

CHARAKTERYSTYKA JAKOŚCIOWA ZUŻYTYCH WÓD TECHNOLOGICZNYCH PO HYDRAULICZNYM ROZŁADUNKU RYB W PORTACH

Dorota Janiszewska¹, Kamila Koziel¹, Bogusław Pawlikowski¹

¹ Morski Instytut Rybacki – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Kołłątaja 1, 81-332 Gdynia, e-mail: dorota.janiszevska@mir.gdynia.pl; kamila.koziel@mir.gdynia.pl; boguslaw.pawlikowski@mir.gdynia.pl

STRESZCZENIE

W pracy dokonano charakterystyki właściwości sensorycznych i wskaźników fizykochemicznych reprezentatywnych próbek zużytych wód technologicznych po hydraulicznym wyładunku ryb z jednostek rybackich, w tym z kutrów wyposażonych w system RSW lub CSW. Przeprowadzone oceny i oznaczenia analityczne w pobranych próbkach zużytych wód technologicznych wykazały, że ich wyróżniki sensoryczne oraz zawartości wskaźników fizykochemicznych były zróżnicowane w zależności od przeznaczenia złowionych ryb (cele konsumpcyjne lub paszowe), czasu kontaktu z wodą morską oraz temperatury wody (sezon zimowy, letni). Zużyte wody technologiczne, ze względu na zawartość dużych ilości substancji białkowych, tłuszczów, azotu, fosforu oraz związków chloru są zagrożeniem dla środowiska naturalnego. Z tego względu utylizacja wód technologicznych pochodzących z kutrów połowiących ryby bałtyckie jest jedną z najważniejszych kwestii do rozwiązania dla rybaków oraz ekologów.

Słowa kluczowe: rybołówstwo, hydrauliczny wyładunek ryb, zużyte wody technologiczne, jakość.

QUALITY CHARACTERISTICS OF TECHNOLOGICAL WASTE WATER AFTER HYDRAULIC UNLOADING FISH AT PORTS

ABSTRACT

In this study characterization of sensory and physical-chemical properties of representative samples of technological waste water after hydraulic unloading fish from fishing vessels, including fishing boats equipped with RSW (Refrigerated Sea Water System) or CSW (Chilling Sea Water System) system was described. Sensory quality and analytical determinations in technological waste water samples was analyzed. They demonstrated that their sensory quality attributes and physical-chemical properties were different and depending on the destination of fish caught (consumption or industrial fishing), contact time-caught fish with seawater and water temperature (winter or summer season). Because technological waste water has a lot of substance content of protein, fat, nitrogen, phosphorus and chlorine compounds it is a threat to the natural environment. In connection with such a broad problem of utilization of technological waste water from fishing boats for Baltic fish is one of the most important issues to solve for fishermen and environmentalists.

Keywords: fishing, hydraulic landing of fish, technological waste water, quality.

WPROWADZENIE

Zastosowanie nowoczesnych metod rozładunku ryb (metoda hydrauliczna) wiąże się z wytwarzaniem dużej ilości zużytych wód technologicznych, powstałych po przechowywaniu w zbiornikach złowionego surowca rybnego. Pod terminem zużyta woda technologiczna na-

leży rozumieć zanieczyszczoną wodę morską, w której przechowywany i transportowany był surowiec, w zamkniętych zbiornikach na kutrach rybackich, a także wodę z basenu portowego wykorzystaną do hydraulicznego wyładunku ryb. Wykorzystane w tych operacjach wody technologiczne obciążone są zanieczyszczeniami organicznymi zagrażającymi środowisku na-

turalnemu. Zawierają one duże ilości substancji białkowych, tłuszczów, związków azotu, fosforu i chloru. W wodach tych nie występują substancje toksyczne, natomiast duża koncentracja substancji organicznych, w przypadku odprowadzenia do naturalnych zbiorników wodnych, może stanowić zagrożenie dla środowiska naturalnego. Odprowadzanie tych wód bezpośrednio do kanalizacji komunalnej jest w wielu przypadkach niemożliwe, głównie ze względu na wysoką zawartość tłuszczu oraz zawieszin organicznych, które mogą spowodować niedrożność sieci kanalizacyjnej. Według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego [13] zużyte wody technologiczne po rozładunku ryb należy uznać za ścieki, w związku z czym podlegają obowiązującym przepisom prawnym.

