

EFEKTYWNOŚĆ OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW W NATURALNYM ŚRODOWISKU WODNYM I WODNO - ROŚLINNYM

EFFICIENCY OF TREATING WASTEWATER IN NATURAL WATER AND IN WATER AND PLANT ENVIRONMENT.

Jan Kutera

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Oddział we Wrocławiu
Institute for Land Reclamation and Grassland Farming, Division in Wrocław
Instytut Melioracji i Kształtowania Środowiska, Akademia Rolnicza we Wrocławiu
Institute for Land Reclamation and Environment Shaping,
Agricultural University in Wrocław

Wstęp

W latach siedemdziesiątych upowszechnione zostały zbiorniki akumulacyjne jako oczyszczalnie biologiczne ścieków z cukrowni. W 1994 r. z 50 zakładów posiadających oczyszczalnie biologiczne w 22 stosowane były zbiorniki akumulacyjne [Połec, Kempnerska, Gozdek, 1995]. Są to zbiorniki o charakterze stabilizacyjnym, w których występują płytkie - tlenowe, średnio głębokie fakultatywne oraz głębokie beztlenowe i napowietrzane. Wykorzystując doświadczenia przemysłu cukrowniczego, zastosowano zbiorniki akumulacyjne w kilku zakładach przemysłu ziemniaczanego, w celu głównie awaryjnego i rezerwowego odbioru ścieków oraz ich stabilizacji [Majdowski, 1990].

Zastosowanie zbiorników akumulacyjnych w cukrowniach i krochmalniach jest uzasadnione kampanijnością produkcji, pozwalającą na magazynowanie ścieków w długich okresach wiosenno-letnich, z podwyższonymi temperaturami, sprzyjającymi ich samooczyszczaniu. Część zbiorników wybudowano na likwidowanych polach irygowanych i filtracyjnych, oszczędzając na kosztach eksploatacji, tracąc na efektach oczyszczania ścieków [Hus, Kutera,

Pulikowski, 1996; Hus, Pulikowski, 1995]. Niektóre ze zbiorników wybudowano systemem gospodarczym, niekiedy w niezgodzie z wymogami inżynierii tego rodzaju budowli.

Dotychczasowe oceny skuteczności oczyszczania ścieków cukrowniczych i ziemniaczanych w zbiornikach stabilizacyjnych, nie poparte ciągłością pełnych badań, są zróżnicowane i nie uzasadniają podejmowanych w niektórych przypadkach decyzji, zmierzających do uzupełnienia lub zmiany technologii oczyszczania tych trudnych i uciążliwych ścieków przemysłowych. Trzeba przy tym podkreślić, że lokalizacje niektórych cukrowni i krochmalni sprzyjają stosowaniu oczyszczania ścieków w środowisku naturalnym.

Dla ścieków wiejskich również poszukuje się rozwiązań taniego i skutecznego oczyszczania w środowisku naturalnym, ostatnio preferowanym wodno-roślinnym. Takim upowszechnianym sposobem jest system "Lemna", w którym do oczyszczania ścieków w drugim i trzecim stopniu wykorzystywana jest rzęsa wodna. Wykorzystywanie rzęsy wodnej do oczyszczania ścieków jest dawno znane, a praktycznie stosowane w ostatnich latach. Stosowanie rzęsy wodnej w oczyszczaniu ścieków w zbiornikach wodnych jest konkurencyjne w stosunku do stosowanych w tym celu zbiorników glonowych [Kowal, 1995; Połec, Kowalska, Gozdek, 1992]. Rzęsa wodna wyróżnia się z wodnych roślin pływających największą kumulacją azotu i fosforu w tkankach wodnych [Kulik-Kuziemska, 1995].

Trzeba jednak podkreślić, że zbiorniki z rzęsą wodną stanowią tylko element oczyszczalni. Wymagają sprawdzenia ciągłymi całorocznymi badaniami w naszych warunkach klimatycznych.

