

Oczyszczalnie hydrobotaniczne w krajobrazie wiejskim na przykładzie Inwałdu

Wstęp

Oczyszczalnie hydrobotaniczne (bagienne, korzeniowe) naśladują pracę naturalnych ekosystemów bagiennych, w których oczyszczanie ścieków odbywa się dzięki biologicznej aktywności odpowiednio dobranych hydrofitów i higrofitów (m.in. trzcina pospolita, wierzba wiciowa, pałka wodna, jeżogłówka, rzęsa wodna). Podstawy technologiczne korzeniowych oczyszczalni zakładanych w Polsce opierają się zwykle na doświadczeniach niemieckich i duńskich. Choć zdania specjalistów na temat efektywności i stabilności (szczególnie w miesiącach zimowych) usuwania zanieczyszczeń tą drogą są rozbieżne, to warto zwrócić uwagę na fakt, że bagienne oczyszczalnie dobrze komponują się z krajobrazem wiejskim, są cennym biotopem i ostoją dla ptactwa. Nie wymagają też stosowania dużej liczby urządzeń elektryczno-mechanicznych, są energooszczędne i prawie bezobsługowe. Zakładanie oczyszczalni roślinnych propagowane jest m.in. przez Fundację Wspomagającą Zaopatrzenie Wsi w Wodę oraz fundusze pomocowe Unii Europejskiej (SAPARD) w ramach rozwoju i poprawy infrastruktury obszarów wiejskich.

Celem pracy jest ocena skuteczności działania oczyszczalni trzcinowej w Inwałdzie oraz jej wpływu na stan sanitarny wód powierzchniowych w latach 1998–2002. Analizowana oczyszczalnia zlokalizowana jest we wsi Inwałd (Beskid Mały) w zlewni rzeki Frydrychówki. Utylizacja ścieków socjalno-bytowych w prezentowanej oczyszczalni odbywa się wg metody Kickutha, polegającej na ich przesączaniu przez odizolowane od podłoża, spreparowane, rodzime złożę glebowe, które porasta *Phragmites communis*. Utylizacja ścieków odbywa się w strefie korzeniowej roślin poprzez aktywizację filtra glebowego. Posadzona trzcina ma na celu transport tlenu do ryzosfery, rozluźnienie (poprzez rozwinięty system korzeniowy) struktury podłoża glebowego i zwiększenie współczynnika filtracji, wzrost organizmów edafonu (głównie bakterii tlenowych), intensyfikację pobierania makro- i mikroelementów glebowych (Obarska-Pempkowiak, 1996; Kowalik, 1996). Dzięki temu w całej głębokości złoża glebowego zachodzą procesy aerobowego i anaerobowego rozkładu związków chemicznych dostarczanych w postaci ścieków (mozaikowy efekt ryzosferyczny).

Metoda badań

Oczyszczalnia w Inwałdzie znajduje się pod stałym nadzorem technologicznym. Próbkę ścieków pobierane są przez лаборantkę w odstępach miesięcznych. W próbach

ścieków przed i po oczyszczeniu oraz w wodach potoku Stawki powyżej i poniżej oczyszczalni analizowane są m.in. następujące parametry (dane Zakładu Wodociągów i Kanalizacji w Andrychowie; Gandzel, 2000): odczyn (pH), utlenialność, BZT₅, CHZT (w mgO₂/dm³), chlorki (w mgCl/dm³), siarczany (w mgSO₄/dm³), fosforany (w mg PO₄/dm³), fosfor ogólny (w mgP/dm³), azot amonowy, azot azotynowy, azot ogólny (w mg N_x/dm³), żelazo ogólne (w mgFe/dm³), zawiesiny ogólne (w mg/dm³) wg metod powszechnie stosowanych w oczyszczalniach ścieków (Hermanowicz i in., 1998).

Wyniki

W Polsce firma Dansk Roodzone, zajmująca się realizacją hydrobotanicznych oczyszczalni ścieków wg własnej technologii, posiada obecnie 6 obiektów (Pietrasik, 2001). Największym z nich jest oczyszczalnia w Inwałdzie obsługująca 320 mieszkańców. Wieś posiada sieć wodociągową zasilaną z ujęć własnych oraz z sieci wodociągowej Andrychowa (Gandzel, 2000). Ścieki z gospodarstw doprowadzane są do obiektu grawitacyjnie, a proces ten wspomaga pompownia. Przyjmuje się, że okres 2–3 lat funkcjonowania oczyszczalni trzcinowej jest wystarczający do ustabilizowania się parametrów ścieków odpływających (Kickuth, 1994; Pietrasik, 2001). Omawiana czyszczalnia funkcjonuje od 6 lat, tak więc większość parametrów ścieków oczyszczonych (na odpływie) powinna spełnić wymogi, jakim powinny odpowiadać ścieki odprowadzane do wód powierzchniowych.