Problem utylizacji zużytych wód technologicznych dotyczy głównie portów rybackich, w których ryby rozładowywane są z kutrów za pomocą systemu hydraulicznego z wykorzystaniem wody morskiej lub z basenu portowego. Część krajowej floty rybackiej wyposażona jest w systemy RSW lub CSW, służące przechowywaniu złowionych ryb w schłodzonej wodzie morskiej. System RSW (ang. Refrigerated Sea Water System) dotyczy kutrów, w których woda morska pobierana przy pomocy układu pompowego jest mechanicznie schładzana do temperatury około $-0,5/-1,5$ °C, a następnie skierowana do specjalnie izolowanych zbiorników ze złowionymi rybami. System CSW (ang. Chilling Sea Water System) ma bardzo zbliżoną technologię do RSW, z tym, że do przechowywania ryb stosowana jest mieszanka wody morskiej z rozdrobnionym lodem. Oba systemy służą do przedłużenia trwałości połowianego surowca rybnego [2]. Rozwój nowoczesnych metod przechowywania ryb na statkach rybackich oraz upowszechnienie metody hydraulicznego wyładunku ryb w portach spowodowało, że problem utylizacji zużytych wód technologicznych stał się istotny w skali krajowego rybołówstwa bałtyckiego.

Celem pracy była charakterystyka jakościowa zużytej wody technologicznej po hydraulicznym rozładunku ryb w wybranych portach rybackich, na podstawie oceny wybranych wyróżników sensorycznych oraz wskaźników fizykochemicznych.

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Materiałem do badań były próbki zużytej wody technologicznej po hydraulicznym wyładunku śledzi i szprotów bałtyckich, przeznaczonych na cele konsumpcyjne lub paszowe, z jednostek rybackich w wybranych portach. Próbkę zużytych wód technologicznych pobierano w okresie od stycznia do listopada 2014 roku, z portów we Władysławowie, Helu, Gdyni, Kołobrzegu i Ustce.

Próbki wód pobrane podczas hydraulicznego rozładunku ryb z jednostek rybackich umieszczano w szczelnych kanistrach z tworzywa sztucznego, o objętości 5 dm^3 każdy. Następnie próbki transportowano w warunkach chłodniczych, w czasie nieprzekraczającym 4 godz., do laboratorium Zakładu Technologii i Mechanizacji Przetwórstwa MIR-PIB, gdzie poddawane były ocenom i badaniom.

W pracy zbadano łącznie 21 próbek zużytych wód. Analiza sensoryczna próbek obejmowała następujące wyróżniki: wygląd ogólny, barwę, zapach, obecność widocznych zanieczyszczeń pochodzenia organicznego i nieorganicznego.

W badanych próbkach zużytych wód technologicznych oznaczono zawartości następujących wskaźników fizykochemicznych:

- BZT₅ – metodą rozcieńczeń na podstawie norm PN-EN 1899-1:2002 i PN-EN 1899-2:2002 [5, 6];
- ChZT – metodą spektrofotometryczną w adapterze HACH 8000 w zakresach oznaczeń od $0-150 \text{ mg/dm}^3$ oraz $0-1500 \text{ mg/dm}^3$ [4];
- Zawiesina ogólna – metodą wagową według normy PN-EN 872:2007 [8];
- Substancje ekstrahujące się eterem etylowym (ekstrakt eterowy) – według procedury badawczej Zakładu Chemii Żywności i Środowiska MIR-PIB [12];
- Azot ogólny – metodą miareczkową po mineralizacji – według normy PN-EN 25663:2001 [7];
- Jony chlorkowe – metodą miareczkową wg normy PN-ISO 9297:1994 Jakość wody; Oznaczanie chlorków. Metoda miareczkowania azotanem srebra w obecności chromianu, jako wskaźnika (metoda Mohra) [10];
- Wartość pH – metodą potencjometryczną wg Procedury Badawczej Zakładu Chemii Żywności i Środowiska MIR-PIB [11];
- Fosfor ogólny – według normy PN-EN ISO 6878:2006 [9].

W tabeli 1 zestawiono pobrane próbki zużytych wód technologicznych, w zależności od miejsca pobrania oraz przeznaczenia i gatunku ryb.

Z danych w tabeli 1 wynika, że większość próbek pochodziła z wyładunku szprotów bałtyckich (17 próbek), a cztery próbki pochodziły z wyładunku śledzi bałtyckich. Z 21 próbek zużytych wód technologicznych, 19 próbek pochodziło z wyładunku ryb przeznaczonych na cele konsumpcyjne, a 2 próbki - z ryb przeznaczonych na cele paszowe. W zależności od miejsca poboru próbek, 6 próbek pochodziło z portu we Władysławowie, 5 próbek z portu w Kołobrzegu, 4 próbki z portu w Helu, 2 próbki z portu w Ustce i 4 próbki z basenu portowego w Gdyni. Terminy pobrania zużytych wód technologicznych związane były z tzw. okresami połowowymi szprotów i śledzi bałtyckich, z uwzględnieniem limitów połowowych ryb dla określonych jednostek rybackich.

