

Wojciech Dąbrowski

OKREŚLENIE ZMIAN STĘŻENIA ZANIECZYSZCZEŃ W PROFILU OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW MLECZARSKICH NA PRZYKŁADZIE S.M. MLEKOVITA W WYSOKIEM MAZOWIECKIEM

Streszczenie. Ścieki mleczarskie charakteryzują się znacznie wyższymi wartościami wskaźników zanieczyszczeń w stosunku do ścieków komunalnych, jak również wahaniami ładunku. Prawidłowa eksploatacja oczyszczalni wymaga monitorowania parametrów procesu oczyszczania, jak i efektywności poszczególnych jego etapów. Przedstawione wyniki badań z jednej z największych oczyszczalni ścieków mleczarskich w Polsce wykazały bardzo wysoką efektywność oczyszczania takich ścieków. Analizowane ścieki pochodzące z zakładu w Wysokiem Mazowieckiem charakteryzowały się wysoką zawartością BZT₅ (2350 mgO₂/dm³), ChZT (2990 mgO₂/dm³) i azotanów V (54,5 mgN-NO₃⁻/dm³). Stwierdzono znaczne oddziaływanie odcieków z przeróbki osadów ściekowych na proces usuwania związków organicznych oraz biogenów. Zawartość azotu amonowego w ściekach surowych wynosiła 1,9 mg N-NH₄⁺/dm³, natomiast w odciekach 18,7 mg N-NH₄⁺/dm³. Wzrost ładunku ścieków odprowadzanych z zakładu mleczarskiego jest główną przyczyną planowanej modernizacji oczyszczalni z uwzględnieniem obecnego i docelowego ładunku ścieków.

Słowa kluczowe: ścieki mleczarskie, związki organiczne, biogeny, efektywność.

WPROWADZENIE

Na terenie województwa podlaskiego działają największe zakłady przetwórstwa mleczarskiego w kraju. Według danych G.U.S. z 2008 roku, liczba podmiotów gospodarczych zajmujących się przetwórstwem mleka na terenie Polski wynosiła 224, w tym 15 znajdowało się na terenie województwa podlaskiego. Oczyszczalnia ścieków mleczarskich, w której prowadzono badania to jeden z największych obiektów w Polsce. Zlokalizowana jest ona na terenie firmy S.M. Mlekovita w Wysokiem Mazowieckiem. W chwili obecnej projektowana jest jej modernizacja, przy założeniu równoważnej liczby mieszkańców aż 350000. Według badań własnych w 2008 roku z podlaskich mleczarni potencjalnie odprowadzane było około 6,7 mln m³ ścieków mleczarskich, z czego około 4,7 mln m³ trafiało do czyszczalni indywidualnych, zaś pozostałe do oczyszczalni komunalnych [Dąbrowski 2009]. Efektywne usuwanie zanieczyszczeń ze ścieków mleczarskich jest istotne z punktu widzenia ochrony środowiska wodnego. Wysoki efekt oczyszczania ścieków warunkowany jest z jednej strony dostępną technologią, z drugiej natomiast poziomem obsługi i wyposażeniem obiektów umożliwia-

Wojciech DĄBROWSKI – Politechnika Białostocka, Katedra Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska

jących stały monitoring parametrów i jakości ścieków w całym profilu oczyszczalni. Monitorowanie parametrów ścieków w trakcie oczyszczania umożliwia korygowanie parametrów pracy poszczególnych urządzeń wchodzących w skład oczyszczalni. Ze względu na znacznie wyższe wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach mleczarskich w stosunku do ścieków komunalnych i bytowych eksploatacja tych obiektów jest znacznie trudniejsza [Anielak 2008; Bartkiewicz i Umiejewska 2010; Budnyi i Turowski 2005]. Dodatkowym utrudnieniem w eksploatacji są wahania ładunku zanieczyszczeń odprowadzanego z zakładów, co wiąże się np. ze zmianą wielkości asortymentu produkcji w zakładzie mleczarskim. Przeprowadzone badania miały na celu określenie zmienności podstawowych wskaźników zanieczyszczeń wzdłuż profilu oczyszczalni ścieków mleczarskich stosującej intensywne biologiczne usuwanie węgla, azotu i fosforu oraz chemiczne doczyszczanie ścieków.