W pracy tej przedstawiam wyniki badań nad skutecznością oczyszczania ścieków w zbiornikach akumulacyjnych i w zbiornikach z rzęsą wodną, wykonanych w latach 1985-1997 w Oddziale Wrocławskim Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych oraz w Instytucie Melioracji i Kształtowania Środowiska Akademii Rolniczej we Wrocławiu. W ostatnich latach część z tych badań była finansowana przez KBN, w ramach projektu badawczego 5 P 06 H 034 10.

Oczyszczanie ścieków cukrowniczych i ziemniaczanych w zbiornikach akumulacyjnych

W przemyśle cukrowniczym w ostatnich latach dokonano transformacji i unowocześnienia technologii produkcji, co w konsekwencji zmniejszyło zużycie wody z około 5 do 1 m³/tonę przerabianych buraków. Powstały przez to ścieki o zwiększonych koncentracjach obciążeń organicznych i mineralnych, wymagających doskonalenia procesów ich oczyszczania i utylizacji, w szczególności w zakresie związków eutroficznych. W związku z tym konieczne było podjęcie

ciągłych badań skuteczności oczyszczania ścieków w różnych zbiornikach akumulacyjnych, które są w naszych cukrowniach.

Dotychczasowe oceny skuteczności technologicznej oczyszczania ścieków cukrowniczych w zbiornikach akumulacyjnych stabilizacyjnych tlenowych i beztlenowych są znacznie zróżnicowane. Dawniejsze prace krajowe i zagraniczne, obejmujące ścieki o znacznie mniejszych koncentracjach, wykazują stosunkowo dobre ich oczyszczanie biologiczne i eliminację związków biogenych w zbiornikach stabilizacyjnych tlenowych [Brandyk, 1978; Metz, 1977; Skalski, 1971]. Badania wykonane w 1994 r. odprowadzanych ścieków cukrowniczych z 26 zbiorników akumulacyjnych, wykazały w większości obiektów wymaganą redukcję BZT₅, natomiast w większości zbiorników niewystarczającą redukcję ChZT oraz we wszystkich niedostateczne usuwanie azotu amonowego [Kempnerska-Omielczenko, 1994].

Nasze kilkuletnie badania postępującego w sezonie oczyszczania ścieków wykonane w pięciu cukrowniach obejmowały zbiorniki akumulacyjne:

- stabilizacyjne tlenowe,
- fakultatywne napowietrzane,
- stabilizacyjne beztlenowe z jednym i dwusezonowym okresem magazynowania,
- stabilizacyjne tlenowe i następne fakultatywne napowietrzane.

Intensywność oczyszczania ścieków cukrowniczych w badanych zbiornikach akumulacyjnych zależy przede wszystkim od przebiegu temperatury powietrza. W warunkach Dolnego Śląska okres intensywnego oczyszczania ścieków cukrowniczych w zbiornikach akumulacyjnych trwa przeciętnie od 15 marca do czasu ich opróżniania przed rozpoczęciem kampanii. Z przebiegu oczyszczania tych ścieków w okresie letnim wynika możliwość rozpoczęcia spuszczenia ścieków ze zbiorników w połowie lipca [Pulikowski, 1997]. Efektywność technologiczną badanych zbiorników ilustrują dane przedstawione w tabeli 1.

Ścieki cukrownicze właściwie oczyszczone mechanicznie i w zbiornikach akumulacyjnych nie wykazują przekroczeń zawartości zawiesiny ogólnej i fosforu ogólnego według aktualnie obowiązujących wymogów. W stosunku do zapowiadanej w 2000 r. normy niewystarczającą jest redukcja fosforu. W większości rozpatrywanych rodzajów zbiorników nie uzyskano dostatecznej redukcji w stosunku do wymagań, wskaźników tlenowych - BZT₅ i ChZT. Nie wyeliminowano w wystarczającym zakresie ze ścieków w zbiornikach azotu amonowego, a w zbiornikach tlenowych i fakultatywnych również azotu ogólnego. Ścieki cukrownicze zawierają nieznaczne ilości azotu azotanowego i nie zmieniło się jego stężenie po okresie magazynowania. W odniesieniu do azotu amonowego, stwierdza się niemożliwość uzyskania w ściekach odprowadzanych do wód, wymaganego w Polsce, stężenia - 6 mg NH₄/dm³.

