

Adam MASŁOŃ
Politechnika Rzeszowska

OCENA EFEKTYWNOŚCI WYBRANYCH OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW TYPU SBR W POŁUDNIOWO-WSCHODNIEJ POLSCE

W pracy dokonano oceny efektywności wybranych ścieków z wykorzystaniem sekwencyjnych reaktorów porcjowych zlokalizowanych w południowo-wschodniej Polsce. Opisano zastosowane rozwiązania techniczne i technologiczne oraz dokonano analizy efektywności usuwania zanieczyszczeń ze ścieków w odniesieniu do obowiązujących norm.

1. Wprowadzenie

Oczyszczanie ścieków z wykorzystaniem sekwencyjnych reaktorów porcjowych znane jest od wielu lat. Istotą technologii SBR (*Sequencing Batch Reactor*) jest oczyszczanie ścieków metodą osadu czynnego, w której wszystkie operacje technologiczne przebiegają w jednozbiornikowym reaktorze w trybie sekwencyjnym, przy czym odprowadzanie oczyszczonych ścieków następuje w sposób porcjowy (praca porcjowa). Zasada działania reaktora porcjowego SBR oparta jest na okresowym powtarzaniu się następujących po sobie faz tworzących pełny cykl pracy, tj. napełnianie, reakcja (napowietrzanie/mieszanie), sedimentacja, dekantacja i tzw. faza martwa, obejmująca czas pomiędzy końcem dekantacji a początkiem kolejnego napełniania.

W zależności od wymaganego stopnia oczyszczania ścieków dla poszczególnych wskaźników zanieczyszczeń w systemach porcjowych SBR mogą być realizowane procesy usuwania zawieszin, związków organicznych oraz związków biogennych – azotu i fosforu. Układy porcjowego oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego są konkurencyjne w odniesieniu do systemów przepływowych. Układy takie nie wymagają stosowania osadników wtórnych oraz recyrkulacji wewnętrznej i zewnętrznej osadu czynnego. Dodatkowo w reaktorach porcjowych możliwe jest prowadzenie symultanicznej tlenowej stabilizacji osadu. Systemy SBR są proste w działaniu i dużo bardziej elastyczne niż układy przepływowe osadu czynnego. Oczyszczalnie porcjowego działania wykazują większą elastyczność pracy układu oraz możliwość dokonania szybkich zmian parametrów operacyjnych w zależności od ilości i składu dopływających ścieków, przez

co posiadają wysoką odporność w odniesieniu do nierównomierności dopływu ścieków i zmiennych ładunków zanieczyszczeń [6, 11].

Obecnie coraz częściej stosowane jest oczyszczanie ścieków w systemach porcjowych, zwłaszcza w przypadku małych i średnich przepustowości. Dla terenów wiejskich zasadne jest zastosowanie mechaniczno-biologicznej oczyszczalni z wykorzystaniem reaktorów o działaniu porcjowym, ponieważ na tych terenach nie występuje konieczność usuwania związków biogenych ze ścieków [5]. W latach 90. ubiegłego stulecia w południowo-wschodniej Polsce wybudowano dla małych miast i gmin wiejskich kilkadziesiąt oczyszczalni ścieków, wśród których są również obiekty prowadzące działalność opartą na technologii SBR [1, 10, 12].

W pracy dokonano oceny efektywności wybranych oczyszczalni ścieków z wykorzystaniem sekwencyjnych reaktorów porcjowych zlokalizowanych w południowo-wschodniej Polsce. Opisano zastosowane rozwiązania techniczne i technologiczne oraz dokonano analizy efektywności usuwania zanieczyszczeń ze ścieków w odniesieniu do obowiązujących norm.

2. Ogólna charakterystyka analizowanych oczyszczalni ścieków

Analizowane oczyszczalnie ścieków zlokalizowane są na obszarach wiejskich w województwie małopolskim (*M*) oraz podkarpackim (*P*). Zakres przepustowości przedmiotowych obiektów kształtuje się na poziomie 150-725 m³/d i 1350-3000 RLM (tab. 1.).