Oczyszczalnia jest prosta w obsłudze, w jej sąsiedztwie nie wyczuwa się nieprzyjemnych odorów tak charakterystycznych dla oczyszczalni tradycyjnych, ma niewielkie wymiary i jest dobrze osadzona w krajobrazie wsi. Obecnie składa się z osadnika, 6 poletek trzcinowych, poletka osadowego oraz infrastruktury towarzyszącej.

Oczyszczalnia w Inwałdzie powoduje zmniejszenie zawartości prawie wszystkich związków, za wyjątkiem żelaza (tab. 1). Na podstawie analiz laboratoryjnych można stwierdzić, że ścieki dopływające odznaczają się wysokimi i średnimi stężeniami badanych parametrów (Heindrich, 1999), co wyraźnie wpływa na stopień ich utylizacji. Do omawianej oczyszczalni spływają zanieczyszczenia o wysokim wskaźniku BZT₅ wynoszącym od 157 do 383 mgO₂/dm³. Wielkość redukcji tego parametru jest zadawalająca i waha się od 60 (1998 r.) do 95% (śr. od 27 do 53 mg O₂/dm³ przy normie 30; Heindrich, 1999). Wskaźnik chemicznego zapotrzebowania tlenu – ChZT ścieków surowych oscyluje w granicach 440 do 850 mgO₂/dm³. Stopień redukcji wynosił w okresie funkcjonowania oczyszczalni od 63 do 93% (śr. 78–112 mg O₂/dm³, przy normie 150). Wielkość obniżenia zawiesin ogólnych była niezadowolająca tylko w pierwszym roku funkcjonowania oczyszczalni. W latach następnych obniżyła się średnio o 80–93%. Obecnie do potoku Stawki odprowadzane są ścieki o zawiesinach rzędu 40mg/dm³ (przy normie 50, tab. 1).

W oczyszczonych ściekach zawartości azotu amonowego są zdecydowanie zbyt wysokie i przekraczają od 6 do 8 razy dopuszczalne normy. W latach 1998–2002 wahały się od 5 do 76 mg NH₄/dm³ przy jednoczesnym obniżeniu wyjściowego stężenia ścieków surowych o 35–40%. Ścieki odprowadzane nie spełniają też norm zawartości azotu ogólnego – jest go 2-krotnie więcej niż przewidują (średnio 63 mg N/dm³). Pozostałe wskaźniki nieorganiczne mieszczą się w podawanych dopuszczalnych wartościach dla ścieków do-

Tabela 1. Wyniki wybranych analiz ścieków dopływających (surowych) oraz oczyszczonych z hydrobotanicznej oczyszczalni ścieków w Inwałdzie (na podstawie raportów miesięcznych Zakładu Wodociągów i Kanalizacji w Andrychowie)**Table 1.** Chosen results of analysis of crude sewage and treated effluents after hydrobotanical treatment plant in Inwałd (Beskid Mały – southern Poland)