Tab.1. Efektywność oczyszczania ścieków cukrowniczych w zbiornikach akumulacyjnych

Tab.1. Efficiency of treating sugar factory wastewater in accumulation reservoirs

Wskaźniki i stężenia - mg/dm ³ Concentration indicators	Wartości średnie z lat 1993-1996 dla zbiorników Mean value from the years 1993-1996 for reservoirs			
	tlenowych, oxygen-carring	fakultatywnych, napowietrzanych facultative aerated	beztlenowych oxygen free	
			I rok, I year	II rok magazynowania II year storage
	początek okresu intensywnego oczyszczania - koniec okresu oczyszczania beginning of intensive treatment period - end of treatment period			
% redukcji w sezonie % reduction in season				
Zawiesina ogólna Total suspension	<u>52 - 34</u> 35	<u>50-35</u> 29	<u>55-42</u> 24	<u>36-32</u> 12
BZT ₅ - BOD ₅	<u>1 171 - 56</u> 95	<u>1331-21</u> 98	<u>1495-53</u> 96	<u>190-36</u> 81
ChZT - COD	<u>1 729 - 242</u> 86	<u>1907-127</u> 93	<u>2192-230</u> 89	<u>347-159</u> 54
Azot amonowy (N-NH ₄) Ammonie nitrogen	<u>20,3 - 14,7</u> 30	<u>17,2-15,6</u> 9	<u>17,7-9,5</u> 47	<u>18,9-15,9</u> 16
Azot azotanowy (N-NO ₃) Nitrate nitrogen	<u>0,20 - 0,18</u> —	<u>0,24-0,10</u> 58	<u>0,13-0,14</u> —	<u>0,16-0,15</u> 6
Azot ogólny (N) Kjeldahl nitrogen	<u>39,3 - 40,1</u> —	<u>39,5-33,6</u> 15	<u>33,3-27,9</u> 16	<u>33,7-29,5</u> 12
Fosfor ogólny (P) Total phosphorus	<u>4,0 - 2,1</u> 49	<u>3,9-2,1</u> 45	<u>3,7-1,7</u> 52	<u>3,5-2,1</u> 41

Uzyskane wyniki badań nie wykazują zbyt dużej różnicy efektywności oczyszczania ścieków cukrowniczych w poszczególnych rodzajach zbiorników. W niewielkim stopniu wyróżnia się efektywność oczyszczania ścieków cukrowniczych w zbiornikach fakultatywnych napowietrzanych. Przetrzywanie ścieków z cukrowni w głębokich zbiornikach beztlenowych przez dwa sezony nie jest uzasadnione uzyskiwanymi efektami oczyszczania.

W Niemczech stosuje się ciągle intensywne napowietrzanie aż do uzyskania poniżej 300 mg O₂/dm³, a następnie ogranicza się napowietrzanie do nocnego, żeby nie hamować rozwoju planktonu roślinnego. Cały ten proces napowietrzania trwa do końca sierpnia [Pulikowski, 1997].

Wykonane zostały próby doczyszczania ścieków cukrowniczych w zbiornikach akumulacyjnych za pomocą hodowli glonów [Duda, Griculak, 1996]. Koncepcja ta nie została wdrożona, ze względu na zmniejszoną wydajność tego procesu z powodu długo występujących zbyt niskich temperatur, nieodpowiedniego stosunku azotu do fosforu w ściekach zbiornikowanych oraz niekorzystnego oddziaływania glonów na jakość wód odbiornika ścieków.

Analiza porównawcza stosowanych aktualnie technologii oczyszczania ścieków cukrowniczych wykonane w naszych Instytutach, uzasadnia zalecenie doczyszczania ścieków cukrowniczych akumulowanych w zbiornikach, na polach nawadnianych i rolniczego ich wykorzystania [Hus, Kutera, Pulikowski, 1996]. Zalecenie to uzasadniają badania cytowane w literaturze [Kutera, 1988; Połec, Kemperska-Omielczenko, 1995] oraz efekty uzyskane w Cukrowni Ropczyce [Talik, 1985], przedstawione w tabeli 2.