Tabela 1. Charakterystyka analizowanych oczyszczalni ścieków SBR

Lokalizacja oczyszczalni	Gmina	Projektowana przepustowość [m ³ /d]	Obciążenie oczyszczalni [RLM]	Odbiornik ścieków
Rzuchowa	Pleśna (<i>M</i>)	725,0	3000	Biała Tarnowska
Straszcęcin	Żyraków (<i>P</i>)	450,0	2820	Grabnianka
Lisia Góra	Lisia Góra (<i>M</i>)	200,0	2000	Czarna
Brzozówka	Lisia Góra (<i>M</i>)	150,0	1500	Czarna
Stare Żukowice	Lisia Góra (<i>M</i>)	156,0	1350	Czarna

Mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia ścieków w Rzuchowej została wybudowana w latach 1997-2000 i przeznaczona jest do oczyszczania ścieków docelowo dla 3000 RLM. Projektowana przepustowość wynosi 725 m³/d, natomiast obecny dopływ ścieków kształtuje się na poziomie 350 m³/d. Odbiornikiem ścieków oczyszczonych jest rzeka Biała Tarnowska w 13 + 750 km, będąca prawobrzeżnym dopływem rzeki Dunajec. Ciąg technologiczny oczyszczalni tworzą kolejno: zbiornik ścieków dowożonych, krata koszowa gęsta z mecha-

nicznym usuwaniem skrutek, pompownia ścieków stanowiąca zbiornik retencyjny dla reaktorów porcjowych oraz trzy reaktory SBR o objętości 200 m³ każdy. Ponadto w ciągu technologicznym oczyszczalni ścieków znajduje się także zagęszczacz osadu oraz stacja odwadniania osadu typu DRAIMAD.

Oczyszczalnia ścieków komunalnych w Straszęcinie została oddana do eksploatacji w 1992 r. i posiadała przepustowość nominalną na poziomie 120 m³/d. W 2002 roku oczyszczalnię w Straszęcinie poddano modernizacji dla docelowego obciążenia 2820 RLM. Obecnie, tj. po przeprowadzonych pracach modernizacyjnych oraz po rozbudowie do docelowej przepustowości 450 m³/d, w skład oczyszczalni wchodzi: krata koszowa, przepompownia ścieków surowych oraz trzy niezależne, pracujące z przesunięciem czasowym, ciągi technologiczne, składające się z piaskownika pionowego umieszczonego w zbiorniku retencyjnym oraz reaktora SBR o objętości 150 m³. Wyposażenie reaktora porcjowego stanowi ruszt napowietrzający z dyfuzorami drobnopełcherzykowymi, dekanter „Igloobud” Dębica o wydajności 82 m³/h oraz pompy Infra 100T do odprowadzania osadu nadmiernego. Ścieki oczyszczone odprowadzane są kolektorem zrzutowym do rzeki Grabinianki w 1 + 650 km, która jest lewym dopływem rzeki Wisłoki. Technologiczny ciąg przeróbki osadu nadmiernego tworzy grawitacyjny zagęszczacz osadu oraz stacja do odwadniania osadu w workownikach – system „Workes”. Obecny dopływ ścieków do oczyszczalni w Straszęcinie wynosi 300 m³/d.

Oczyszczalnia ścieków w Lisiej Górze została wybudowana w 2002 r. dla docelowej przepustowości 200 m³/d i 2000 RLM. Obecny dopływ ścieków kształtuje się na poziomie 95 m³/d. Oczyszczalnia ścieków składa się z: pompowni ścieków z kratą koszową, piaskownika pionowego oraz dwukomorowego reaktora porcjowego o całkowitej objętości 150 m³. Część osadową uzupełnia grawitacyjny zagęszczacz osadu nadmiernego oraz stacja odwadniania osadu DRAIMAD-6. Odbiornikiem ścieków oczyszczonych jest rów melioracyjny będący lewym dopływem rzeki Czarna w km 28 + 300 (zlewnia rzeki Wisłoki).

