

## **Nowe możliwości obniżenia kosztów gospodarki osadowej w oczyszczalni ścieków.**

Andrzej Mróz dr inż. INWATEC Sp. z o.o. , 02-954 Warszawa, ul. Pastewna 25

### **Streszczenie**

Gospodarka osadowa w oczyszczalni ścieków stanowi znaczną część kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych. Około 60 do 80% ChZT i BZT5 zawiera się w cząstkach większych od 1 mikrometra. Procesy biologicznego oczyszczania ścieków zachodzą najszybciej gdy mikroorganizmy otrzymują pożywienie w najłatwiej przyswajalnej formie – w postaci roztworów. Biodegradacja osadów ściekowych wymaga tym dłuższego czasu i wiąże się z tym większymi kosztami im większe są rozmiary cząstek stałych. Usunięcie osadu wstępnego znacząco zmniejsza obciążenie oczyszczalni. Najprostszym sposobem zredukowania kosztów oczyszczania ścieków jest mechaniczne usunięcie zawiesin. Redukcja osadu wstępnego skutkuje mniejszym obciążeniem stopnia biologicznego oczyszczania, niższym zapotrzebowaniem na tlen i mniejszą ilością osadu nadmiernego do oddzielenia i odwadniania. Zaprezentowano filtr Salsnes do usuwania i odwadniania osadów wstępnych w miejsce konwencjonalnego osadnika, mikro- nano- flotację MNB DAF NIKUNI do usuwania osadu nadmiernego i filtr pierścieniowy VOLUTE do odwadniania osadów trudno filtrujących się. Nowe technologie filtracji i separacji porównano z metodami konwencjonalnymi. Wprowadzenie tych rozwiązań pozwala na szybkie obniżenie kosztów eksploatacyjnych i zwiększenie przepustowości istniejących instalacji. Separacja zawiesin na poziomie mikronowym pozwala na zastosowanie najbardziej nowoczesnych technologii biologicznego oczyszczania ścieków opartych na strukturach porowatych.

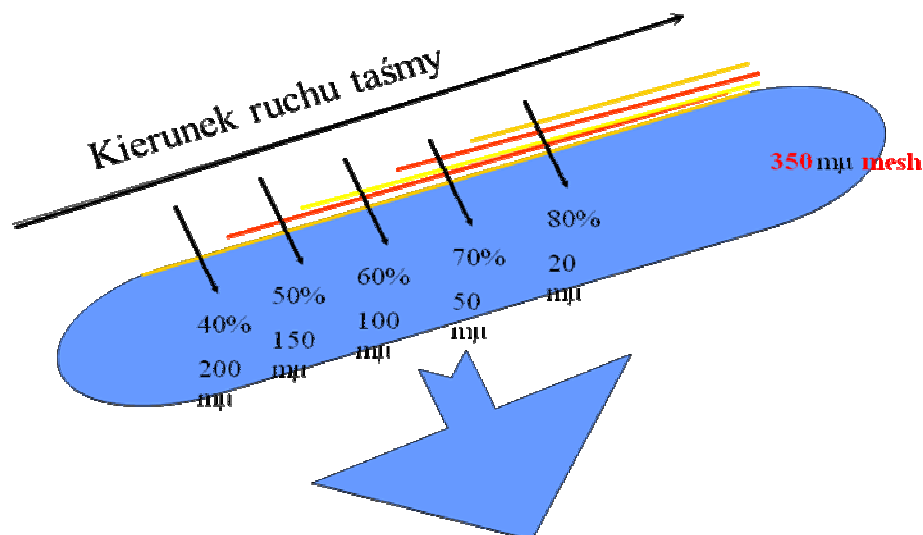
### **Wprowadzenie**

Ścieki doprowadzane do każdej oczyszczalni zawierają zanieczyszczenia w postaci cząstek fazy stałej o bardzo różnych rozmiarach. Im większa średnica cząstki tym dłuższy czas jej biodegradacji. Teoretycznie w takich zawiesinach jest węgiel organiczny niezbędny do prawidłowego rozwoju osadu czynnego, ale długi czas potrzebny na rozkład tych zanieczyszczeń do formy roztworów łatwo przyswajalnych przez bakterie powoduje, że lepiej usunąć zawiesiny przed reaktorem biologicznym. Redukcja zawiesin przed procesem biologicznym zmniejsza koszty oczyszczania jednostki objętości ścieków i redukuje ilość osadu nadmiernego do separacji i odwadniania po procesie biologicznym. Stosowane dotychczas powszechnie osadniki wstępne o dużych objętościach można zastąpić tanimi w eksploatacji mechanicznymi separatorami zawiesin tzw. filtrami Salsnes, które usuwają ze ścieków cząstki większe od 50 mikrometrów. Redukcja zawiesiny ogólnej dochodząca średnio do ok. 60% skutkuje mniejszym zapotrzebowaniem na tlen i mniejszą objętością osadu nadmiernego do odwadniania. Z kolei mniejsza ilość osadu nadmiernego daje znaczne oszczędności energii zarówno przy jego separacji ze ścieku jak i przy odwadnianiu osadu.

