

WPŁYW DAWKOWANIA CHLORKU POLIGLINU NA OGRANICZENIE SKUTKÓW ROZWOJU BAKTERII NITKOWATYCH W BIOREAKTORZE OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W KOŚCIERZYNIE

Autorzy: Krzysztof CZERWIONKA, Marek GENEJA

Politechnika Gdańska, Wydział Budownictwa Wodnego i Inżynierii Środowiska,
Robert FENNIG

Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji „Wodociągi Kościerskie” Sp. z o.o.

1. WPROWADZENIE

Efektywność usuwania zanieczyszczeń w stopniu biologicznym oczyszczalni pracujących w oparciu o metodę osadu czynnego zależy głównie od składu i zdolności sedymentacyjnych osadu. Dobrze sedymentujący osad charakteryzuje się szybkością sedymentacji strefowej nie mniejszą od 3 m/h, przy jednoczesnej wartości objętościowego indeksu osadu poniżej 100 $\text{cm}^3/\text{g}_{\text{sm}}$ [Wanner J. 2000]. Jednocześnie ciecz nadosadowa jest klarowna, a stężenie w niej zawiesiny ogólnej nie przekracza 15 mg/dm^3 . Osad po sedymentacji i zagęszczeniu nie powinien flotować co najmniej przez 2-3 godziny.

Przyczyny złej sedymentacji osadu mogą być różne, a do najważniejszych z nich zaliczamy:

- wzrost rozproszony – w takim przypadku w ogóle nie występuje sedymentacja;
- występowanie mikroklęsków, których obecność może wynikać np. z zatrucia;
- flotacja osadu w wyniku przebiegu procesu denitryfikacji poza komorami osadu czynnego;
- lepkie puchnięcie (puchnięcie zoogłone) spowodowane nadmiarem biopolimerów pozakomórkowych (śluzu wydzielanego przez komórki);
- spuchnięcie osadu w wyniku obecności bakterii nitkowatych;
- występowanie piany biologicznej.

W osadzie posiadającym złe własności sedymentacyjne szybkość sedymentacji strefowej nie przekracza 1,2 m/h, a objętościowy indeks osadu wynosi powyżej 200 $\text{cm}^3/\text{g}_{\text{sm}}$ [Wanner, 2000].

W celu określenia własności sedymentacyjnych osadu czynnego stosowane są oznaczenia następujących parametrów [Albertson, 1992]:

- indeks objętościowy osadu (Sludge Volume Index) - SVI

$$\text{SVI} = V_{30}/X \quad [\text{cm}^3/\text{g}_{\text{sm}}]$$

gdzie:

V_{30} – objętość osadu czynnego po 30 minutowej sedymentacji w cylindrze miarowym (tzw. opadalność), w cm^3/dm^3 ;

X – stężenie osadu czynnego (s.m.) w reaktorze biologicznym, w $\text{g}_{\text{sm}}/\text{dm}^3$;

- indeks objętościowy osadu mieszanego (Stirred Sludge Volume Index) – SSVI, w trakcie oznaczania opadalności osadu zawartość cylindra miarowego mieszana jest wolnoobrotowym mieszadłem z prędkością 1-2 obr./min.;
- indeks objętościowy przy stałym stężeniu osadu, np. 3,5 $\text{g}_{\text{sm}}/\text{dm}^3$ - $\text{SVI}_{(3,5)}$;
- indeks objętościowy osadu rozcieńczonego (Diluted Sludge Volume Index) – DSVI,

w tym oznaczeniu objętość osadu czynnego po 30 minutowej sedymentacji w cylindrze miarowym (V_{30}) nie może przekroczyć $200 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$; w przypadku przekroczenia 200 cm^3 konieczne jest wykonanie odpowiedniego rozcieńczenia próbki; zdaniem Albertson'a [1992] jest to parametr umożliwiający najlepszą kontrolę pracy oczyszczalni ścieków.

Wanner i Grau [za Wanner, 2000] zaproponowali następującą klasyfikację mikroorganizmów nitkowatych w osadzie czynnym:

- grupa S – mikroorganizmy wzrastające w strefie tlenowej (bakterie: *Sphaerotilus natans*, Typ 1701, Typ 0041, Typ 0675);
- grupa C – mikroorganizmy wzrastające w strefie tlenowej, podobne do sinic (bakterie: *Thiothrix*, Typ 021N, *Leucothrix*);
- grupa A – mikroorganizmy wzrastające we wszystkich strefach (bakterie: *Microthrix parvicella*, *Nosocoida limicola*, Typ 0092, Typ 0803);
- grupa F – mikroorganizmy tworzące pianę (bakterie: *Promieniowce nocardiodobne* (*Nocardia*), *Microthrix parvicella*, typ 0092, typ 0041, *Nostocoida limicola*).