Oczyszczalnia ścieków w Brzozówce została oddana do eksploatacji w 1993 r., a w 2004 została poddana modernizacji. Przepustowość projektowa wynosi 150 m³/d i 1500 RLM. Obecny dopływ ścieków wynosi 115 m³/d. Wyposażenie oczyszczalni ścieków stanowi krata koszowa, pompownia ścieków pełniąca funkcję zbiornika retencyjno-uśredniającego, sito łukowe oraz dwukomorowy reaktor porcjowy o pojemności 2 x 150 m³. Ścieki oczyszczone odprowadzane są do rzeki Czarna w 25 + 750 km. Dodatkowo ciąg technologiczny przeróbki osadu nadmiernego tworzy grawitacyjny zagęszczacz osadu.

Oczyszczalnia ścieków w Starych Żukowicach została wybudowana w 1998 r. i jest przeznaczona do oczyszczania ścieków komunalnych w ilości 156 m³/d i 1350 RLM. Obecnie przepustowość oczyszczalni kształtuje się na poziomie 60 m³/d. Ścieki po wstępnym oczyszczaniu na kracie koszonej i piaskowniku kierowane są do zbiornika retencyjnego, skąd są pompowane do dwóch przemiennie pracujących sekwencyjnych reaktorów porcjowych. Odbior-

nikiem ścieków surowych jest rów melioracyjny „Rów k/Drwala”, który jest dopływem rzeki Czarna w 23 + 700 km. Uzupełnieniem technologii jest grawitacyjny zagęszczacz osadu nadmiernego. Osad zagęszczony jest transportowany do oczyszczalni ścieków w Lisiej Górze.

3. Analiza efektywności usuwania zanieczyszczeń ze ścieków w wybranych oczyszczalniach SBR

Ocenę efektywności oczyszczania ścieków przeprowadzono na podstawie danych udostępnionych przez administratorów obiektów z lat 2008-2009. W okresie tym kontrolowano zawartość substancji organicznej, wyrażonej wskaźnikami BZT₅ i ChZT, oraz zawiesiny w ściekach surowych i oczyszczonych. Ze względu na warunki odprowadzania ścieków oczyszczonych dla omawianych obiektów nie analizowano zawartości substancji biogenych – azotu i fosforu ogólnego. W czasie eksploatacji oczyszczalni w ściekach oczyszczonych nie powinny być przekroczone dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń określone przez pozwolenia wodnoprawne. Obowiązujące dla analizowanych oczyszczalni ścieków wymagania są zbieżne z warunkami określonymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r., zgodnie z wielkością RLM (tab. 2.).

Tabela 2. Dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych

Najwyższe dopuszczalne wartości zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych		Wskaźnik zanieczyszczeń				
		BZT ₅ [mg O ₂ · dm ⁻³]	ChZT [mg O ₂ · dm ⁻³]	zawiesina ogólna [mg · dm ⁻³]	azot ogólny [mg · dm ⁻³]	fosfor ogólny [mg · dm ⁻³]
Oczyszczalnie o wielkości < 2000 RLM						
Według Rozporządzenia Ministra Środowiska [8]		40,0	150,0	50,0	30,0*	5,0*
Według pozwolenia wodnoprawnego	Lisia Góra	40,0	150,0	50,0	-	-
	Brzozówka	40,0	150,0	50,0	-	-
	Stare Żukowice	40,0	150,0	50,0	-	-
Oczyszczalnie o wielkości 2000-9999 RLM						
Według Rozporządzenia Ministra Środowiska [8]		25,0	125,0	35,0	15,0*	4,0*
Według pozwolenia wodnoprawnego	Rzuchowa	25,0	125,0	35,0	-	-
	Straszęcin	25,0	125,0	35,0	-	-