#### **1. Separacja osadu wstępnego – filtr Salsnes**

Nowoczesne skandynawskie rozwiązania w zakresie oczyszczania ścieków charakteryzują się dążeniem do zredukowania kubatur oczyszczalni, często w celu jej całkowitego odizolowania od otoczenia. Zamiast dużych otwartych osadników wstępnych coraz częściej są stosowane filtry Salsnes. Filtr Salsnes to unikalny filtr norweski w którym wykorzystuje się do separacji zawiesin osad wstępny, gromadzący się na powierzchni nachylonej ruchomej siatki filtracyjnej. Filtr Salsnes jest

urządzeniem beciśnieniowym. Ściek dopływa do komory filtru, na powierzchni ruchomej skośnej siatki następuje oddzielenie osadu, który wędruje razem z siatką do góry podczas gdy filtrat przepływa przez siatkę i odpływa grawitacyjnie z komory filtru. Przegrodę filtracyjną stanowi osad wstępny na powierzchni siatki (Rys. 1.) co pozwala na całkowite usuwanie zawiesin o rozmiarach cząstek większych od 50 mikrometrów za pomocą siatki o oczkach 350 mikrometrów.



**Rys. 1.** Skuteczność separacji zawiesin wzdłuż taśmy filtru Salsnes. Separacja 60% cząstek większych od 40 mikrometrów przy maksymalnej wydajności filtru.

Gdy osad zostanie wyniesiony przez siatkę nad powierzchnię ścieku następuje jego zagęszczanie poprzez obciekanie. Ponieważ osad wstępny nie jest poddawany żadnym działaniom czynników mechanicznych to zostaje zachowana jego struktura porowata i nie jest on wgniatany w taśmę filtracyjną, jak to ma miejsce w przypadku filtrów taśmowych. Dodatkową zaletą zachowania porowatości osadu jest usuwanie tłuszczów i emulsji podobnie jak podczas filtracji objętościowej. Na końcu filtru osad jest usuwany z powierzchni taśmy za pomocą sprężonego powietrza z poprzecznej dyszy, przylegającej do powierzchni siatki po stronie przeciwnej do osadu. Osad usunięty z siatki ma koncentrację na poziomie 5-7% wg. i może być poddawany dalszemu odwadnianiu za pomocą prasy śrubowej lub np. homogenizowany i pompowany do WKF do dalszej przeróbki. W Norwegii porównano 8 oczyszczalni ścieków z filtrami Salsnes. Większość filtrów uzyskiwała redukcję zawiesiny ogólnej na poziomie przekraczającym 50%. Do redukcji zawiesin za pomocą filtrów Salsnes nie są potrzebne żadne środki chemiczne takie jak koagulanty czy flokulanty. Koszt oczyszczania ścieków za pomocą filtru Salsnes stanowi praktycznie jedynie koszt energii elektrycznej do napędu urządzenia. W Norwegii ścieki zawierają mniej zawiesin niż w Polsce i zużycie energii to jedynie 25Wh/m<sup>3</sup> ścieku zaś w Polsce gdzie jest dużo więcej ścieków dowożonych i mniejsze zużycie wody na jednego mieszkańca jest to ok. 55-65Wh/m<sup>3</sup>. Biorąc pod uwagę, że w kosztach eksploatacyjnych jest również odwadnianie osadu wstępnego do konsystencji łatwej do transportu, jest to bardzo atrakcyjne ekonomiczne rozwiązanie technologiczne. Proste porównanie kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych na przykładzie komunalnej oczyszczalni ścieków o przepustowości 2760m<sup>3</sup>/d przedstawiono w Tab. 1.

TYP OCZYSZCZALNI	Koszty inwestycyjne /1000NOK/	Koszty eksploatacyjne /1000NOK/rok/	Powierzchnia /m <sup>2</sup> /
Konwencjonalna oczyszczalnia z osadem czynnym	6955 (100%)	204 (100%)	552
Oczyszczalnia z 2 szt. FS 2000 +osad czynny	5236 (75%)	221	307
Oczyszczalnia z SF 4000 + osad czynny	4901 (70%)	177	297

**Tablica 1.** Porównanie kosztów oczyszczalni konwencjonalnej z oczyszczalnią po zastosowaniu filtra Salsnes [1]

Zastosowanie filtra SF 4000 pozwala na obniżenie o ok. 30% kosztów inwestycyjnych oczyszczalni i dodatkowe zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych o ponad 13%