W układach technologicznych oczyszczalni ścieków, z biologicznym usuwaniem azotu, w osadzie czynnym mogą dominować bakterie nitkowane z rodzaju *Microthrix parvicella*, [Eikelboom, 1997]. Zwiększona obecność tych bakterii często wiąże się z puchnięciem i złą sedymentacją osadu. Kontrola liczebności tych bakterii poprzez regulację wiekiem osadu jest nie zawsze skuteczna [Wanner, 2001]. W literaturze stosunkowo często wskazuje się na wyraźne zmniejszanie się populacji bakterii *Microthrix parvicella* przy dozowaniu do komór osadu czynnego soli glinu [np. Albertson, 1992; Gielert i Kubicka-Formela, 2002].

W artykule przedstawiono wstępną ocenę skuteczności działania reagenta glinowego PAX-18 w zwalczaniu zjawiska puchnięcia i pienienia osadu czynnego w mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków typu Biooxyblok w Kościerzynie. Badania prowadzono w okresie od kwietnia do czerwca 2003 r.

2. UKŁAD TECHNOLOGICZNY OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

Mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia ścieków typu Biooxyblok w Kościerzynie składa się z dwóch ciągów technologicznych:

- ciąg ściekowy – zespół urządzeń i instalacji do oczyszczania i odprowadzania ścieków,
- ciąg osadowy – zespół instalacji i urządzeń do zagęszczania, odwadniania i unieszkodliwiania osadów i odpadów.

Technologia oczyszczania ścieków obejmuje następujące procesy:

- usuwanie dużych zanieczyszczeń pływających i wleczonych - cedzenie przez kratę schodkową czyszczoną mechanicznie;
- usuwanie zawiesin mineralnych w procesie sedymentacji w osadniku pionowym;
- biologiczne, zintegrowane usuwanie zanieczyszczeń organicznych oraz związków azotu i fosforu w reaktorze typu Biooxyblok;
- wspomaganie biologicznej defosfatacji poprzez zastosowanie symultanicznego, reagentowego strącania fosforanów siarczanem żelaza (PIX);
- separację osadu czynnego od oczyszczonych ścieków w procesie sedymentacji wtórnej.

Technologia przeróbki osadów przewiduje:

- gromadzenie skratek przesypanych wapnem w kontenerze i ich wywóz na składowisko odpadów;

- infiltracyjne odwodnienie osadów mineralnych na poletku ociekowym i ich wywóz na składowisko odpadów;
- mechaniczne zagęszczanie nadmiernego osadu czynnego;
- mechaniczne odwodnienie zagęszczonego osadu na ciśnieniowej prasie filtracyjnej;
- chemiczną stabilizację i higienizację odwodnionych osadów za pomocą wapna palonego;
- infiltracyjne odwodnienie nadmiernego osadu czynnego w zbiorniku awaryjnym (laguna);
- rolnicze wykorzystanie odwodnionego osadu.

Powyższe procesy oczyszczania ścieków i przeróbki osadów realizowane są w następujących obiektach (rys. 1):

- punkt zlewny ścieków dowożonych wozami asenizacyjnymi;
- komora krat ze schodkową kratą mechaniczną i awaryjną kratą stałą czyszczoną ręcznie;
- główna przepompownia ścieków surowych;
- pionowy piaskownik z możliwością wzruszania osadów za pomocą sprężonego powietrza;
- reaktor wielofunkcyjny do biologicznego oczyszczania ścieków typu BIOOXYBLOK BX 30/40;
- koryto pomiarowe ilości ścieków oczyszczonych;
- wylot brzegowy;
- instalacja do wprowadzania reagenta żelazowego, tzw. PIX-u;
- poletko do suszenia piasku;
- zagęszczacz grawitacyjny osadu nadmiernego;
- stacja mechanicznego odwadniania osadu nadmiernego;
- stacja higienizacji osadu za pomocą wapna;
- laguna do awaryjnego gromadzenia osadu nadmiernego;
- składowisko osadu odwodnionego;
- kolektory technologiczne;
- budynek socjalno-gospodarczy.

Teren miasta Kościerzyna, podzielony jest na dwie główne zlewnie, z których ścieki oddzielnie doprowadzane są na teren oczyszczalni kolektorami grawitacyjnej kanalizacji sanitarnej o średnicy 800 mm. Dodatkowo na jednym z głównych kolektorów dopływowych zlokalizowano punkt zrzutu ścieków dowożonych taborem asenizacyjnym z terenów nie objętych kanalizacją sanitarną. Oba strumienie ścieków po połączeniu w studziencie połączeniowej kierowane są do budynku komory krat. W komorze zainstalowana jest mechaniczna krata schodkowa sterowana automatycznie o prześwicie 30 mm. Dodatkowo w budynku zlokalizowana jest awaryjna krata stała czyszczona ręcznie.

Z komory krat ścieki przepływają grawitacyjnie do komory czerpalnej głównej przepompowni ścieków, skąd zostają przepompowane za pomocą pomp zatapialnych do piaskownika pionowego. W piaskowniku następuje oddzielenie łatwoopadających zawiesin mineralnych. Ścieki pozbawione zawiesin mineralnych przepływają grawitacyjnie do reaktora typu Biooxyblok. W celu zwiększenia efektywności usuwania fosforu do ścieków wpływających do reaktora dozowany jest roztwór siarczanu żelaza (tzw. Pix).