* wartości wymagane wyłącznie w ściekach wprowadzanych do jezior i ich dopływów oraz bezpośrednio do sztucznych zbiorników wodnych usytuowanych na wodach płynących

Podstawowe parametry ścieków surowych dopływających do analizowanych oczyszczalni ścieków w latach 2008-2009 były znacząco zróżnicowane (tab. 3.). Ścieki surowe dopływające do wszystkich analizowanych oczyszczalni SBR charakteryzowały się dużymi wahaniami wielkości zanieczyszczeń organicznych BZT₅ i ChZT oraz zawiesiny ogólnej. Maksymalne wartości BZT₅ i ChZT w ściekach surowych analizowanych oczyszczalni wynosiły odpowiednio 319,0-641,0 mg O₂ · dm⁻³ oraz 551,0-1392,6 mg O₂ · dm⁻³. Z kolei średnie wartości tych wskaźników kształtowały się na poziomie (odpowiednio) 196,8-359,2 mg O₂ · dm⁻³ oraz 441,5-988,9 mg O₂ · dm⁻³. Również zróżnicowane były maksymalne stężenia zawiesiny ogólnej (218,3-1361,9 mg · dm⁻³), przy średnich wartościach w przedziale 134,7-516,7 mg · dm⁻³. Pod względem analizowanych wskaźników zanieczyszczeń najgorszą jakość wykazywały ścieki surowe dopływające do oczyszczalni w Lisiej Górze. Powodem tak dużych wahań jakości ścieków surowych może być nierównomierność dopływu ścieków do oczyszczalni oraz niesystematyczne dowożenie ścieków taborem asenizacyjnym. Podobne spostrzeżenia w przypadku małych gminnych oczyszczalni ścieków zaobserwowali inni autorzy [7, 9].

Tabela 3. Jakość ścieków surowych dopływających do omawianych oczyszczalni ścieków

Obiekt	BZT ₅ [mg O ₂ · dm ⁻³]			ChZT [mg O ₂ · dm ⁻³]			Zawiesina ogólna [mg · dm ⁻³]		
	min	max	średnia	min	max	średnia	min	max	średnia
Rzuchowa	165,0	539,0	359,2	177,0	1197,0	784,7	65,0	508,0	297,5
Straszęcin	145,6	319,0	232,3	332,0	551,0	441,5	226,	375,0	300,5
Lisia Góra	115,0	641,0	462,5	320,0	1392,6	988,9	139,0	1361,9	516,7
Brzozówka	33,1	386,0	196,8	101,0	1245,0	587,4	55,5	218,3	156,0
Stare Żukowice	62,0	373,0	207,1	117,0	978,0	550,5	63,3	228,0	134,7

Obserwując zmiany składu ścieków surowych na przestrzeni ostatnich lat, można zauważyć wzrost stężeń związków organicznych wyrażonych BZT₅ i ChZT. Uwzględniając dodatkowo zmienność dopływu ścieków, w ostatnim czasie zaobserwowano wzrost ładunków zanieczyszczeń dopływających ze ściekami do analizowanych oczyszczalni (tab. 4.). Sytuacja ta spowodowana jest przyłączaniem kolejnych gospodarstw domowych do infrastruktury kanalizacyjnej.

Analiza danych dotyczących nominalnych i rzeczywistych przepustowości omawianych oczyszczalni ścieków wskazuje, że obciążenie hydrauliczne wszystkich oczyszczalni waha się w granicach od 33 (Straszęcin) do 76% (Brzozówka) obciążenia nominalnego, wobec czego rezerwy obciążenia hydraulicznego poszczególnych oczyszczalni są duże. Wszystkie omawiane oczyszczalnie

ścieków w latach 2008-2009 pracowały w zmiennych warunkach obciążeń hydraulicznych oraz ze zmiennym ładunkiem zanieczyszczeń. Przypadek przedmiotowych oczyszczalni nie jest odosobniony – jak podaje literatura, istnieje wiele wiejskich niedociążonych oczyszczalni ścieków [2, 3].