Tab. 2 Podstawowe i eutroficzne wskaźniki obciążeń ścieków cukrowniczych w zbiornikach stabilizacyjnych i napowietrzanych oraz odcieków z drenów z łąk deszczowanych tymi wodami

Tab. 2. Basic and eutrophic indicators of sugar factory wastewater charges in stabilizing end aerated reservoirs and drainage from meadows rained with these waters

Wskaźniki i stężenia- mg/dm ³ Concentration indicators	Zawartość w dniach, Value in days							
	13.VI		13/14.VII		26.VIII		17.IX	
	A*)	B**)	A	B	A	B	A	B
BZT ₅ - BOD ₅	480	13,6	250	4,0	240	0,8	38,0	20,0
ChZT - COD	560	40,5	320	27,5	400	20,0	140, 0	33,0
Azot amonowy (N-NH ₄) Ammonie nitrogen	11,2	1,2	8,4	2,6	14,5	2,8	11,2	3,0
Azot azotanowy (N-NO ₃) Nitrate nitrogen	2,5	1,4	1,5	1,0	5,9	1,5	1,9	0,5
Azot ogólny (N) Kjeldahl nitrogen	26,3	9,6	23,5	5,6	24,7	9,6	22,9	10,2
Fosfor ogólny (P) Total phosphorus	4,5	1,6	3,9	0,6	3,5	0,6	4,4	0,7

*) - A - w zbiorniku - in the reservoir

***) - B - odpływ z drenów - run-off from drains

W rozpatrywanej cukrowni ścieki technologiczne oczyszczane są w zbiornikach fakultatywnych, a następnie kolejno w dwóch zbiornikach napowietrzanych. W końcu sezonu uzyskuje się w ostatnim zbiorniku zwykle wymagane wskaźniki tlenowe i eutroficzne, za wyjątkiem azotu amonowego. Na polach deszczowanych ściekami z ostatniego zbiornika napowietrzanego, uzyskuje się pełne oczyszczenie biologiczne i eliminację związków biogenych już od połowy czerwca. Efektywność ekonomiczną oczyszczania ścieków cukrowniczych w zbiornikach akumulacyjnych i na polach nawadnianych z roślinnością łąkową podnosi znacząco przyrost plonu traw.

Z 20 zakładów przemysłu ziemniaczanego, produkujących głównie mączkę skrobiową, 4 fabryki dysponują zbiornikami akumulacyjnymi ścieków. Przybliżoną ocenę efektywności oczyszczania zbiorników akumulacyjnych rezerwowego odbioru ścieków krochmalniczych ilustrują dane z badań IMUZ [Majdowski, 1988, Kutera, 1991] w tabeli 3.

Tab. 3. Efektywność oczyszczania ścieków krochmalniczych w zbiornikach akumulacyjnych

Tab. 3. Efficiency of treating starch wastewater in accumulation reservoirs

Wskaźniki i stężenia - mg/dm ³ Concentration indicators	Wartości średnie dla zbiornika,		Mean value for
	tlenowego, oxygen carrying	beztlenowego, oxygen free	napowietrzanego, aerated reservoirs
	początek okresu - koniec okresu beginning of period - end of period % redukcji w sezonie, % reduction in season		
Zawiesina ogólna Total suspension	<u>900 - 64</u> 93	<u>260 - 105</u> 60	<u>1450 - 78</u> 95
BZT ₅ - BOD ₅	<u>1100 - 730</u> 34	<u>2050 - 1060</u> 48	<u>4100 - 327</u> 92
ChZT - COD	<u>2892 - 1508</u> 48	<u>3941 - 1591</u> 59	<u>5657 - 768</u> 86
Azot ogólny mg (N) Kjeldahl nitrogen	<u>196 - 45</u> 76	<u>297 - 57</u> 81	<u>348 - 137</u> 61
Fosfor ogólny (P) Total phosphorus	<u>40 - 10</u> 75	<u>70 - 40</u> 43	<u>94 - 12</u> 87

Zgodnie z przewidywaniem, żaden rodzaj zbiornika akumulacyjnego nie daje wymaganych efektów oczyszczania ścieków z przemysłu ziemniaczanego, które należą do najbardziej obciążonych substancją organiczną i są zasobne w związki

eutroficzne, szczególnie w azot. W odpowiednich warunkach terenowych budowa zbiorników akumulacyjnych dla ścieków ziemniaczanych może być uzasadnione dla odciążenia pól rolniczego ich oczyszczania i wykorzystania.