Rodzaj oznaczenia jednostka	1998 r.		1999 r.		2000 r.		2001 r.		2002 r.	
	Ścieki surowe	Ścieki oczyszczone	Ścieki surowe	Ścieki oczyszczone	Ścieki surowe	Ścieki oczyszczone	Ścieki surowe	Ścieki oczyszczone	Ścieki surowe	Ścieki oczyszczone
Odczyn pH	6,9–7,2*	6,7–7,4	6,9–7,1	7,0–7,5	6,4–7,5	7,0–8,0	6,8–7,5	7,0–7,6	7–7,2	7,1–7,7
	śr. 7,1**	śr. 6,9	śr. 7,1	śr. 7,2	śr. 7,1	śr. 7,4	śr. 7,1	śr. 7,4	śr. 7,1	śr. 7,4
Utlenialność mgO ₂ /dm ³	67,2–105	22,0–36,8	51,4–96,0	20,1–33,4	43,2–125,6	22,6–48,2	45–106,6	19,7–61,2	50,8–99,2	17,7–58,3
	śr. 83,8	śr. 27,7	śr. 60,4	śr. 24,4	śr. 83,3	32,5	śr. 88,6	śr. 35,6	śr. 97,1	śr. 30,2
BZT5 mgO ₂ /dm ³	116–200	6,0–41,0	90,0–230,0	17,0–59,0	38–340	10–50	140–650	22–96	230–550	20–120
	śr. 157,7	śr. 28,5	śr. 164,4	śr. 27,6	śr. 196,5	śr. 32,5	śr. 254	śr. 53,2	śr. 382,9	śr. 45,9
ChZT mgO ₂ /dm ³	280–610	47–124	268,0–751,0	66,0–260,0	169–1035	48–113	342–1700	41–169	311–1253	40–127
	śr. 440,8	śr. 86,8	śr. 505,0	śr. 112,3	śr. 681,3	śr. 77,5	śr. 655,4	śr. 89,6	śr. 844,9	śr. 84,3
Tlen rozpuszczony mgO ₂ /dm ³	1,3–5,9	4,8–10	0,4–2,8	4,0–7,1	0,4–3,5	1,8–6,5	0,1–3,8	1,9–9,4	1,6–4,6	5,3–7,6
	śr. 2,9	śr. 7,1	śr. 1,3	śr. 5,6	śr. 1,8	śr. 5,3	śr. 2,7	śr. 6,9	śr. 2,6	śr. 6,5
Chlorki mgCl/dm ³	52,5–117,5	53,0–87,0	62,5–120,0	47,7–81,0	31,2–142,5	38,7–120,8	14,2–135,0	20,2–116,6	60–120	7,9–98
	śr. 86,3	śr. 73,1	śr. 77,6	śr. 61,3	śr. 99,7	śr. 77,7	śr. 80,7	śr. 65,3	śr. 82,4	śr. 64,1
Siarczany mgSO ₄ /dm ³	26–102	0,5–47,0	53,0–96,0	0–30,0	45–205	5–62	32–84,0	20–310,0	58–124	7,9–98
	śr. 52,2	śr. 17,9	śr. 75,2	śr. 25,1	śr. 81,8	śr. 33,3	śr. 64,4	śr. 66,3	śr. 85,1	śr. 28,9
Fosforany mgPO ₄ /dm ³	5,8–20,44	1,8–5,1	5,12–16,28	0,12–6,07	4,6–16,8	3,2–14,2	4,4–13,6	0,5–14,3	5,7–15,7	6,8–15,7
	śr. 12,1	śr. 3,7	śr. 9,5	śr. 1,5	śr. 11,7	śr. 7,4	śr. 10,4	śr. 7,7	śr. 11,8	śr. 10,5
Azot amonowy mgN/dm ³	25–73	24,3–36,0	10,4–17,32	2,4–8,7	36,5–106,5	38,2–80,8	27,2–90,5	31–75,5	36–92	29,5–80,5
	śr. 54,4	śr. 32,2	śr. 12,3	śr. 5,2	śr. 76,3	śr. 59,4	śr. 69	śr. 55,1	śr. 71,1	śr. 53,1
Azot azotanowy mgN/dm ³	0,016–0,474	0,003–0,046	0,007–0,109	0,006–0,067	0,005–0,39	0,002–0,189	0,012–0,156	0,006–0,534	0,007–0,026	0,009–0,58
	śr. 0,12	śr. 0,03	śr. 0,04	śr. 0,05	śr. 0,1	śr. 0,1	śr. 0,1	śr. 0,1	śr. 0,1	śr. 0,2
Azot azotanowy mgN/dm ³	1,5–3,4	1,1–2,1	1,4–3,3	0,9–3,1	1,7–3,8	0,5–4,4	1,3–2,6	1–7,7	1,4–2,9	1,1–8,6
	śr. 2,1	śr. 1,6	śr. 2,4	śr. 1,6	śr. 2,4	śr. 2,7	śr. 2,2	śr. 3,2	śr. 2,1	śr. 3,5
Azot ogólny mgN/dm ³	33–80,0	32,0–48,0	50,0–120,0	40–58,0	42,0–114,1	43,0–93,6	34,1–163	38,6–91,1	49,7–117,4	
	śr. 63,8	śr. 34,0	śr. 78,4	śr. 44,7	śr. 89,9	śr. 68	śr. 79,6	śr. 66	śr. 88,1	śr. 62,8
Żelazo ogólne mgFe/dm ³	1,32–2,88	7,28–30,8	3,44–22,4	3,42–21,0	2,4–4,8	3,0–11,1	2–2,5	2,8–4,4	2–2,5	2,7–4,5
	śr. 2,50	śr. 18,5	śr. 6,3	śr. 9,0	śr. 3,4	śr. 5,3	śr. 2,3	śr. 3,8	śr. 2,5	śr. 3,3
Zawiesiny ogólne mg/dm ³	119–288	3–169,0	91,0–211,0	31,0–110,0	67,0–387,0	17,0–102,0	76–201	14–92	102–1156	16–94
	śr. 213	śr. 91,2	śr. 136,5	śr. 57,9	śr. 199,1	śr. 51,8	śr. 162,4	42,8	śr. 396,3	śr. 43,1

*skrajne wartości miesięczne

** wartość średnioroczna

prowadzanych do wód powierzchniowych (Heindrich, 1999). W ściekach po procesie oczyszczenia stwierdza się bardzo wysoki wzrost zawartości tlenu rozpuszczalnego (nawet 6-krotny) – przy czym ich średnie natlenienie wynosiło w okresie badawczym $6,2 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$.