Tabela 4. Ładunki zanieczyszczeń w ściekach dopływających do analizowanych oczyszczalni ścieków

Wskaźnik zanieczyszczeń	Rok	Rzuchowa	Straszęcin	Lisia Góra	Brzozówka	Stare Żukowice
BZT ₅ [kg O ₂ /rok]	2008	-	-	11116,6	3172,8	1399,5
	2009	42010,6	12718,4	17991,0	12282,0	6761,0
ChZT [kg O ₂ /rok]	2008	-	-	11321,8	9134,8	3338,1
	2009	99166,25	24172,1	36826,0	36775,0	18326,0
Zawiesina ogólna [kg/rok]	2008	-	-	7681,0	4754,5	1304,5
	2009	37283,77	16452,37	9248,0	7250,0	3978,0

W analizowanym okresie we wszystkich badanych oczyszczalniach ścieków SBR nie stwierdzono przekroczenia wskaźników zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych. W zakresie usuwania zawiesiny ogólnej oraz substancji organicznych wszystkie analizowane oczyszczalnie należy uznać za w pełni efektywne, zgodnie z obowiązującymi przepisami prawnymi i wydanymi pozwoleniami wodnoprawnymi. W przypadku oczyszczalni ścieków o wielkości 2000-9999 RLM w Rzuchowej i Straszęcinie osiągnięto również wymagany rozporządzeniem Ministra Środowiska minimalny stopień usuwania zanieczyszczeń ze ścieków [8]. W rozpatrywanych oczyszczalniach osiągnięto efektywność usuwania substancji organicznych określoną wskaźnikami BZT₅ i ChZT na poziomie odpowiednio 86,92-98,67% i 78,03-92,44% oraz zawiesiny ogólnej w zakresie 83,37-97,16%. Najwyższą sprawnością usuwania zanieczyszczeń charakteryzowały się oczyszczalnie ścieków w Rzuchowej i Straszęcinie, natomiast najmniejszą – oczyszczalnie w Starych Żukowicach i Brzozówce. Sprawność przedmiotowych oczyszczalni SBR jest porównywalna do efektywności innych obiektów w Polsce prezentowanych w literaturze [4, 7, 9, 11]. Efektywność oczyszczalni ścieków SBR wyrażoną jakością ścieków oczyszczonych oraz redukcją procentową przedstawiono w tab. 5. i 6. oraz na rys. 1-3.

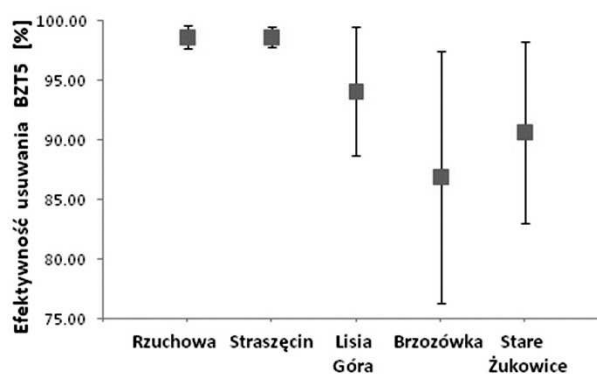
W analizowanym okresie omawiane oczyszczalnie ścieków odprowadziły do wód powierzchniowych łączny ładunek zanieczyszczeń na poziomie: BZT₅ – 4782,5 kg O₂/rok, ChZT – 25956,0 kg O₂/rok, zawiesiny ogólnej – 6063,24 kg/rok. Ładunki zanieczyszczeń odprowadzane do wód powierzchniowych w 2009 r. w przypadku oczyszczalni w Lisiej Górze i Brzozówce były znacznie większe niż w 2008 r. W przypadku pozostałych oczyszczalni ścieków wartości ładunków ścieków oczyszczonych były znacznie niższe lub nie odbiegały znacząco od wielkości otrzymanych w poprzednim roku (tab. 7.).