Oczyszczanie ścieków wiejskich w zbiornikach napowietrzanych i w zbiornikach z rzęsą wodną

Wykorzystując licencyjne rozwiązania Spółka Hydro z Kielc wdrożyła i upowszechniła w kilkunastu obiektach system oczyszczania ścieków, głównie z ośrodków wiejskich, w zbiornikach napowietrzanych i w zbiornikach z rzęsą wodną pod ogólną nazwą "Lemna". Klasyczny układ technologiczny tego trzystopniowego systemu obejmuje oczyszczanie mechaniczne, biologiczne w głębokim (2,5 m) zbiorniku napowietrzonym oraz biologiczne z eliminacją związków biogenych w zbiorniku głębokim (2,5 m), fakultatywnym z roślinnością pływającą - rzęsą wodną. W celu równomiernego układu rzęsy wodnej powierzchnia zbiornika jest podzielona plastikowymi barierami (3 x 3m). Czas przepływu ścieków przez stawy >30 dni z czego napowietrzany przez około 1/3 i z rzęsą 2/3 ustalonego okresu [Sikorski, Kostera, Widuch, 1996].

Według tego klasycznego układu pracuje od 1992 r. pierwsza w Polsce oczyszczalnia ścieków wiejskich w Kochcicach. Są to ścieki bytowo-gospodarcze, okresowo zasilane ściekami z gorzelnii i gnojówką z obór i chlewni, charakteryzujące się dużą nierównomiernością składu chemicznego, trudne do oczyszczania. Zgeneralizowane dane technologiczne oczyszczania tych ścieków zawiera tabela 4.

W okresie dochodzenia do pełnego obciążenia hydraulicznego i wpracowania procesów technologicznych w tym podstawowym układzie, autorzy oczyszczalni w Kochcicach uzyskiwali stosunkowo dobre wskaźniki oczyszczania ścieków, ale nie wystarczające w stosunku do obowiązujących wymogów. Niewystarczający stopień oczyszczania ścieków występuje tu w półroczu zimowym i jest spowodowany naturalnym "uśpieniem" rzęsy wodnej w temperaturach < 5°C [Sikorski, Kostyra, Widuch, 1996], oraz dopływem do oczyszczalni stężonych zimnych ścieków z gorzelnii.

Prowadzone od roku 1996 badania IMUZ na tej oczyszczalni potwierdzają niewystarczający stopień oczyszczania ścieków w Kochcicach, w szczególności wartościami maksymalnymi wskaźników zarówno podstawowych jak i eutroficznych, oraz wartości średnich całorocznych azotu amonowego, ogólnego i fosforu ogólnego.

Tab. 4. Wskaźniki efektywności technologicznej oczyszczalni "Lemna" w Kochcicach wg analiz WIOŚ z lat 1992-1996

Tab. 4. Technological efficiency indicators of treatment plant "Lemna" in Kochcice as per the analyses of Provincial Inspectorate of Environment Protection from the years 1992-1996

Wskaźniki i stężenia- mg/dm ³ Concentration indicators	Ścieki, Wastewater			Odpiływy Outflow			Redukcja średnich w %
	min. min.	max. max.	średnio area	min. min.	max. max.	średnio area	Average reduction in %
Zawiesina ogólna Total suspension	0,7	258 7	547	0,0	58,8	16,0	97
BZT ₅ - BOD ₅	16,5	587	181	2,6	31,2	12,2	93
ChZT - COD	52,0	169 4	590	13,4	112,0	58,0	90
Azot amonowy (N-NH ₄) Ammonie nitrogen	4,1	90	30,3	1,0	21,3	8,0	74
Azot ogólny mg (N) Kjeldahl nitrogen	16,2	104	52,1	1,1	44,3	15,6	70
Fosfor ogólny (P) Total phosphorus	0,5	40	5,5	1,5	10,0	3,7	33