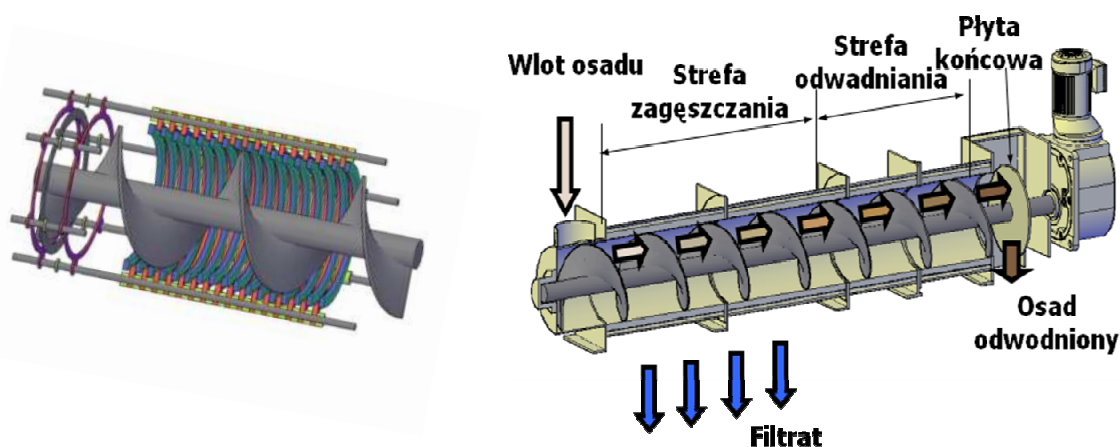
## 2. Separacja osadu nadmiernego – flotacja DAF

Powszechnie stosowane osadniki wtórne do separacji biologicznego osadu nadmiernego charakteryzują się dużymi rozmiarami, a ich skuteczność jest związana z szybkością sedymentacji osadu. Każde zakłócenie sedymentacji, wynikające chociażby z pojawienia się w osadzie bakterii nitkowatych, powoduje wypływanie osadu na powierzchnie i może praktycznie uniemożliwić oddzielenie osadu od fazy ciekłej. Do usuwania osadu nadmiernego coraz powszechniej stosowane są różnego rodzaju flotatory [2] o bardzo złożonej konstrukcji. Flotacja jako metoda separacji zawiesin, polegająca na wynoszeniu cząstek stałych przez pęcherzyki powietrza, umożliwia również skuteczną separację zawiesin pływających. W zależności od zastosowanego rozwiązania technicznego flotatory pozwalają na uzyskanie przepustowości od 2 do nawet 16 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>godz., co daje bardzo znaczne oszczędności powierzchni oczyszczalni. O sprawności i przepustowości flotatora decyduje system dyspersji powietrza. Konwencjonalne systemy DAF (Dissolved Air Flotation) charakteryzują się pęcherzykami powietrza o rozmiarach od 300 do 1000 mikrometrów. Najbardziej nowoczesne flotatory typu IAF (Injected Air Flotation) są wyposażone w generatory pęcherzyków o rozmiarach na poziomie ok. 100 mikrometrów. W ostatnich latach coraz powszechniej są stosowane flotatory wyposażone w systemy dyspersji powietrza oparte na separacji zawiesin za pomocą pęcherzyków o rozmiarach rzędu kilku mikrometrów. Duża ilość mniejszych pęcherzyków zmienia mechanizm separacji na tyle, że są separowane nie tylko mniejsze zanieczyszczenia stałe i koloidalne, ale dodatkowo potrzeba mniej dodatków chemicznych (flokulantów, koagulantów) do kondycjonowania ścieku przed oczyszczaniem [3]. Najbardziej efektywne systemy dyspersji powietrza generują pęcherzyki o wielkości 5-8 mikrometrów i pozwalają na zaoszczędzenie ok. 50% energii przy tej samej przepustowości flotatora jak flotatory konwencjonalne. Aktualnie najbardziej skuteczne

flotatory są wyposażane w japońskie agregaty dyspersyjne DAF-NIKUNI, gdzie pompa wirowa o specjalnej konstrukcji zasysa powietrze z otoczenia i generuje mieszaninę wodno-powietrzną pęcherzyków mniejszych od 8 mikrometrów. Przy tak małych rozmiarach pęcherzyków gazu generowanych przez agregat proces rozpadu pęcherzyków na mniejsze przeważa nad łączeniem się pęcherzyków w większe i w praktyce mamy do czynienia z tzw mikro- nano-flotacją MNB. Największy aktualnie producent flotatorów DAF z takim systemem dyspersji, firma amerykańska World Water Works stwierdziła, że zastosowanie systemu DAF MNB pozwala na oszczędności chemikaliów na poziomie 30-40% i oszczędności energii od 50-60% w stosunku do konwencjonalnych systemów flotacji. Uzyskiwane koncentracje osadów poflotacyjnych z flotatorów DAF-NIKUNI są zazwyczaj wyższe o ok. 2% od uzyskiwanych np. z flotatorów KROFTA. Wyższa zawartość fazy stałej w osadzie poflotacyjnym (4-6%) daje znaczne oszczędności kosztów dalszego zagęszczania osadu.