Reaktor wielofunkcyjny Biooxyblok składa się z następujących części:

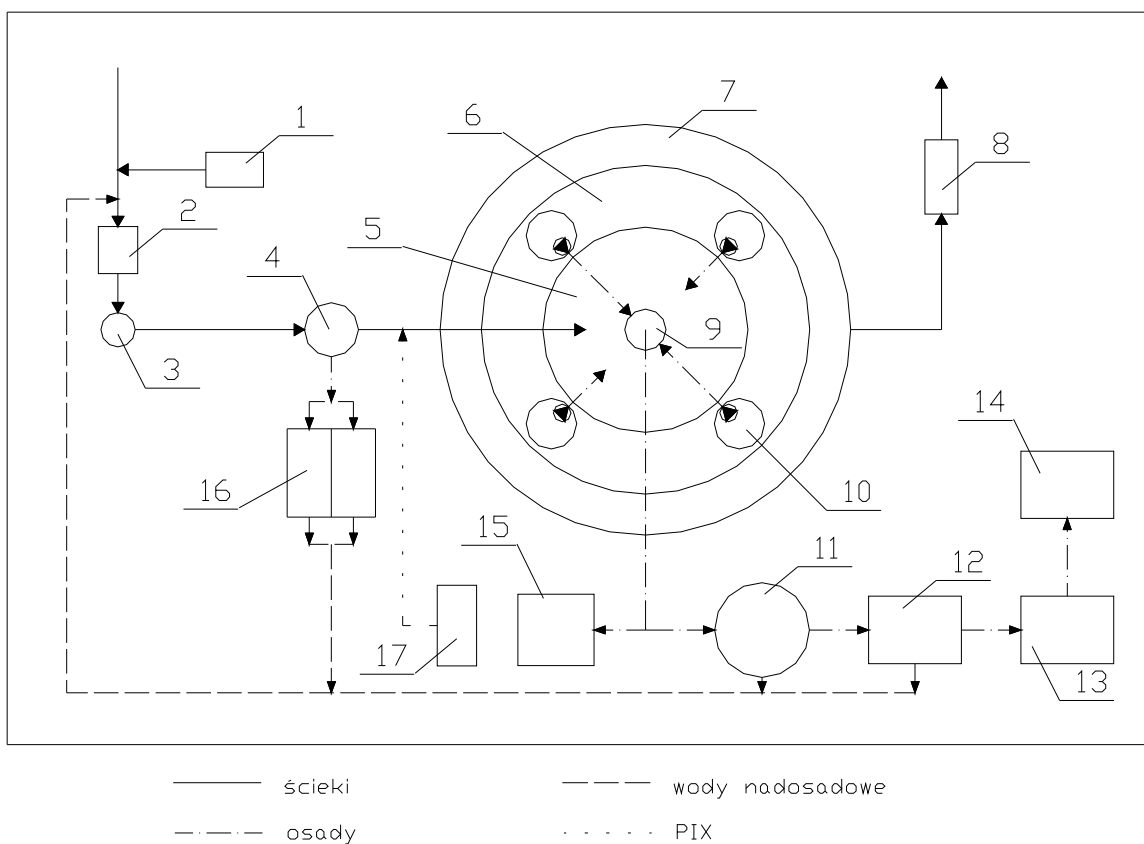
- rury centralnej, w której zachodzi wstępne zagęszczenie nadmiernego osadu czynnego recykulowanego z lejów osadowych osadnika wtórnego;
- komory biosorpcji, do której wprowadzane są ścieki surowe, recykulowany osad czynny z lejów osadowych osadnika wtórnego oraz recykulowana mieszanina ścieków i osadu czynnego z komory biostabilizacji; w komorze tej zachodzi proces denitryfikacji azotanów w strefach anoksydacyjnych oraz częściowy rozkład zanieczyszczeń organicznych w strefach natlenienia;

- komory biostabilizacji, w której zachodzą procesy tlenowego rozkładu zanieczyszczeń organicznych oraz nityfikacji azotu amonowego;
- osadników kieszeniowych, w których następuje oddzielenie kłaczków osadu czynnego od oczyszczonych ścieków.

Proces oczyszczania biologicznego realizowany w reaktorze typu Biooxyblok w Kościerzynie obejmuje:

- biologiczne utlenienie organicznych związków węgla;
- amonifikację, nityfikację i denityfikację związków azotu;
- biologiczne i reagentowe usuwanie związków fosforu.

Oczyszczone ścieki przepływają grawitacyjnie poprzez wylot brzegowy do odbiornika. W końcowym odcinku kanału ścieków oczyszczonych zainstalowany jest układ do pomiaru ilości odprowadzanych ścieków.