METODYKA I OBIEKT BADAŃ

Badania prowadzono w obiekcie należącym do firmy S.M. Mlekovita w Wysokim Mazowieckiem. Analizowana oczyszczalnia działa od 1987 roku, zaś w 2001 roku ukończono jej modernizację. W 2011 roku powstał projekt następnej modernizacji, która będzie zrealizowana w latach 2012-2013, a jej konieczność wynika ze stałego wzrostu ładunku ścieków. W tabeli 1 przedstawiono podstawowe parametry technologiczne oczyszczalni w Wysokim Mazowieckiem. Ilość ścieków od 2000 roku zwiększyła się ponad dwukrotnie w stosunku do 2010 roku. Z analizy ilości osadu wynika, iż system, który pracował 2000 roku powodował powstawanie około 0,12 kg s.m./1 m³ ścieków, w 2010 roku wskaźnik ten wynosił już 0,37 kg s.m./1m³. Świadczy to o wielkości obiektu i wzroście ładunku ścieków na przestrzeni lat.

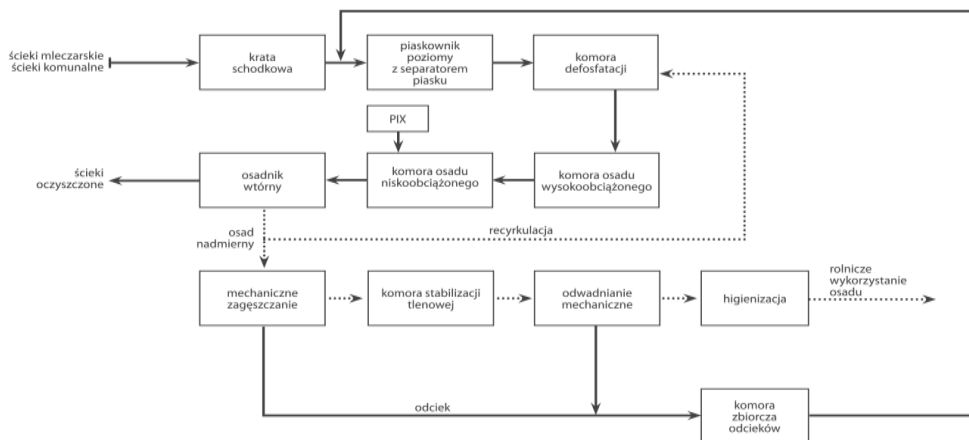
Tabela 1. Ilość ścieków, RLM oraz ilość osadów w oczyszczalni firmy S.M. Mlekovita w Wysokim Mazowieckiem według danych z lat 2000-2010

Table 1. Basic parameters of Mlekovita WWTP in Wysokie Mazowieckie during 2000-2010

Rok	Ilość ścieków [m ³ /d]	Wartość średnia BZT ₅	RLM	Ilość osadów [t s.m./rok]
2000	2820	1703	80040	540
2010	5800	2582	2495900	2182

Do 2001 roku obiekt ten pracował w oparciu o układ komór osadu czynnego wysoko i niskoobciążonego, zaś napowietrzanie zapewniały aeratory powierzchniowe. Był to typowy układ do oczyszczania ścieków mleczarskich z lat 70-tych ubiegłego wieku opatentowany przez Biuro CZSMI zajmujące się projektowaniem oczyszczalni mleczarskich. [Pasternak i Piotrowski 1980]. Przeróbka osadów była prowadzona w oparciu o symultaniczną stabilizację osadów, odwadnianie odbywało

się z zastosowaniem poletek osadowych. Jeszcze w XXI wieku można spotkać tego typu rozwiązania uzupełnione o chemiczne strącanie fosforu i mechaniczne odwadnianie osadów ściekowych. Od 1991 roku do oczyszczalni w Wysokim Mazowieckiem dopływają także ścieki miejskie, których udział w ładunku ścieków nie przekracza 5% w odniesieniu do BZT₅ [Kajurek i Dąbrowski 2003]. Obecnie działający system (rysunek 1) powstał jako odpowiedź na rosnące wymagania dotyczące jakości ścieków oczyszczonych jak i wzrost ładunku ścieków związany z rozwojem zakładu. Zastosowano nowoczesny układ do intensywnego biologicznego usuwania związków biogenych z możliwością chemicznego strącania fosforu. Oczyszczone mechaniczne ścieki dopływają do komory defosfatacji, a następnie do dwóch szeregowo usytuowanych komór osadu czynnego. Pomiedzy komorami zastosowano osadnik pośredni, z którego eksploatacji zrezygnowano w 2002 roku. W komorze osadu II stopnia (osad niskoobciążony) o przepływie cyrkulacyjnym zachodzi proces symultanicznej nityfikacji i denityfikacji. W komorach monitorowana jest zawartość tlenu rozpuszczonego oraz potencjał redox. Chemiczne strącanie fosforu odbywa się przez dawkowanie koagulantu na wylocie z komory II stopnia.



