silesian Technical University at Gliwice  
Chair of Water Supply and Sewage