Rys. 1 Schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w Kościerzynie

- 1 – Punkt zlewny, 2 – Budynek krat, 3 – Pompownia główna, 4 – Piaskownik pionowy, 5 – Komora biosorpcji, 6 – Komora biostabilizacji, 7 – Kieszeniowy osadnik wtórny, 8 – Pomiar przepływu, 9 – Rura centralna, 10 – Leje osadowe, 11 – Zagęszczacz grawitacyjny, 12 – Stacja mechanicznego odwadniania osadu, 13 – Stacja higienizacji osadu, 14 – Plac składowy, 15 – Laguna osadowa, 16 – Poletko ociekowe, 17 – Zbiornik PIX-u

W tabeli 1 przedstawiono wielkości charakterystycznych przepływów ścieków z lat 2001 i 2002, w porównaniu z wartościami przyjętymi do obliczeń projektowych. W 2002 roku udział ścieków dowożonych w stosunku do całkowitej ilości oczyszczanych ścieków wynosiło ok. 3 %.

Tabela 1

Wielkości charakterystycznych przepływów ścieków dla oczyszczalni w Kościerzynie wg założeń projektowych i pomiarów z lat 2001 i 2002

Przepływ	Jednostka	Założenia projektowe	2001 r.	2002 r.
dobowy obliczeniowy (85% częstości)	m ³ /d	-	3567	3468
średni dobowy	m ³ /d	5000	3153	3017
maksymalny dobowy	m ³ /d	8000	10974	9418
minimalny dobowy	m ³ /d	-	1652	1609
maksymalny godzinowy	m ³ /h	360	600	560

Porównanie danych prezentowanych w tabeli 1 wskazuje na niewielkie różnice, jakie występowały dla rzeczywistych ilości dopływających do oczyszczalni ścieków, w szczególności dla przepływów miarodajnych. Bardzo istotne dla warunków eksploatacji oczyszczalni są znacznie wyższe wielkości maksymalnych przepływów ścieków, na co istotny wpływ mają intensywność opadów atmosferycznych i ilość wód roztopowych. Wynika to głównie z zalewania włazów studzienek kanalizacji sanitarnej. Nie można również wykluczyć istnienia nielegalnych przyłączy do kanalizacji sanitarnej rur spustowych z dachów budynków.

Średnie wartości stężeń podstawowych wskaźników zanieczyszczeń w ściekach surowych z 2002 r. i I połowy 2003 r. przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Średnie wartości stężeń zanieczyszczeń w ściekach surowych dopływających do oczyszczalni w Kościerzynie

Parametr	Jednostka	2002	I poł. 2003
ChZT _{Cr}	mg O ₂ /dm ³	907,7	1116,9
BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	542,7	695,0
Zawiesina og.	mg/dm ³	456,1	513,2
Azot ogólny	mg N/dm ³	66,2	84,3
Azot amonowy	mg N _{NH4} /dm ³	42,4	47,7
Fosfor ogólny	mg P/dm ³	13,4	14,3

Obserwacje z kilku ostatnich lat wskazują na stopniowy wzrost stężenia zanieczyszczeń w ściekach surowych dopływających do oczyszczalni. Spowodowane jest to spadkiem zużycia wody przez mieszkańców oraz wzrostem stężenia zanieczyszczeń występujących w ściekach przemysłowych.

3. PROBLEMY EKSPLOATACYJNE

Oczyszczalnia w Kościerzynie została oddana do użytku w 1994 roku. W związku z faktem odprowadzania ścieków oczyszczonych do niewielkiego ciek (rzeka Bibrowa) w niewielkiej odległości od jeziora (jezioro Wierzysko), w obowiązującym oczyszczalnię

pozwoleniu wodno-prawnym ustalono bardzo niskie dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń w odpływie:

BZT₅ = 15,0 mg O₂/dm³;
ChZT = 100,0 mg O₂/dm³;
zawiesina ogólna = 35,0 mg/dm³;
fosfor ogólny = 1,0 mg P_{og}/dm³;
azot ogólny = 30,0 mg N_{og}/dm³;
azot amonowy = 6,0 mg N/dm³.

Pomimo zaostrzonych wymagań odnośnie efektywności usuwania zanieczyszczeń organicznych i związków fosforu, zaprojektowano typową oczyszczalnię Biooxyblok, w której przeprowadzono jedynie modyfikację systemu napowietrzenia i cyrkulacji wewnętrznej (w celu zapewnienia przebiegu procesu wstępnej denitryfikacji) oraz wykonano instalację do symultanicznego strącania fosforu za pomocą reagenta żelazowego (PIX).