Rys. 1. Schemat blokowy oczyszczalni w Wysokim Mazowieckiem

Fig. 1. Flow diagram of Wysokie Mazowieckie W.W.T.P.

Po osadnikach radialnych ścieki oczyszczone odprowadzane są do rzeki Brok. Nadmierny osad ściekowy poddawany jest zagęszczaniu mechanicznemu, stabilizacji tlenowej w wydzielonych komorach, a następnie odwadnianiu przy użyciu prasy filtracyjnej. Osad wykorzystywany jest do nawożenia gleb powiatu.

Celem badań przeprowadzonych w październiku 2010 roku, było określenie zmienności podstawowych wskaźników zanieczyszczeń w ściekach podczas procesu oczyszczania wzdłuż profilu oczyszczania. Próbkę ścieków pobierano na dopływie i odpływie z oczyszczalni, po części mechanicznej, na odpływie z komory defosfatacji oraz komór osadu czynnego I i II stopnia (osad wysoko i niskoobciążony).

W próbkach określono stężenie podstawowych wskaźników zanieczyszczeń (BZT₅, ChZT, azot amonowy, azotany V oraz fosfor ogólny).Azot ogólny Kjeldahla oznaczono w próbce ścieków surowych i oczyszczonych. Podczas poboru próbek uwzględniono pojemność poszczególnych komór i czas zatrzymania ścieków. Analizy wykonano w laboratorium Katedry Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska Politechniki Białostockiej, korzystano również z laboratorium firmy Mlekovita, która ma wdrożone procedury umożliwiające prowadzenie badań kontrolnych na terenie własnego obiektu.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

W tabeli 2 przedstawiono wyniki badań ścieków w profilu oczyszczalni w Wysokiem Mazowieckiem, natomiast w tabeli 3 efektywność poszczególnych procesów jednostkowych (etapów oczyszczania). Analizując parametry ścieków surowych można stwierdzić, iż wartość BZT₅ i ChZT, była kilkakrotnie wyższa niż w ściekach komunalnych [Poradnik,1997;Metcalf Eddy,1991]. Podobną zależność stwierdzono w przypadku stężenia fosforu, którego ilość w dużym stopniu zależy od rodzaju środków myjących stosowanych w stacjach C.I.P. (cleaning in place) powszechnie używanych w zakładach przemysłu spożywczego. Cechą charakterystyczną ścieków odprowadzanych z zakładu mleczarskiego jest niskie stężenie azotu amonowego zaś wysokie azotanów V. Stężenie azotu amonowego rośnie po części mechanicznej do wartości 10,3 mg N-NH₄⁺/dm³. Jest to spowodowane recyrkulacją odcieków z przeróbki osadów ściekowych. Ich ilość, według badań własnych prowadzonych w latach 2006-2010 w podlaskich oczyszczalniach mleczarskich, waha się od 3 do 12% w stosunku do ilości ścieków surowych [Dąbrowski 2010]]. W przypadku analizowanej oczyszczalni ich ilość wynosiła około 10% w stosunku do ilości ścieków dopływających do oczyszczalni. W trakcie badań wykonano oznaczenia wartości poszczególnych wskaźników zanieczyszczeń w odciekach zarówno w próbce uśrednionej jak i w okresie poboru próbek ścieków. Parametry odcieków w próbce uśrednionej wynosiły odpowiednio: BZT₅ 120,0 mgO₂/dm³, ChZT 231,0 mg O₂/dm³ azot amonowy 18,7 mgN-NH₄⁺/dm³, azotany V 1,2 mgN-NO₃⁻/dm³ i fosfor ogólny 8,1 mgP/dm³. Stężenie azotu amonowego w odciekach wahało się w od 14,1 do 23,0 mgN-NH₄⁺/dm³. Recyrkulacja dużych ilości odcieków powoduje znaczne obniżenie takich parametrów jak BZT₅ czy ChZT po części mechanicznej.

Tabela 2. Podstawowe parametry w ściekach mleczarskich w profilu oczyszczalni w Wysokiem Mazowieckiem**Table 2.** Basic parameters of dairy wastewater in profile of Wysokie Mazowieckie W.W.T.P.