Z dokonanej oceny oczyszczalni systemu "Lemna" w Stanach Zjednoczonych AP [Harvej, 1973; Raport, 1993] oraz na obiektach pilotowych w Polsce [Czyżyk, Soroko, 1997], wynika że w wielu przypadkach należy uzupełnić tą technologię. W pierwszym rzędzie powinno się wykorzystać możliwości dodatkowego akumulowania ścieków w zbiornikach przez okres uśpienia rzęsy wodnej przy temperaturach poniżej 5°C, czyli w naszych warunkach klimatycznych przez okres około 4 miesięcy.

Przy braku możliwości dodatkowego magazynowania zimowego ścieków, PPHU Hydro w Kielcach stosuje w systemie oczyszczalni "Lemna" okresowe zimowe czteromiesięczne strącanie w ściekach fosforu, przy użyciu siarczanu glinu. W nowych oczyszczalniach systemu "Lemna" wprowadzony został węzeł nityfikacji związków azotu w postaci zatopionych źródeł biologicznych, usytuowanym w miejscu po zbiorniku napowietrzanym. Efektywność oczyszczalni wodno-roślinnej "Lemna" z dodatkową eliminacją biologiczną azotu i chemiczną fosforu, w okresie "uśpienia" zimowego rzęsy wodnej, wskazują wyniki badań zebranych przez PPHU Hydro Kielce w oczyszczalni w Przykonia (tab. 5).

Na oczyszczalniach w Przykonia uzyskuje się w porównaniu do klasycznych metod oczyszczania ścieków konkurencyjne średnie wartości procentowej redukcji zawieszin, wskaźników tlenowych i eutroficzných. Odpływy ścieków z tej oczyszczalni odpowiadają obowiązującym obecnie standardom, za wyjątkiem azotu amonowego. W okresie minionych trzech lat zanotowano tylko kilka przypadków przekroczenia wartości dopuszczalnych dla azotu i fosforu.

Skuteczność oczyszczania ścieków osiedli wiejskich w stawach napowietrzanych i stawach z rzesą wodną, wspomaganych w okresie zimowym denitryfikacją azotu i strącaniem chemicznym fosforu, potwierdzają dotychczasowe badania IMUZ w oczyszczalni "Lemna" w Pawonkowie, z tym że oczyszczalnia ta jest nie w pełni obciążona hydraulicznie.

Tab. 5. Wskaźniki efektywności technologicznej oczyszczalni "Lemna" w Przykonia wg analiz WIOŚ z lat 1995-1997

Tab. 5. Technological efficiency indicators of treatment plant "Lemna" in Przykonia as per the analyses of Provincial Inspectorate of Environmental Protection from the years 1995-1997

Wskaźniki i stężenia - mg/dm ³ Concentration indicators	Ścieki, Wastewater			Odpływy Outflow			Redukcja średnich w %
	min. min.	max. max.	średnio area	min. min.	max. max.	średnio area	Average reduction in %
Zawiesina ogólna Total suspension	8	298	110	1	15	9	92
BZT ₅ - BOD ₅	18	276	146	2	25	10	93
ChZT - COD	64	414	241	26	72	52	78
Azot amonowy (N-NH ₄) Ammonie nitrogen	10,7	62,3	33,1	0,3	31,0	6,3	81
Azot ogólny (N) Kjeldahl nitrogen	19,7	67,2	42,4	2,2	45,6	16,8	60
Fosfor ogólny (P) Total phosphorus	2,1	16,1	6,6	1,8	16,7	4,3	35