W początkowym okresie eksploatacji oczyszczalnia pracowała prawidłowo, jednak wraz ze wzrostem ładunków zanieczyszczeń dopływających z terenu zlewni pojawiły się problemy z zachowaniem wymaganego poziomu stężenia związków organicznych i fosforu w ściekach oczyszczonych. Dodatkowo występowały problemy z utrzymaniem efektywnej nityfikacji w okresie niskich temperatur. Jednocześnie uwypukliły się problemy eksploatacyjne związane z dużą dobową i godzinową nierównomiernością dopływu ścieków, a w szczególności z bardzo dużym napływem wód burzowych. Podstawowym sposobem rozwiązywania tego typu problemów w oczyszczalniach jest odpowiednie sterowanie pracą układu technologicznego. Oczyszczalnie typu Biooxyblok, ze względu na swoją konstrukcję, charakteryzują się jednak bardzo małą możliwością ingerencji w przebieg procesów oczyszczania przy jednocześnie niskim stopniu automatyzacji sterowania.

Podstawowym sposobem poprawy stopnia oczyszczenia ścieków stosowanym przez obsługę oczyszczalni jest utrzymywanie stosunkowo wysokiego stężenia osadu czynnego, w szczególności w okresie zimowym (powyżej 6 kg_{sm}/m³). Przy takim sposobie eksploatacji pojawiają się jednak problemy z własnościami sedymentacyjnymi osadu, które nasilają się w okresie wiosennym. **W trakcie wieloletniej eksploatacji dopracowano system regulacji stężenia osadu poprzez jego okresowy zrzut na lagunę.**

Na przełomie marca i kwietnia 2003 roku, pomimo zastosowania tych samych procedur, zaobserwowano narastające problemy z puchnięciem i pienieniem osadu, czego konsekwencją było wynoszenie zawiesiny z osadników wtórnych, i związane z tym przekroczenia dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń. Jednocześnie wystąpiły problemy z odwadnianiem osadu nadmiernego na lagunach i na prasach taśmowych.

W związku z zaistniałą sytuacją podjęto decyzję o chemicznym przeciwdziałaniu zjawisku puchnięcia i pienienia osadu poprzez wprowadzanie chlorku poliglinu w postaci preparatu PAX-18.

4. BADANIA TECHNOLOGICZNE NAD ZASTOSOWANIEM PAX-18 DO ZWALCZANIA PIANY I OBNIŻENIA INDEKSU OSADU

Stan początkowy

W związku z brakiem dodatkowego zbiornika na reagenty chemiczne wykorzystano zbiornik po PIX-e, po jego wcześniejszym zużyciu. Przed wprowadzeniem chlorku poliglinu zbiornik wypłukano wodą.

W chwili rozpoczęcia badań występowała gruba i stabilna warstwa osadu pływającego w komorze biosorpcji i biostabilizacji, i to pomimo działania aeratorów powierzchniowych (rys. 2). W osadniku wtórnym obserwowano wynoszenie drobnej zawiesiny osadu czynnego. Stężenie osadu w komorze biosorpcji wynosiło ok. 5 kg_{sm}/m³, a opadalność w próbie nierozcieńczonej ok. 980 cm³/dm³. Natomiast w komorze biostabilizacji stężenie osadu przekroczyło 7 kg_{sm}/m³,

a opadalność osadu w próbach nierozcieńczonych wynosiła ponad $990 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$, w próbach rozcieńczonych w stosunku 1:1 ok. $950 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$, a przy rozcieńczeniu 1:2 wahała się w granicach od 700 do ponad $800 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$.

W okresie tym **cała objętość laguny była wypełniona wcześniej odprowadzonym osadem nadmiernym**, a zawartość suchej masy w osadzie odwodnionym na prasach taśmowych spadła z ok. 15% do 10-11%.

Badania mikroskopowe osadu wykazały, że dominującym organizmem była bakteria nitkowata *Microthrix parvicella* stanowiąca siateczkową strukturę kłaczków, na której związane są ciemne małe skupiska bakterii (prawdopodobnie typu *Zooglea*). Liczebność *Microthrix parvicella* sięgała kilkuset nitek w polu widzenia. Gatunkiem podporządkowanym (występującym w mniejszej ilości) była *Nostocoida limicola II* i *Zooglea*. W płynnej fazie osadu występowały również w dużych ilościach bakterie nitkowate. Nie obserwowano natomiast swobodnych bakterii pałeczkowatych, ani organizmów zwierzęcych.



Rys. 2 Powierzchnia komory biostabilizacji w dniu 16 kwietnia 2003 r. z widoczną grubą warstwą osadu pływającego

W dniu 16 kwietnia rozpoczęto dawkowanie reagenta PAX-18 wykorzystując instalację do wprowadzania PIX-u. W początkowym okresie dobową objętość wprowadzanego reagenta wynosiła $0,5 \text{ m}^3$, co przy zawartości osadu w bioreaktorach na poziomie $27650 \text{ kg}_{\text{sm}}$ odpowiadało dawce ok. $2,2 \text{ g Al/kg}_{\text{sm}}$. W okresie tym dobowy przepływ ścieków oscylował wokół wartości $3000 \text{ m}^3/\text{d}$, zatem dawka PAX-u w odniesieniu do 1 m^3 ścieków wynosiła ok. 165 cm^3 .