W czasie sezonu obserwacyjnego zdarzały się (szczególnie w miesiącach zimowych) przekroczenia norm badanych parametrów, ale zrzut oczyszczonych ścieków nie miał większego wpływu na jakość wód potoku Stawki (w wodach poniżej oczyszczalni stwierdzono niewielki wzrost zawartości azotu amonowego, fosforanów i żelaza od 0,5 do maksymalnie 3%).

Wnioski

Na podstawie wyników działania oczyszczalni w Inwałdzie można stwierdzić, że w oczyszczalniach trzcinowych osiągane są wysokie efekty oczyszczenia. Szczególnie zadowalające wyniki uzyskuje się w przypadku redukcji zawiesin, BZT_{5r} , ChZT oraz związków biogenych. Obserwuje się też wyraźny wzrost natlenienia ścieków, obniżenie pH. Mankamentem oczyszczalni w Inwałdzie jest to, że w zbyt małym stopniu utylizuje związki azotu (szczególnie NH_4), co może być przyczyną wzrostu eutroficzności wód powierzchniowych. Mimo stabilizacji procesu oczyszczania (6 rok działalności obiektu) w okresie zimowym obserwuje się niewielki (do 12%) spadek efektywności. Nie wpływa on jednak znacząco na ogólny, średnioroczny stopień utylizacji zanieczyszczeń oraz pogorszenie się parametrów sanitarnych wód Stawki.

Oczyszczalnie trzcinowe nie stanowią dysonansu w krajobrazie wiejskim, są energooszczędne, mało uciążliwe, trwałe (minimum 50 lat), nie wymagają stałej obsługi. Wydaje się, że dobrze zaprojektowane i wykonane mogą być alternatywą w zakresie oczyszczania ścieków dla wiejskich szkół, gospodarstw rolnych lub niewielkich wsi i osiedli. Mogą również pełnić funkcję doczyszczającą w oczyszczalniach konwencjonalnych, przy występujących przesiąkach z wysypisk, a także przy utylizacji silnie obciążonych zanieczyszczeniami cieków wodnych.

Hydrobotanic Treatment Stations in the Rural Landscape on the example of Inwałd

Summary

The aim of this paper is to evaluate the efficiency of the cane treatment station in Inwałd as well as its influence on the hygienic state of the ground waters between 1998–2002. The analysed treatment station is located in the village of Inwałd (Beskid Mały). The sewage disposal in this treatment station is done according to Kickuth's method. During the treatment station operations there was an increase of iron by approx. 10–30% observed in the purified sewage. The suspended matter was at the level of $43\text{--}91 \text{ mg}/\text{dm}^3$ and the degree of its reduction ranged from 30 to 90%. The increase was likewise visible in the sewage oxygenating. In the observational season the norms of the tested parameters were sometimes exceeded, however, the discharge of the purified sewage did not have an influence upon the quality of the Stawka spring water. It seems that the well designed and constructed treatment stations may be an alternative to the schools located in the countryside as well as

farms, small villages and districts. They can be also used for purifying sewage from the traditional treatment stations as well as for purifying water leakage from the municipal waste dump.

Literatura

- Gandzel A., 2000, Charakterystyka i znaczenie biologicznych oczyszczalni ścieków na przykładzie oczyszczalni korzeniowej w Inwałdzie, Inst. Geografii AŚ, Kielce, 65 ss.
- Heindrich Z., 1999, Kanalizacja, WSiP, Warszawa.
- Hermanowicz W., Dojlido J., Koziorowski B., Zerbe I., 1998, Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków, PWN, Warszawa, s. 1–56.
- Kickuth R., Karsch M., Schroll K., Dzikiewicz M., Sakowski M., Malarski R., Gąsiorowski M., 1994, Oczyszczalnie korzeniowe System Kickuth, Fundacja Wspomagająca Zaopatrzenie Wsi w Wodę, Sem. specjal., Łódź.
- Obarska-Pempkowiak H., 1996, Wykorzystanie roślin ekosystemów bagiennych do oczyszczania ścieków i unieszkodliwiania osadów ściekowych, Wiad. Melioracyjne i Łąkarskie 1.
- Pietrasik S. (red.), 2001, Hydrobotaniczne metody oczyszczania ścieków, Ogólnopolskie Towarzystwo Zagospodarowania Odpadów „3R”, Tow. na rzecz Ziemi, Woj. Fundusz Ochrony Środowiska i Gosp. Wodnej w Krakowie, UW w Bielsku-Białej, UM w Andrychowie.
- Kowalik P., 1996, Efekty oczyszczania ścieków w oczyszczalniach hydrobotanicznych, Wiad. Melioracyjne i Łąkarskie 1.

