

DANIELA SZANIAWSKA
 MAŁGORZATA BONISŁAWSKA
 MATEUSZ KUCA

Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin

Testowanie możliwości zastosowania ultrafiltracji do recyklingu wody w wylęgarniach ryb

Wprowadzenie

Doskonalenie metod produkcji materiału zarybieniowego wymaga nowych rozwiązań zarówno w zakresie biotechniki inkubacji ikry jak i gospodarki wodno-ściekowej wylęgarni. Zastosowanie w wylęgarniach zamkniętych obiegów wody oraz efektywnych technologii oczyszczania wód przyczynia się do minimalizacji zarówno zużycia wody jak i zrzutu ścieków, a także umożliwia kontrolę i regulację warunków środowiskowych podczas inkubacji ikry.

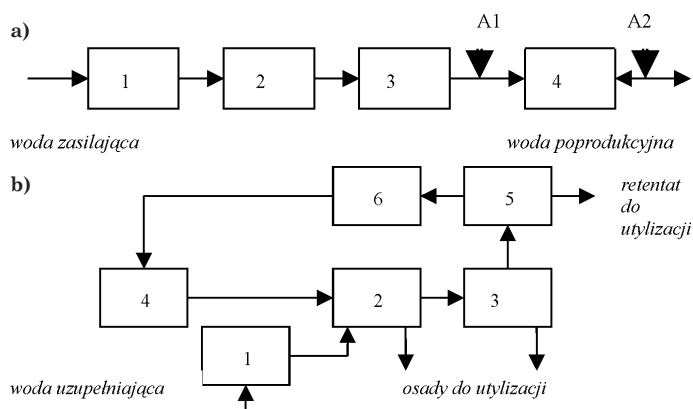
Badania recykulacyjnych systemów stosowanych w akwakulturze dotyczą przede wszystkim chowu i hodowli ryb. Standardowym rozwiązaniem stosowanym w takich układach do oczyszczania wód jest oczyszczanie biologiczne (nityfikacja/denitryfikacja) połączone z konwencjonalnymi technikami separacji takimi jak: sedymentacja, flokulacja i filtracja [1–4]. Procesy membranowe wykorzystywane są do udoskonalania oczyszczania biologicznego [5–7]. W literaturze przedmiotu widoczny jest brak badań dotyczących zamykania obiegów wodnych w wylęgarniach ryb. Zastosowanie technik membranowych jest nową alternatywą w tym zakresie, łączącą efektywne oczyszczanie wód ze wstępnym odwadnianiem pozostałości organicznych kierowanych do fermentacyjnego zagospodarowania.

W pracy przedstawiono wyniki badań procesu ultrafiltracji wód zasilających i opuszczających małą wylęgarnię ryb. Celem badań jest opracowanie membranowej technologii uzdatniania wód w obiektach wylęgarniczych z zamkniętym obiegiem wody.

Gospodarka wodno-ściekowa w wylęgarni ryb

Wymagania ochrony środowiska obligują wylęgarnie do przechodzenia z otwartych na zamknięte systemy gospodarki wodno-ściekowej (GWŚ). W badanej wylęgarni GWŚ jest prosta, otwartą siecią przedstawioną na rys. 1a. Aparaty wylęgarnicze – 4 zasilane są wodą powierzchniową z rzeki Wiśniówki, która poprzez staw retencyjny – 1, kierowana jest do oczyszczania mechanicznego – 2, 3. Woda opuszczająca wylęgarnię bez oczyszczania odprowadzana jest do środowiska (rzeka Wiśniówka).

Koncepcja zamknięcia obiegu wody z zastosowaniem ultrafiltracji przedstawiona jest na rys.1b. Aparaty wylęgarnicze – 4 zasilane są wodą z obiegu zamkniętego, oczyszczaną mechanicznie – 2, 3 oraz w procesie UF – 5. Do obiegu dostarczana jest tylko woda uzupełniająca, a odprowadzane osady do utylizacji.



Rys. 1. Schemat gospodarki wodno-ściekowej wylęgarni; a) układ otwarty; b) koncepcja układu zamkniętego; 1 – zbiornik retencyjny; 2 – krata; 3 – filtr keramzytowy; 4 – wylęgarnia; 5 – moduły UF; 6 – zbiornik wody oczyszczonej; A1, A2 – pobór prób wody

Analiza jakości wód zasilających i opuszczających wylęgarnię

Analizę wskaźników jakości wód zasilających (WZ) i opuszczających (WP) małą wylęgarnię ryb *Ośrodka Zarybieniowego* w Goleniowie prowadzono w lutym, marcu i kwietniu 2009 roku. Próbkę wody do analizy pobierano w pktach A1 i A2 (Rys. 1a). Badane wskaźniki jakości wód oraz metody analizy zestawiono w tabl. 1, a uzyskane wyniki w tabl. 2.