WYNIKI BADAŃ

Analiza sensoryczna wybranych wyróżników wykazała, że najmniej zanieczyszczone były zużyte wody technologiczne po hydraulicznym

wyładunku ryb z jednostek rybackich wyposażonych w system RSW, w porcie w Helu (próbki 19–21). Próbki tych wód pobrano w listopadzie, a surowcem były szproty przeznaczone na cele konsumpcyjne. Próbki te charakteryzowały się barwą zbliżoną do barwy wody morskiej, i lekko wyczuwalnym rybnym zapachem. Były zanieczyszczone niewielkimi fragmentami tkanki rybnej, przy braku osadów tłuszczowych i białkowych. Niewielki stopień zanieczyszczeń próbek zużytych wód technologicznych związany był ze specyfiką połowów w tym rejonie, charakteryzujących się stosunkowo krótkim, kilkugodzinnym pobytem kutrów na łowiskach. Z tego względu czas kontaktu złowionych ryb w zbiornikach z wodą morską do czasu ich wyładunku w był ograniczony, co spowodowało, że woda ta w niewielkim stopniu była zanieczyszczona substancjami dyfundującymi z ryb.

Próbki zużytych wód technologicznych pochodzące z wyładunku ryb z jednostek rybackich nie posiadających systemów RSW lub CSW (próbki 8 i 9), oceniono, jako średnio zanieczyszczone. Wynika to ze stosunkowo krótkiego czasu kontaktu złowionych ryb z wodą pobraną z basenu portowego, która była wykorzystywana do

Tabela 1. Wykaz próbek zużytej wody technologicznej w zależności od miejsca pobrania (portu) oraz rodzaju i przeznaczenia wyładowywanego surowca

Table 1. The list of technological waste water samples depending on the donor area (the port) and the type and destiny of raw material landed

Nr próbki	Port rybacki	Miesiąc pobrania	Surowiec
1	Gdynia	I	śledź bałtycki*
2	Gdynia	I	szprot bałtycki*
3	Gdynia	I	śledź bałtycki*
4	Gdynia	II	śledź bałtycki*
5	Kołobrzeg	II	szprot bałtycki *
6	Kołobrzeg	II	szprot bałtycki*
7	Kołobrzeg	II	szprot bałtycki*
8	Ustka	III	szprot bałtycki*
9	Ustka	III	szprot bałtycki*
10	Władysławowo	IV	szprot bałtycki*
11	Władysławowo	IV	szprot bałtycki*
12	Władysławowo	IV	szprot bałtycki*
13	Władysławowo	V	szprot bałtycki*
14	Kołobrzeg	V	śledź bałtycki*
15	Kołobrzeg	V	szprot bałtycki**
16	Hel	X	szprot bałtycki**
17	Władysławowo	XI	szprot bałtycki*
18	Władysławowo	XI	szprot bałtycki*
19	Hel	XI	szprot bałtycki*
20	Hel	XI	szprot bałtycki*
21	Hel	XI	szprot bałtycki*

Objaśnienia: * – konsumpcyjne; ** – paszowe.

hydraulicznego wyładunku. W tych warunkach o stopniu zanieczyszczenia wód decydującymi czynnikami są: stan świeżości i kondycji ryb oraz warunki, w jakich były one przechowywane w ładowniach statku. Analizowane próbki charakteryzowały się intensywnie rybnym zapachem, obecnością osadu tłuszczowego i drobnych zanieczyszczeń pochodzenia organicznego.

Stosunkowo wysoki stopień zanieczyszczenia stwierdzono w próbce (13) zużytej wody po wyładunku szprotów przeznaczonych na cele konsumpcyjne, pobranej w porcie we Władysławowie, w maju. W tym przypadku decydujący wpływ na wysoki stopień zanieczyszczenia zużytej wody miała wyższa temperatura wody morskiej, która przyczyniała się do intensywnej migracji substancji organicznych z ryb. Próbka tej wody charakteryzowała się brunatno-czerwoną barwą, gnilnym zapachem, oraz dużą ilością osadu tłuszczowego.