Przez cały okres prowadzonych badań wykonywano codzienne analizy składu ścieków surowych i oczyszczonych, a także analizy osadu obejmujące stężenie osadu w obu komorach oraz opadalność w próbach nierozcieńczonych, a dla komory biostabilizacji także przy rozcieńczeniach 1:1 i 1:2.

Przebieg badań

W ciągu pierwszych 3 tygodni obserwowano stopniowy zanik zwartej warstwy osadu pływającego oraz zmniejszenie stężenia zawiesiny ogólnej w odpływie z ponad 40 mg/dm³ do wartości rzędu kilkunastu mg/dm³. Stężenie osadu obniżyło się do poziomu 3,5 kg_{sm}/m³ w komorze biosorpcji, i ok. 6,0 kg_{sm}/m³ w komorze biostabilizacji.

Obserwacje z dnia 5 maja wykazały występowanie na powierzchni komór jedynie lekkiej piany technologicznej wywołanej pracą aeratorów powierzchniowych (rys. 3).



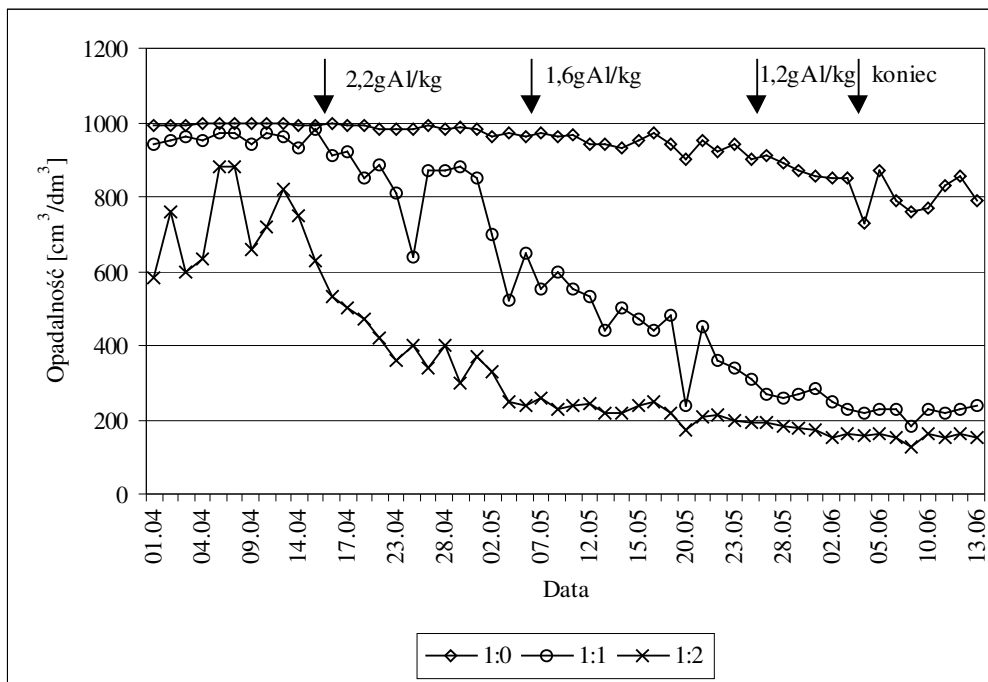
Rys. 3 Powierzchnia komory biostabilizacji w dniu 5 maja 2003 r. z widoczną warstwą lekkiej piany technologicznej

Interesujące wyniki uzyskano analizując zmianę opadalności osadu w komorze biostabilizacji (rys. 4). Dla prób nierozcieńczonych przez cały ten okres wynosiła ona ok. 990 cm³/dm³. Przy rozcieńczeniu 1:1 objętość osadu po 30 min sedymentacji obniżała się z ok. 900 cm³/dm³ do wartości zbliżonych do 600 cm³/dm³. Natomiast dla prób z rozcieńczeniem 1:2 spadek opadalności był największy, osiągając pod koniec tego okresu wartość ok. 200 cm³/dm³, tj. wartość zalecaną przy oznaczaniu objętościowego indeksu osadu rozcieńczonego (DSVI). W tym samym czasie opadalność osadu w komorze biosorpcji spadła do ok. 800 cm³/dm³.