Tablica 1

Metody analizy wskaźników jakości wód

Wskaźnik	Metoda	Norma
Mętność (NTU)	metoda nefelometryczna, $\lambda = 860 \pm 60 \text{ nm}$	ISO 7027 DIN 27027
Zawiesina ogólna, mg/dm^3	filtracja przez sączi z włókna szklanego, tlen rozpuszczony po 5 dobach	PN-EN 872:2005
BZT ₅ , mg/dm^3	reakcja z $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ jako utleniaczem	PN-EN1899-1:2002
ChZT _C , mg/dm^3		PN-74/C-04578/03
Azot amonowy, $\text{mg NH}_4^+/\text{dm}^3$	metoda indofenolowa, $\lambda = 630 \text{ nm}$	PN-ISO 7150-1:2002
Azot azotynowy, $\text{mg NO}_2/\text{dm}^3$	wobec sulfanilamidu, $\lambda = 553 \text{ nm}$	PN-73/C-04576/06
Fosfor ogólny, mg/dm^3	metoda molibdenianowa, $\lambda = 882 \text{ nm}$	PN-91/C-04537/09
Żelazo ogólne, mg/dm^3	metoda spektrofotometryczna z 1,10- fenantroliną, $\lambda = 510 \text{ nm}$	PN-ISO 6332:2001

Tablica 2
Zestawienie badanych wskaźników jakości (C_i) wód zasilających (WZ) i opuszczających (WP) wylęgarnię w okresie luty-kwiecień 2009

Wskaźnik, C_i	II 2009			III 2009			IV 2009			Δ [8]	C_i [9]	
	WZ	WP	Δ	WZ	WP	Δ	WZ	WP	Δ		łośość	karp
BZT ₅ [mgO ₂ /dm ³]	3,2	4,3	1,1	3,5	5,3	1,8	4,2	5,8	1,6	3	<3	<6
ChZT _{Cr} [mgO ₂ /dm ³]	20,4	26,3	5,9	39,3	38,0	-	38,7	35	-	7	-	
Zawiesiny [mg/dm ³]	28,0	55,0	27,0	6,0	18,0	12,0	6,0	10,0	4,0	6	<25	
Azot amonowy [mgN-NH ₄ /dm ³]	0,27	0,22	-	0,13	0,17	0,04	0,08	0,11	0,03	-	0,78	
Azot azotynowy [mgN-NO ₂ /dm ³]	0,03	0,02	-	0,02	0,02	-	0,02	0,02	-	-	0,01	0,03
Σx_i	0,30	0,24	-	0,15	0,19	0,04	0,10	0,13	0,03	1		
Fosfor og [mgP/dm ³]	0,28	0,36	0,08	0,21	0,26	0,05	0,42	0,27	-	0,1	<0,2	<0,4
Żelazo ogólne [mgFe/dm ³]	0,65	0,57	-	0,32	0,29	-	0,22	0,32	0,10	-	-	

Tablica 3
Zestawienie wyników uzyskanych w testach ultrafiltracyjnych wód zasilających (WZ) i opuszczających (WP) wylęgarnię;
 P – wartość wskaźnika w permeacie po UF; R_i – współczynnik retencji; membrana ceramiczna, 1 kDa

Wskaźniki	II 2009				III 2009				IV 2009			
	WZ		WP		WZ		WP		WZ		WP	
	P	R_i (%)	P	R_i (%)	P	R_i (%)	P	R_i (%)	P	R_i (%)	P	R_i (%)
Mętność [NTU]	0,1	97,2	0,1	97,7	0,1	93,2	0,1	96,9	0,1	93,0	0,09	96,3
BZT ₅ [mgO ₂ /dm ³]	1,0	68,2	2,3	49,9	0,6	81,9	2,7	48,7	1,52	63,9	3,06	47,3
ChZT _{Cr} [mgO ₂ /dm ³]	11,8	42,3	15,7	40,3	16,7	57,4	18,9	50,0	14,1	63,6	15,9	53,8
Zawiesiny [mg/dm ³]	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100
Fosfor og [mgP/dm ³]	0,06	80,1	0,07	81,4	0,1	53,5	0,06	78,3	0,20	52,7	0,2	27,5
Żelazo ogólne [mgFe/dm ³]	0,05	93,1	0,02	96,5	0,03	90,3	0,03	90,3	0,03	88,6	0,03	92,2

Tablica 4
Porównanie wydajności membrany w procesie UF wody dejonizowanej przez membranę czystą i z *foulingiem* (J_{W1} , J_{W2}) oraz wody zasilającej (J_{VWZ}) i opuszczającej (J_{VWP}) wylęgarnię; R_M – opór warstwy aktywnej membrany; R_{FN} , R_{FO} – opory foulingu nieodwracalnego i odwracalnego

J_{W1} [m ³ /m ² s]	J_{VWZ} [m ³ /m ² s]	J_{VWP} [m ³ /m ² s]	J_{W2} [m ³ /m ² s]	R_M [MPa s/m]	R_{FN} [MPa s/m]	R_{FO} [MPa s/m]
$4,0 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$6,3 \cdot 10^3$	$3,7 \cdot 10^3$	$6,0 \cdot 10^3$

Wyniki zestawione w tablicy 2 analizowano w oparciu o dwa rozporządzenia Ministra Środowiska, w sprawie warunków jakie należy spełniać przy odprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi [8] oraz w sprawie wymagań jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb w warunkach naturalnych [9]. Stwierdzono niezgodność z tymi rozporządzeniami w przypadku zawiesiny ogólnej, BZT₅, oraz fosforu ogólnego. Zaobserwowano również wysoką zawartość żelaza ogólnego, przekraczającą wymagane dla wylęgarni 0,35 mg/dm³ [10].