Wnioski i zalecenia

1. Stosowanie zbiorników akumulacyjnych jest uzasadnione dla ścieków kampanijnych z cukrowni i niekiedy z krochmalni. Spełniają one przede wszystkim rolę magazynowania ścieków w okresach mało korzystnych do ich bezpośredniego oczyszczania, a w okresie wiosenno-letnim uzyskuje się w nich redukcję zawiesin i wskaźników tlenowych od 50 do 90% oraz eutroficznym 10 do 85%.
2. Najkorzystniejsze wyniki oczyszczania ścieków kampanijnych z cukrowni i krochmalni uzyskuje się w zbiornikach stabilizacyjnych fakultatywnych z napowietrzaniem, a następnie w płytkich zbiornikach tlenowych.
3. W zbiornikach stabilizacyjnych nie jest możliwe uzyskanie wymaganego przepisami stopnia oczyszczania ścieków z przemysłu cukrowniczego i ziemniaczanego, zarówno w zakresie wskaźników podstawowych jak i eutroficznym. Proponuje się doczyszczanie i utylizację zmagazynowanych ścieków przede wszystkim na polach nawadnianych z roślinnością łąkową w okresie wegetacji.
4. Dotychczasowe badania wykazują możliwość zastosowania do ścieków wiejskich oczyszczalni w środowisku naturalnym - kolejno w zbiornikach napowietrzanych i fakultatywnych z rzęsą wodną. Układ podstawowy upowszechniany jako system "Lemna", w którym stosowany jest trzystopniowy proces oczyszczania, pozwolą zredukować w ściekach średnio w roku 90-95% zawiesin, BZT₅ i ChZT oraz około 35% fosforu i 70% azotu.
5. Dla uzyskania właściwych wskaźników obciążeń w odpływie do odbiornika w stężeniach ustalonych krajowymi przepisami, do systemu "Lemna" wprowadzono dodatkowo w okresie zimowym proces denitryfikacji azotu i strącanie fosforu.

Literatura

- BRANDYK T. 1978. *Oczyszczanie i wykorzystanie ścieków i osadów cukrowniczych*. Rozp. habil. IMUZ Falenty: 113 ss.
- CZYŻYK F., SOROKO M. 1997. *Wstępne wyniki badań efektywności gruntowo-roślinnych i wodno-roślinnych oczyszczalni ścieków*. Mat. konf. nt "Problemy oczyszczania ścieków i ochrony wód w Dorzeczu Odry. RZGW Wrocław: 5 ss.
- DUDA W.S., GRICULAK J.M. 1996. *Doświadczenia z zastosowaniem glonów do oczyszczania ścieków cukrowniczych*. Gaz. Cukr. 1: 6-8.
- HARVEJ R.M. 1973. *Nutrient removal usig Lemna minor*. *Journal Water Polution Control Feobration* T 45: 1928-1938.