### 3. Odwadnianie osadu nadmiernego – pierścieniowa VOLUTE

Węzeł odwadniania osadów po biologicznym oczyszczaniu ścieków to jeden z najbardziej kosztownych elementów każdej oczyszczalni ścieków. Dotychczas powszechnie stosowane są wirówki, dekantery, prasy taśmowe i prasy komorowe. W każdym z ww. rozwiązań technicznych do zagęszczania i odwadniania osadów wykorzystuje się siłę odśrodkową lub duże siły związane z wysokim ciśnieniem lub zginiataniem osadu pomiędzy ruchomymi taśmami filtracyjnymi. Kilka lat temu pojawiła się nowa metoda odwadniania trudno filtrujących się osadów biologicznych, pozwalająca na praktycznie bezcisnieniowe odwadnianie osadów do poziomu koncentracji fazy stałej zbliżonego, a nawet wyższego niż w dotychczas stosowanych urządzeniach. Tym nowatorskim rozwiązaniem jest prasa pierścieniowa VOLUTE [4,5]. W prasie Volute wykorzystano do odwadniania osadu unikalne rozwiązanie, polegające na powolnym przemieszczaniu flokuł osadu w komorze filtracyjnej złożonej z ruchomych i nieruchomych pierścieni. Powolny (kilka obrotów na minutę) ruch pierścieni, powodowany obracaniem się centralnie umieszczonej śruby, przesuwają duże aglomeraty osady bez niszczenia ich struktury i powoduje łatwe odprowadzanie cieczy z przestrzeni pomiędzy tymi aglomeratami. Odwadniany osad jest jednocześnie transportowany śrubą do wylotu prasy. Na końcu komory prasy znajduje się ruchoma pokrywa umożliwiającą łatwą regulację stopnia odwodnienia osadu. Na Rys. 2. przedstawiono schemat konstrukcji prasy Volute.



Rys.2. Prasa śrubowa VOLUTE

W porównaniu z wirówką prasa pierścieniowa Volute potrzebuje ok. 11 razy mniej energii do odwodnienia tej samej ilości osadu do tej samej wilgotności. Jednocześnie wolnoobrotowa prasa Volute pracuje bardzo cicho, co jest dodatkową zaletą w porównaniu z wirówkami. W porównaniu z prasą taśmową Volute potrzebuje ok. 200 razy mniej wody na okresowe spłukanie zewnętrznej powierzchni pierścieniowej komory filtracyjnej. Biorąc pod uwagę prostą konstrukcję, niskie zużycie energii i wody oraz cichą pracę, prasa VOLUTE jest w eksploatacji znacznie tańsza od innych powszechnie stosowanych urządzeń do odwadniania i zagęszczania osadów.

## **Podsumowanie**

Najnowsze rozwiązania techniczne w zakresie separacji, odwadniania i zagęszczania zarówno wstępnych jak i końcowych osadów ściekowych, pozwalają na znaczące oszczędności kosztów eksploatacyjnych, inwestycyjnych i również na zmniejszenie powierzchni oczyszczalni ścieków. Dotychczasowe zastosowania tych rozwiązań dały możliwość wyeliminowania z oczyszczalni osadników wstępnych i osadników wtórnych osadu nadmiernego, a więc również wielkości zbiorników ściekowych. Coraz powszechniejsze jest dążenie do odizolowania oczyszczalni ścieków od otoczenia i przedstawione nowe urządzenia pozwalają na oszczędności inwestycyjne, które można przeznaczyć np. na przykrycie zbiorników oczyszczalni i wyeliminowanie emisji odorów i aerozoli bakteryjnych do atmosfery.

## **Literatura**

1. Rusten.B. (2002). Feasibility study of biological wastewater treatment plants with Salsnes Filter fine mesh sieve primary treatment compared to plants without primary treatment. Aquateam report no. 02-051, November
2. J.Rubio, M.L. Souza, R.W.Smith (2002). Overview of flotation as a wastewater treatment technique. Minerals Engineering 15 (2002) 139-155
3. M.Lundh, L. Jonsson, (2005). Residence Time Distribution Characterization of the Flow Structure in Dissolved Air Flotation. Journal of Environmental Engineering ASCE. January (2005) 95-101
4. Sasaki M. (1993). Solid Liquid Separating Apparatus. European Patent Specification EP 0 581 965 B1.
5. Sasaki M., Onodera S., Kawauchi S. Soil Water Activated Sludge Treating System and Method Therefor. European Patent Application EP 1 112 968 A1