Tabela 5. Jakość ścieków oczyszczonych omawianych oczyszczalni ścieków

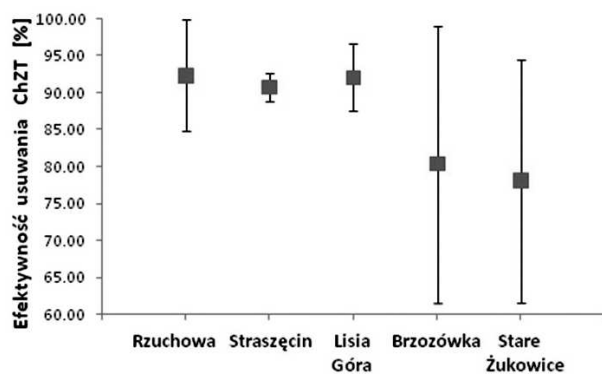
Obiekt	BZT ₅ [mg O ₂ · dm ⁻³]			ChZT [mg O ₂ · dm ⁻³]			Zawiesina ogólna [mg · dm ⁻³]		
	min	max	średnia	min	max	średnia	min	max	średnia
Rzuchowa	2,1	13,0	5,8	31,0	68,9	41,3	2,3	16,3	6,2
Straszęcin	2,3	4,1	3,1	13,2	43,4	30,5	4,4	13,0	8,5
Lisia Góra	6,8	28,0	18,7	44,0	103,0	63,4	3,7	32,2	14,0
Brzozówka	8,1	32,2	17,8	31,9	127,0	70,9	4,3	48,0	21,6
Stare Żukowice	8,6	13,9	10,7	46,0	81,9	68,3	5,9	23,8	15,8

Tabela 6. Średnia efektywność usuwania zanieczyszczeń ze ścieków komunalnych w latach 2008-2009

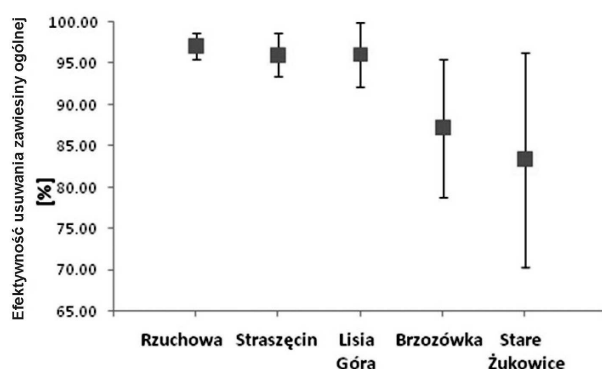
Wskaźnik zanieczyszczeń	Oczyszczalnia ścieków				
	Rzuchowa	Straszęcin	Lisia Góra	Brzozówka	Stare Żukowice
BZT ₅ [mg O ₂ · dm ⁻³]	98,67	98,66	94,12	86,92	90,67
ChZT [mg O ₂ · dm ⁻³]	92,44	90,81	92,15	80,36	78,03
Zawiesina ogólna [mg · dm ⁻³]	97,16	96,06	96,07	87,21	83,37

Rys. 1. Efektywność usuwania BZT₅ ze ścieków w omawianych oczyszczalniach ścieków

Analiza rozwiązań wybranych oczyszczalni wskazuje, że wszystkie obiekty pracują niemal w identycznym układzie technologicznym. Przedmiotowe oczyszczalnie ścieków posiadają część mechaniczną składającą się z zestawu krat lub sit i piaskownika, gdzie od ścieków oddzielane są zanieczyszczenia pływające i wleczone (skratki) oraz zawiesina mineralna (piasek). Reaktory porcjowe SBR stanowią kolejny, biologiczny stopień oczyszczania ścieków.