- HUS S., KUTERA J., PULIKOWSKI K. 1996. *Zalecenia technologiczne oczyszczania i utylizacji ścieków cukrowniczych*. Zesz. Nauk. AR Wrocław. Melior. XLII 283: 129 - 136.
- HUS S., PULIKOWSKI K. 1995. *Efekty oczyszczania ścieków z cukrowni w osadnikach ziemnych i na polach filtracyjnych*. Gaz. Cukr. 4: 64 - 67.
- KEMPERSKA-OMIELCZENKO O. 1995. *Przegląd i ocena stosowanych rozwiązań technicznych w zakresie biologicznego oczyszczania ścieków cukrowniczych*. Gaz. Cukr. 9: 169 - 173.
- KOWAL A.L. 1995. *Systemy oczyszczania ścieków "Lemna" VII Ogólnopolskie Semin. pt. Eksploatacja oczyszczalni ścieków*. PZITS Kielce: 141 - 148.
- KULIK-KUZIEMSKA J. 1995. *Biologiczne aspekty oczyszczalni roślinnych*. Konf. nauk.-techn. nt Oczyszczalnie hydrobotaniczne. Polit. Gdańska: 131-140.
- KULIK-KUZIEMSKA J. 1996. *Bariery glonowe jako sorbent substancji biogennych ze ścieków*. Zesz. Nauk. AR Wrocław. Konfer. XIII 293: 163-173.
- KUTERA J. 1988. *Wykorzystanie ścieków w rolnictwie*. PWRiL Warszawa: 509 ss.
- KUTERA J. 1991. *Aktualne osiągnięcia w technologii unieszkodliwiania ścieków metodą rolniczego wykorzystania w przemyśle ziemniaczanym*. Mat. III Letniej Szkoły Skrob. Polziem Poznań: 9-26.
- MAJDOWSKI F. 1988. *Ustalenie efektów oczyszczania ścieków krochmalniczych w zbiornikach fakultatywnych i napowietrzanych*. Raport z bad. IMUZ O/Wrocław: 32 ss.
- MAJDOWSKI F. 1990. *Opracowanie technologii oczyszczania i utylizacji ścieków krochmalniczych w zbiornikach i na polach nawadnianych*. Raport z bad. w CPBR 10.8. IMUZ O/Wrocław: 28 ss.
- METZ K. 1977. *Die biologische Aufbereitung des Oxidationsfleichverfahrens Behandlung von Industrieabwässern*. R. Oldenburg Vorlag München - Wien: 130 -165.
- POŁEĆ B. 1995. *Obecny stan przygotowania polskich cukrowni w zakresie usuwania związków biogennych ze ścieków*. Gaz. Cukr. 10: 189 - 192.
- POŁEĆ B., KEMPERSKA-OMIELCZENKO O. 1995. *Ochrona Środowiska w przemyśle cukrowniczym, hierarchia potrzeb*. Gaz. Cukr. 1: 4 - 5.
- POŁEĆ B., KOWALSKA M., GOZDEK K. 1992. *Próby intensyfikacji samooczyszczania ścieków cukrowniczych w zbiornikach akumulacyjnych z uwzględnieniem produkcji biomasy glonów*. Biul. IPC. Gaz. Cukr. 8: 153-157.
- PULIKOWSKI K. 1997. *Ocena skuteczności oczyszczania ścieków cukrowniczych w zbiornikach akumulacyjnych*. Prac. dokt. IMiKŚ AR Wrocław: 111 ss.
- RAPORT Uniwersytetu w Pittsburgh dla EPA - USA nt Oczyszczalni "Lemna", tłum. pol. PPHW Kielce: 11 ss.

- SIKORSKI M., KOSTYRA E., WIDUCH A. 1996. *Charakterystyka techniczna i ocena efektywności pracy oczyszczalni ścieków Lemna*. Zesz. Nauk. AR Wrocław. Konf. XIII 293: 217 - 227.
- SKALSKI K. 1971. *Zbiorniki akumulacyjne ścieków cukrowniczych jako elementy zabezpieczenia wód powierzchniowych przed zanieczyszczeniem skuteczne w warunkach klimatycznych Polski*. Mat. konf. Ochrona wód przed zanieczyszczeniem. NOT Warszawa: 45-58.
- TALIK B. 1985. *Wstępne badania w zakresie wykorzystania do nawodnień ścieków ze zbiorników akumulacyjnych Cukrowni Ropczyce*. Mat. sem. IMUZ Falenty 19: 85-93.

Summary

Efficiency of treating wastewater in natural water and in water and plant environment. Accumulation reservoirs used in Poland in the sugar and potato industries enable reducing 50-90 % oxygen and 10-85 % eutrophic indicators in wastewater. The best indicators of campaign wastewater treatment are obtained in facultative aerated reservoirs, and next in shallow oxygen-carrying reservoirs. For further treatment of this wastewater to water protection requirements, its utilization is recommended for vegetative agro-irrigation.

From among the natural treatment stations in the water and plant environment, the "Lemna" system can be distinguished. Applied in which consecutively are the aerated reservoir and the reservoir with duckweed. In these stations, above 90% BOD₅ and also about 70% nitrogen and 35% phosphorus are reduced in domestic wastewater. To obtain the full required treatment of wastewater, this system requires support of the nitrogen denitrification process and chemical precipitation of phosphorus during the winter period.

Jan Kutera

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych

w Falentach, Oddział we Wrocławiu

53- 333 Wrocław, ul. Powstańców Śl. 98