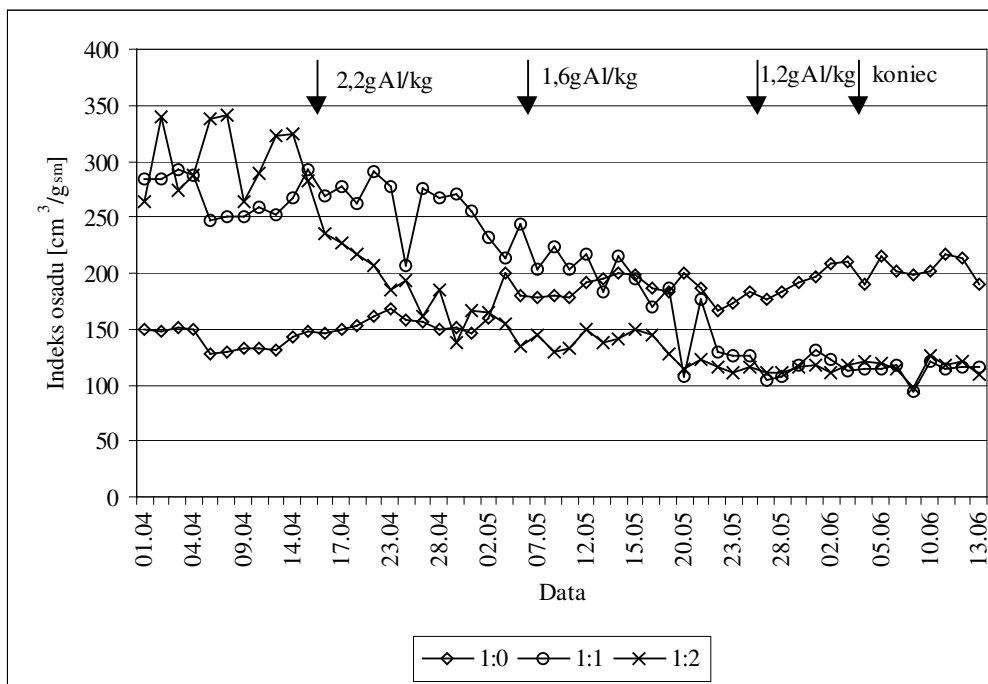
Zupełnie inne wnioski można było uzyskać analizując zmiany indeksu osadu w komorze biostabilizacji (rys. 5). Dla prób nierozcieńczonych przez większość analizowanego okresu czasu indeks osadu (SVI) utrzymywał się na poziomie ok. 150 cm³/g_{sm}, co jest wartością umożliwiającą zakwalifikować osad jako „lekki” [Wanner, 2000]. Natomiast przy uwzględnieniu rozcieńczeń początkowa wartość indeksu osadu (DSVI) wzrastała do ok. 300 cm³/g_{sm}, co pozwala zaliczyć go do osadu źle sedymentującego (spuchniętego). W trakcie tych pierwszych 3 tygodni indeks osadu przy uwzględnieniu rozcieńczeń spadł do ok. 220 cm³/g_{sm} (przy stosunku 1:1) lub aż do ok. 150 cm³/g_{sm} (przy stosunku 1:2) co pozwalałoby zakwalifikować go jako osad „lekki”.

W związku z widoczną wizualną poprawą własności osadu oraz na podstawie wyników analiz laboratoryjnych dla rozcieńczonych prób osadu, w dniu 7 maja (tj. po 22 dniach od rozpoczęcia badań) zmniejszono objętość wprowadzanego reagenta PAX-18 do 0,3 m³/d. W tym

dniu ogólna masa osadu w komorach bioreaktora wynosiła 21809 kg, zatem dawka jonu glinu uległa obniżeniu do 1,6 g Al/kg_{sm}.



Rys. 4 Opadalność osadu w komorze biostabilizacji w trakcie prowadzonych badań dla prób nierozcieńczonych i przy rozcieńczeniach 1:1 i 1:2



Rys. 5 Objętościowy indeks osadu w komorze biostabilizacji w trakcie prowadzonych badań dla prób nierozcieńczonych (SVI) i przy rozcieńczeniach 1:1 i 1:2 (DSVI)

Ta wielkość dawki była utrzymywana przez 19 dni, tj. do 26 maja 2003r. W okresie tym zaobserwowano nieznaczny spadek opadalności w nierozcieńczonych próbach osadu pobranych z komory biostabilizacji z ok. 990 do 900 cm³/dm³ (rys. 4). W tym samym czasie nastąpił spadek stężenia osadu w tej komorze do wartości ok. 5,0 kg_{sm}/m³, co w sumie spowodowało wzrost indeksu osadu do ok. 200 cm³/g_{sm}. Inne wnioski możemy uzyskać analizując wyniki uzyskane dla prób rozcieńczonych. Przy rozcieńczeniu 1:1 możemy zaobserwować dalszy spadek opadalności do wartości ok. 300 cm³/dm³, a przy rozcieńczeniu 1:2 stabilizację opadalności na poziomie 200 cm³/dm³. Pod koniec tego okresu badań indeks osadu rozcieńczonego (DSVI) wahał się w granicach 110-120 cm³/g_{sm} (rys. 5).