Rys. 2. Efektywność usuwania ChZT ze ścieków w omawianych oczyszczalniach ścieków



Rys. 3. Efektywność usuwania zawiesiny ogólnej ze ścieków w omawianych oczyszczalniach ścieków

Tabela 7. Ładunki zanieczyszczeń w ściekach odprowadzanych do odbiornika z analizowanych oczyszczalni ścieków

Wskaźnik zanieczyszczeń	Rok	Rzuchowa	Straszęcin	Lisia Góra	Brzozówka	Stare Żukowice
BZT ₅ [kg O ₂ /rok]	2008	970,12	–	630,3	314,96	220,9
	2009	488,0	141,25	732,0	1099,0	186,0
ChZT [kg O ₂ /rok]	2008	6112,0	–	1553,5	1440,31	1163,0
	2009	4592,75	2143,46	3351,0	4150,0	1450,0
Zawiesina ogólna [kg/rok]	2008	605,8	–	707,3	402,74	363,2
	2009	1029,33	574,87	980,0	1258,0	142,0

W układzie technologicznym wszystkich obiektów pominięto stosowanie osadnika wstępnego. W przypadku niewielkiej ilości zawiesiny w ściekach su-

rowych $<200 \text{ mg} \cdot \text{dm}^3$ ma to uzasadnienie technologiczne, w przypadku zaś dużych stężeń zawiesiny pojawiają się trudności eksploatacyjne. Analiza technologii omawianych oczyszczalni wskazuje, że w wielu przypadkach (Rzuchowa, Lisia Góra, Brzozówka) pompownia ścieków surowych stanowi zbiornik retencyjno-uśredniający dla sekwencyjnego reaktora porcjowego.

Biologiczne oczyszczanie ścieków w reaktorze porcjowym w analizowanych układach oparte jest na nisko obciążonym osadzie czynnym charakteryzującym się wiekiem 5-25 d i obciążeniem 0,05-0,2 kg BZT₅/kg s.m. · d. Umożliwia to uzyskanie tlenowej stabilizacji osadu czynnego. W omawianych oczyszczalniach ścieków typowy cykl pracy reaktorów SBR trwa od 4 do 6 h. Wyjątkiem jest oczyszczalnia w Brzozówce, w której zastosowano zmienny cyklogram warunkowany ilością ścieków dopływających do pompowni pełniącej funkcję zbiornika retencyjnego. Gospodarka osadowa w wybranych oczyszczalniach jest również podobna. Powszechnie stosuje się zagęszczanie grawitacyjne, a następnie odwadnianie w workownikach.

4. Podsumowanie

Na podstawie dokonanej oceny pracy wybranych oczyszczalni ścieków opartych na technologii SBR można stwierdzić, że w rozpatrywanym czasie 2008-2009 uzyskiwane w nich efektywności usuwania związków organicznych i zawiesiny ogólnej są zadowalające. W rozpatrywanych oczyszczalniach osiągnięto efektywność usuwania substancji organicznych za pomocą określonych wskaźników: BZT₅ i ChZT na poziomie odpowiednio 86,92-98,67% i 78,03-92,44% oraz zawiesiny ogólnej w zakresie 83,37-97,16%. Jakość oczyszczonych ścieków w analizowanych obiektach odpowiadała warunkom określonym w pozwoleniu wodnoprawnym. Spośród analizowanych obiektów najwyższą efektywność usuwania zanieczyszczeń osiąga oczyszczalnia ścieków w Rzuchowej.