Miejsce poboru próbki	Parametr i jednostka				
	BZT ₅ mgO ₂ /dm ³	ChZT mgO ₂ /dm ³	Azot amonowy mg N-NH ₄ ⁺ /dm ³	Azotany (V) mgN-NO ₃ ⁻ /dm ³	Fosfor ogólny mgP/dm ³
Dopływ do oczyszczalni	2350,0	2990,0	1,9	54,5	34,5
Odływ z części mechanicznej	1620,0	1910,0	10,3	36,0	30,1
Odływ z komory defosfatacji	670,0	1315,0	8,2	20,0	14,2
Odływ z komory I stopnia	104,0	135,0	1,6	9,9	6,3
Odływ z komory II stopnia	10,0	45,0	1,0	4,4	1,7
Odływ z oczyszczalni	7,0	36,0	0,4	2,6	0,9

Tabela 3. Efektywność poszczególnych etapów oczyszczania ścieków mleczarskich w Wysokiem Mazowieckiem**Table 3.** Effectiveness of main steps of dairy wastewater treatment in Wysokie Mazowieckie

Etap oczyszczania	Efektywność usuwania zanieczyszczeń %			
	BZT ₅	ChZT	Azot amonowy	Fosfor ogólny
Część mechaniczna	31	36	-	12
Komora defosfatacji	58	31	20	52
Komora I stopnia	84	89	80	55
Komora II stopnia	90	66	38	73
Efektywność usuwania zanieczyszczeń w całym systemie	99	98	79	97

Analizowany obiekt charakteryzuje się bardzo dużą efektywnością usuwania zanieczyszczeń. BZT₅ na odpływie nie przekracza 10 mgO₂/dm³, co przy wartości wyjściowej w ściekach surowych na poziomie 2350,0 mgO₂/dm³ daje efektywność na poziomie 99%. Według badań autora z 2003 roku efektywność usuwania BZT₅ wynosiła około 98% przy stężeniu w ściekach surowych od 3100 do 3800 mgO₂/dm³ [Dąbrowski 2004]. Stężenie azotu amonowego w ściekach oczyszczonych wynosiło 0,4 mg N-NH₄⁺/dm³, a całkowita efektywność jego usuwania wynosiła 79%. W przypadku azotu Kjeldahla zaobserwowano zmniejszenie ze 112,0 mg N/dm³ do 5,7 mg N/dm³. Stężenie fosforu w ściekach oczyszczonych wynosiło 0,9 mg P/dm³. Według pozwolenia zintegrowanego IPPC dopuszczalne stężenie fosforu wynosi 1,0 mg P/dm³ [Boruszko, Dąbrowski 2005, 2009]. Okresowo w miarę potrzeb biologiczne usuwanie fosforu jest wspomagane przez chemiczne strącanie za pomocą koagulantu PIX dawkowanego na odpływie ścieków z komory osadu czynnego II stopnia. Największe

znaczenie w procesie usuwania związków organicznych ma komora osadu czynnego I stopnia.

W komorze cyrkulacyjnej II stopnia zawartość tlenu rozpuszczonego wahała się od 0,5 do 2,0 mgO₂/dm³. Umożliwiło to symultaniczną nityfikację i denityfikację ścieków mleczarskich. Jest ona rozwinięciem technologii rowów cyrkulacyjnych, w tym rowu utleniającego Passevera [Hao X. i inn., 1997]. Szereg polskich oczyszczalni mleczarskich pracujących z zastosowaniem układu komór osadu wysoko i niskoobciążonego można zmodernizować z wykorzystaniem doświadczeń z eksploatacji systemu w Wysokiem Mazowieckiem.

WNIOSKI

1. Ścieki mleczarskie charakteryzują się znacznie podwyższonymi parametrami zanieczyszczeń organicznych w stosunku do ścieków komunalnych czy też bytowych.
2. Ze względu na wahanie ładunku zanieczyszczeń w ściekach odprowadzanych z zakładów konieczny jest stały monitoring parametrów procesu oczyszczania i efektywności poszczególnych etapów oczyszczania.
3. Recyrkulacja odcieków z przeróbki osadów ściekowych w znacznym stopniu oddziałuje na efektywność usuwania związków organicznych, azot i fosforu.
4. Znaczny wzrost ładunku ścieków zaobserwowany w latach 2000-2010 był spowodowany wzrostem produkcji w zakładzie jak i spadkiem jednostkowego zużycia wody w zakładzie. Z tego względu oczyszczalnia musi być modernizowana z uwzględnieniem docelowego ładunku ścieków.