Począwszy od 26 maja 2003 roku zmniejszono ilość wprowadzanego reagenta do 0,2 m³/d, co przy zawartości osadu czynnego w komorach bioreaktora wynoszącej 20225 kg_{sm} odpowiadało dawce jonów glinu na poziomie 1,2 g Al/kg_{sm}. Dopiero po 9 dniach zanotowano zauważalny spadek opadalności osadu w próbach nierozcieńczonych pobranych z komory biostabilizacji do wartości ok. 800 cm³/dm³. Uwzględniając jednak stężenie osadu w tej komorze, które obniżyło się do ok. 4,0 kg_{sm}/m³, objętościowy indeks osadu (SVI) wzrósł do ponad 200 cm³/g_{sm}. Podobnie jak w poprzednich okresach zupełnie inne wnioski można uzyskać analizując wyniki prób rozcieńczonych. Dla obu rozcieńczeń opadalność zmniejszyła się do wartości zalecanej, tj. 200 cm³/dm³, przy czym w końcowym okresie badań dla rozcieńczenia 1:2 wynosiła ona poniżej tej wartości (150 cm³/dm³). Obliczony dla tych prób indeks osadu rozcieńczonego (DSVI) oscylował wokół wartości 100 cm³/g_{sm}, co pozwala zakwalifikować ten osad do dobrze sedymentujących.

Przeprowadzona na początku czerwca analiza składu mikrobiologicznego osadu z komory biostabilizacji wykazała, że dominującym organizmem były bakterie typu *Zooglea*. W osadzie obserwowano także nieliczne bakterie nitkowate z rodzaju *Microthrix parvicela*, oraz pojedyncze komórki bakterii *Nostocoida limicola*, Typ 0041, Typ 021N oraz Typ 0581.

W związku z wyraźną poprawą własności sedymentacyjnych osadu oraz z ustąpieniem zjawiska puchnięcia i pienienia osadu, w dniu 4 czerwca zakończono wprowadzanie reagenta PAX-18 do komór bioreaktora oczyszczalni w Kościerzynie.

5. WNIOSKI

1. Dozowanie PAX-18 (chlorku poliglinu) do komór bioreaktora oczyszczalni typu Biooksyblok okazało się skutecznym sposobem zwalczania pęcznienia i pienienia osadu spowodowanego nadmiernym rozwojem bakterii nitkowatych z rodzaju *Microthrix parvicela* w Miejskiej Oczyszczalni Ścieków w Kościerzynie.
2. Zastosowanie PAX-18 w zmniejszającej się dawce od 2,2 do 1,2 g Al/kg_{sm} umożliwiło pełne ustąpienie zwartej warstwy kożucha osadu pływającego w komorach bioreaktora oraz obniżenie indeksu objętościowego osadu rozcieńczonego (DSVI) do poziomu 100 cm³/g_{sm}.
3. Przeprowadzone badania potwierdziły uwagi zawarte w literaturze przedmiotu, iż zwykły objętościowy indeks osadu (SVI) nie jest parametrem dobrze opisującym własności sedymentacyjne osadu. Znacznie lepsze wyniki można uzyskać stosując oznaczenie indeksu osadu rozcieńczonego (DSVI), przy czym konieczny jest taki dobór rozcieńczenia, aby objętość osadu po 30 minutach sedymentacji nie przekraczała 200 cm³.
4. Wartości indeksu objętościowego osadu rozcieńczonego (DSVI) pozwoliły na wcześniejsze zmiany wielkości dawki reagenta, co przyczyniło się do znacznego zmniejszenia kosztów związanych z ograniczeniem skutków rozwoju bakterii nitkowatych.
5. W oparciu o uzyskane wyniki podjęto decyzję o modyfikacji opracowywanego projektu modernizacji oczyszczalni w Kościerzynie uwzględniającej konieczność wyposażenia oczyszczalni w niezależną od instalacji PIX-u instalację do dawkowania soli glinu, służących

do natychmiastowego przeciwdziałania niekorzystnym zjawiskom spowodowanym nadmiernym rozwojem bakterii nitkowatych z rodzaju *Microthrix parvicella*.

6. BIBLIOGRAFIA

- Albertson O.E. (1992): Control of bulking and foaming organisms. In Design and retrofit of wastewater treatment plants biological nutrients removal. Lancaster, PA: Technomic Publishing Co., Inc.
- Gielert M., Kubicka-Formela U. (2002): Zastosowanie PAX-16 do zwalczania puchnięcia osadu czynnego w wielofazowych reaktorach oczyszczalni ścieków Gdańsk-Wschód. Materiały seminarium naukowo-technicznego: Nowe rozwiązania problemów technologicznych na oczyszczalniach ścieków, Świnoujście-Kopenhaga, wrzesień 2002, 112-124.
- Eikelboom D.H. (1997): Control of *Microthrix parvicella* by addition of PAX-14. TNO-report. TNO-MEP-R 97/305. TNO Institute of Environmental Sciences, Energy Research and Process Innovation.
- Wanej J. (2000): Kontrola puchnięcia osadu czynnego, powodowanego przez bakterie nitkowate. Materiały seminarium szkoleniowego: Filozofia projektowania a eksploatacja oczyszczalni ścieków, Kraków 28-29.06.2000, 143-170.
- Wanner J. (2001): Activated sludge bulking and foaming control. Technomic Publishing Co., Inc.

Materiały źródłowe z Miejskiej Oczyszczalni Ścieków w Kościerzynie.