Nierównomierność dopływu oraz zmienna jakość ścieków surowych jest charakterystyczna dla wiejskich jednostek osadniczych. Przedmiotowe oczyszczalnie wykazują odporność na zmienny dopływ ścieków, zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym. Pomimo zaobserwowanych znacznych wahań, wszystkie analizowane oczyszczalnie wykazują łatwe przystosowanie do zmieniających się ładunków zanieczyszczeń, bez pogorszenia jakości ścieków oczyszczonych.

Przeprowadzone na początku XXI wieku modernizacje oczyszczalni ścieków w Straszęcinie i Brzozówce poprawiły zdecydowanie pewność eksploatacyjną. Oznacza to, że obiekty pracują w pełni automatycznie, a obsługa ograniczona jest do usuwania piasku i skratek oraz osadu nadmiernego.

Wobec braku konieczności usuwania związków biogenych ze ścieków komunalnych w przypadku zbiorczych systemów o wielkości <9999 RLM dla terenów wiejskich możliwe jest zastosowanie mechaniczno-biologicznej oczyszczalni z wykorzystaniem reaktorów o działaniu porcjowym. Analiza wybranych oczyszczalni ścieków porcjowego działania w południowo-wschodniej Polsce w pełni potwierdza przydatność ich stosowania do oczyszczania ścieków w warunkach wiejskich.

Literatura

1. Banaś J., Styka W.: Wysoko efektywne usuwanie związków biogenych w małych oczyszczalniach ścieków w Polsce południowej, mat. Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Usuwanie związków biogenych ze ścieków”, Kraków, 16-18 czerwca 1997.
2. Bugajski P.: Ilość dopływających ścieków do oczyszczalni SBR-BIOVAC w Książu Wielkim w latach 2000-2004, *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, nr 3(1), 2006, s. 97-105.
3. Bugajski P., Satora S.: Bilans ścieków dopływających i dowożonych do oczyszczalni na przykładzie wybranego obiektu, *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, nr 5, 2009, s. 73-82.
4. Bugajski P., Ślizowski R.: Ocena działania oczyszczalni ścieków typu SBR w Sterkowcu-Zajazie, *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, nr 2(2), 2006, s. 77-86.
5. Heidrich Z.: Kierunki rozwiązań systemów kanalizacyjnych na terenach wiejskich, *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, nr 2(32), 2005, s. 147-152.
6. Materiały pomocnicze ATV-M210P. Sekwencyjne reaktory porcjowe – SBR. Niemiecki Zbiór Reguł ATV, Wydaw. Seidel-Przywecki, Warszawa 1999.
7. Miernik W.: Skuteczność oczyszczania ścieków wiejskich w oczyszczalni z reaktorem o działaniu sekwencyjnym, *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, nr 2, 2007, s. 71-80.
8. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. Nr 137, poz. 984 z późn. zm.).
9. Siwiec T.: Analiza pracy małych oczyszczalni ścieków na przykładzie wybranych oczyszczalni typu SBR, *Przegląd Komunalny*, nr 7(154), 2004, s. 45-48.
10. Styka W., Banaś J.: Rozwój technologii SBR w ostatnim 20-leciu, I Kongres Inżynierii Środowiska, Referaty problemowe, Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, nr 12, 2002, s. 363-390.
11. Tomaszek J.: Azot i fosfor w środowisku i technologiach środowiskowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2006.
12. Tomaszek J.: Wysoko efektywne usuwanie związków C, N i P w reaktorach SBR województwa podkarpackiego, III Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna „Postęp w inżynierii środowiska”, Rzeszów-Polańczyk 25-27 września 2003, s. 167-172.

AN ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF THE CHOSEN SBR WASTEWATER TREATMENT PLANTS IN THE SOUTH-EAST POLAND

A b s t r a c t

In this paper an assessment of the effectiveness of the chosen SBR WWTP's localized in the south-east Poland was presented. The used technical and technological solutions of SBR systems were described. The analyses of the effectiveness of pollutants removal from wastewaters in the reference to valid norms were executed.

Złożono w Oficynie Wydawniczej w lipcu 2011 r.