Autor pragnie podziękować kierownikowi oczyszczalni ścieków S.M. Mlekovi-ta w Wysokiem Mazowieckiem za pomoc w realizacji badań. Badania sfinansowano z pracy statutowej S/WBiIŚ/4/2011 realizowanej w Katedrze Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska Politechniki Białostockiej

LITERATURA

1. Anielak A.M.: (2008), Gospodarka wodno ściekowa przemysłu mleczarskiego, *Agro Przemysł*, 2, 57-59.
2. Bartkiewicz B., Umiejewska K.: (2010), *Oczyszczanie ścieków przemysłowych*, PWN.
3. Boruszko D., Dąbrowski W., :(2005,2009):Opracowanie dotyczące wniosku o uzyskanie pozwolenia zintegrowanego dla spółdzielni mleczarskiej *Mlekovita* w Wysokiem mazowieckiem, Ekom.
4. Budny J, Turowski J.: (2005) Pozwolenie zintegrowane,- woda , przegląd mleczarski 2, 28-31.
5. Danalevich J.R., Papagianis T.G., Balya R.L., Tumbleson M.R., Raskin L.:(1999) Characterization of dairy waste streams, current treatment practices and potential for biological nutrient removal, *Water Research*, vol. 32, 12, 3555-3568.

6. Dąbrowski W.:(2004) Efektywność usuwania związków biogenych w oczyszczalniach ścieków mleczarskich. XIV konferencja naukowo techniczna „Aktualne problemy gospodarki wodno ściekowej”, red. J. Bień, A., J. Kisiel, Politechnika Częstochowska, 273-279.
7. Dąbrowski W.:(2010) Charakterystyka odcieków z tlenowej przeróbki osadów w komunalnych i przemysłowych oczyszczalniach województwa podlaskiego, Inżynieria i Ochrona Środowiska, t.13 (1), 43-51.
8. Hao X., Doddema H.J., van Groenestijn J.W.(1997) Conditions and mechanisms affecting simultaneous nitrification and denitrification in Paseveer oxidation ditch. *Bioresource Technology* 59, 207-215.
9. Kajurek M., Dąbrowski W.: (2003), Przeróbka i zagospodarowanie osadów ściekowych z oczyszczalni ścieków mleczarskich na przykładzie S.M. Mlekovita, II Międzynarodowa Konferencja Nowe Spojrzenie na osady ściekowe, odnawialne źródła energii, Częstochowa
10. Metcalf Eddy:(1991) Wastewater engineering-treatment, disposal and reuse, Mc Graw Hill, USA, 3 rd edition, 1455.
11. Ochrona środowiska w przemyśle mleczarskim (1998) Fundacja Programów Pomocy dla Rolnictwa (FAPA), Warszawa.
12. Pasternak T. Piotrowski J.:(1980) Oczyszczanie ścieków mleczarskich w kraju i zagranicą, Przegląd Mleczarski, 2, 23-27.
13. Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków (1997), red. Dymaczewski Z., Oleszkiewicz J.A., Sozański M., PZiTS Poznań.

DETERMINATION OF POLLUTANTS CONCENTRATION CHANGES DURING DAIRY WASTEWATER TREATMENT IN MLEKOVITA WYSOKIE MAZOWIECKIE

Abstract. The quality of dairy wastewater can be characterized by higher pollutants concentration due to typical municipal wastewater. Also daily changes of sewage discharge from dairy plants can be observed. Proper exploitation of waste water treatment plant is strictly connected with monitoring of basic parameters and effectiveness of particular its stages. Presented researches were conducted in one of the biggest dairy W.W.T.P. in Poland located in Wysokie Mazowieckie (podlaskie province). The high efficiency of pollutants removal was observed. The main indicators in sewage were: BOD_5 ($2350 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$), COD ($2990 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$) and nitrate V ($54,5 \text{ mgN-NO}_3^-/\text{dm}^3$). It was found high impact of reject water for sewage treatment. Ammonia concentration in raw sewage was $1,9 \text{ mg N-NH}_4^+/\text{dm}^3$, Chile in reject water $18,7 \text{ mg N-NH}_4^+/\text{dm}^3$. Steady increase of pollution load discharged into W.W.T.P. was the main reason of the planned modernization.

Keywords: dairy wastewater, organic substances, biogenic compounds, effectiveness.