Badania procesu ultrafiltracji wód zasilających i opuszczających wylęgarnię ryb

Wodę zasilającą (WZ) oraz opuszczającą (WP) wylęgarnię poddawano procesowi ultrafiltracji z zastosowaniem instalacji membranowej. Instalacja złożona była ze zbiornika nadawy (50 dm³), pompy oraz modułu z membraną ceramiczną (TAMI) o *cut-off* 1kDa, o powierzchni filtrującej 0,35 m² i wydajności 30 dm³ H₂O/hm²bar. Badania procesu UF przeprowadzono w warunkach stałej temperatury 20±1°C; stałej prędkości liniowej nadawy $u = 4\text{m/s}$ oraz przy ciśnieniu transmembranowym $\text{TMP} = 0,25\text{MPa}$. Testy ultrafiltracyjne reali-

zowano w obiegu zamkniętym (strumień permeatu i retentatu zwracano do zbiornika nadawy) w ciągu ok. 6–7 h. Badano wpływ czasu na wydajność i selektywność membrany. Stopień zatrzymania zanieczyszczeń, R_i dla poszczególnych wskaźników jakości wody obliczono na podstawie analizy zawartości zanieczyszczeń w permeacie, C_{Pi} oraz nadawie, C_{Ni} z zależności: $R_i = 1 - C_{Pi}/C_{Ni}$.

W tabl. 3 zestawiono współczynniki retencji, R_i badanych wskaźników jakości wód uzyskane w procesie UF przez membranę ceramiczną 1 kDa wody zasilającej oraz opuszczających wylęgarnię w badanym okresie. W tabl. 4 zestawiono dane dotyczące wydajności badanej membrany pozwalające ocenić stopień foulingu w procesie UF wód.

Podsumowanie

1. Monitoring jakości wód zasilających i opuszczających badaną wylęgarnię z otwartą gospodarką wodno-ściekową wykazał przekroczenia dopuszczalnych wartości zanieczyszczeń w przypadku zawiesiny ogólnej, BZT₅ oraz fosforu ogólnego, co jest niekorzystne zarówno z punktu widzenia rozwoju zarodkowego ryb jak i ochrony środowiska wodnego (Tabl. 2)

2. Analiza wyników badań procesu UF wód zasilających i opuszczających wylęgarnię z zastosowaniem membrany ceramicznej o *cut-off* 1 kDa wykazała, że:
- w wysokim stopniu zatrzymywana jest zawiesina oraz fosfor i żelazo ogólne, wskaźniki jakości wód decydujące o prawidłowym przebiegu embriogenezy ryb oraz w wystarczającym stopniu obniżane są wskaźniki BZT₅ oraz ChZT (Tabl. 3),
 - w testach 6h obserwuje się obniżenie wydajności membrany z $4 \cdot 10^{-5}$ do $1,5 \cdot 10^{-5}$ m³/m²s spowodowane w 62,5% *foulingiem* odwracalnym, a tylko w 37,5% *foulingiem* nieodwracalnym (Tabl. 4).
3. Uzyskane wyniki wskazują, że możliwe jest zastosowanie ultrafiltracji i membran ceramicznych o *cut-off* 1 kDa do zamknięcia obiegu wody w wylęgarni wg koncepcji przedstawionej na rys.1b w celu minimalizacji zużycia wody i zrzutu ścieków, co pozwoli jednocześnie na spełnienie wymagań ochrony środowiska oraz realizację wylęgu w warunkach optymalnych.

LITERATURA

1. J. Davidson, N. Helwig, S. Summerfelt: Aquacultural Engineering, **39**, 6 (2008).
2. M.J. Sharrer, K.Rishel, S. Summerfelt: Aquacultural Engineering, **40**, 1 (2009).
3. R. Crab, Y. Avnimelech, T. Defoirdt, P. Bossier, W. Verstraete: Aquaculture, **270** 1 (2007).
4. A. Neori, M.D. Krom, J. van Rijn: Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, **349**, 235 (2007).
5. B. Gemende, A. Gerbeth, N. Pausch, A. von Bresinsky: Desalination, **224**, 57 (2008).
6. T. Pulefou, V.Jegatheesan, C. Steicke, S.H. Kim: Desalination **221**, 534 (2008).
7. C. Visvanathan, N.Q.Hung, V. Jegatheesan: Process Biochemistry, **43**, 673 (2008).
8. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r., Dz.U. 137, poz.984.
9. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 października 2002 r., Dz.U. 176, poz.1455.
10. J. Szczerbowski: J. Rybactwo Śródlądowe, Olsztyn, IRS 1993.