Przeprowadzone oceny wykazały, że spośród pobranych próbek, najbardziej zanieczyszczoną była próbka (15), po hydraulicznym wyładunku szprotów przeznaczonych na cele paszowe, w porcie w Kołobrzegu. Ponieważ wyładunek tych ryb odbywał się w wiosennym sezonie połowowym (w maju), wyższa temperatura wody morskiej w tym okresie stosowana do hydraulicznego wyładunku, miała również niekorzystny wpływ na wzrost w niej zanieczyszczeń. Próba ta charakteryzowała się ciemną, szaro-brunatną barwą, intensywnym gnilnym, kwaśnym, zapachem oraz obecnością piany o żółtawym zabarwieniu.

Analiza jakości sensorycznej wykazała, że wyróżniki pobranych próbek zużytych wód technologicznych były bardzo zróżnicowane w zależności

od przeznaczenia złowionych ryb (konsumpcyjne, paszowe), czasu i sposobu przechowywania ryb w ładowni statku (w zbiornikach z wodą morską, luzem w ładowni), a także od pory roku (sezon zimowy, wiosenny).

W ramach pracy w próbkach zużytej wody dokonano oznaczeń wybranych wskaźników fizykochemicznych, określających ich stopień zanieczyszczenia. W tabeli 2 porównano średnie wartości wybranych wskaźników fizykochemicznych w próbkach zużytych wód technologicznych ($n=3$) ze średnimi wartościami tych wskaźników w ściekach poprodukcyjnych z typowego zakładu przetwórstwa rybnego [3].

Większość oznaczonych wartości wskaźników w badanych próbkach była niższa od wartości wskaźników w ściekach poprodukcyjnych z typowego zakładu przetwórstwa rybnego. Dotyczy to takich wskaźników jak: BZT₅, ChZT, zawiesina ogólna, substancje ekstrahujące się eterem etylowym oraz fosfor. Natomiast wartości takich wskaźników, jak azot ogólny i jony chlorkowe w próbkach zużytej wody technologicznej przekraczały średnie wartości tych wskaźników w ściekach z zakładu przetwórstwa rybnego. Np. średnia zawartość azotu ogólnego w próbkach zużytych wód technologicznych wynosiła ponad 780 mg/dm³, podczas gdy w ściekach z przetwórstwa rybnego – 80 mg/dm³. W przypadku chlorków, średnia zawartość w próbkach zużytych wód technologicznych wynosiła ponad 3366 mg Cl/dm³, podczas gdy w ściekach z przetwórstwa rybnego – 2000 mg Cl/dm³. Średnia wartość pH w próbkach badanych wód technologicznych wyniosła 6,9. Dla porównania, wartość pH mieszaniny ścieków bytowo-gospodarczych oraz

Tabela 2. Średnie wartości wskaźników fizykochemicznych w próbkach zużytych wód technologicznych (n) oraz w ściekach z zakładu przetwórstwa rybnego [MIR-PIB, 3]

Table 2. Average values of physico-chemical indicators used in technological waste water samples (n) and post-production waste from fish processing plant [MIR-PIB, 3]

Wskaźnik	Liczba prób (n)	Jednostka miary	Zużyta woda technologiczna (średnie wartości)	Ścieki z przetwórstwa rybnego
pH	21	-	6,9	5,0–6,0
BZT ₅	12	mg O ₂ /dm ³	3184	5000
ChZT	21	mg O ₂ /dm ³	7692	10 000
Zawiesina ogólna	15	mg/dm ³	384	2500
Azot ogólny	21	mg N/dm ³	780	80
Substancje ekstrahujące się eterem etylowym	19	mg/dm ³	540	700
Jony chlorkowe	19	mg Cl/dm ³	3366	2000
Fosfor	2	mg/dm ³	23	50

z przetwórstwa owoców i warzyw, stosowanej do użytkowania stawów narybkowych wynosi 7,6 [14]. Zgodnie z obowiązującymi wymaganiami, dopuszczalny zakres pH dla ścieków odprowadzanych do kanalizacji lub środowiska naturalnego, wynosi 6,5–9,0 [13].

W ramach pracy, określono stężenie jonów chlorkowych w wodach pobranych z basenów portowych w Ustce, Helu, Władysławowie i Kołobrzegu. Badania wykazały, że stężenie jonów chlorkowych w tych wodach było zróżnicowane, w zależności od usytuowania portu (wybrzeże morskie, ujście rzeki) i warunków terenowych.

Wyniki oznaczeń stężenia chlorków w próbkach wód z basenów portowych były następujące:

- port Ustka – $229,9 \pm 0,9$ mg Cl/dm³;
- port Hel – $3368 \pm 271,5$ mg Cl/dm³;
- port Władysławowo – 4031 ± 80 mg Cl/dm³;
- port Kołobrzeg – 3560 ± 48 mg Cl/dm³.

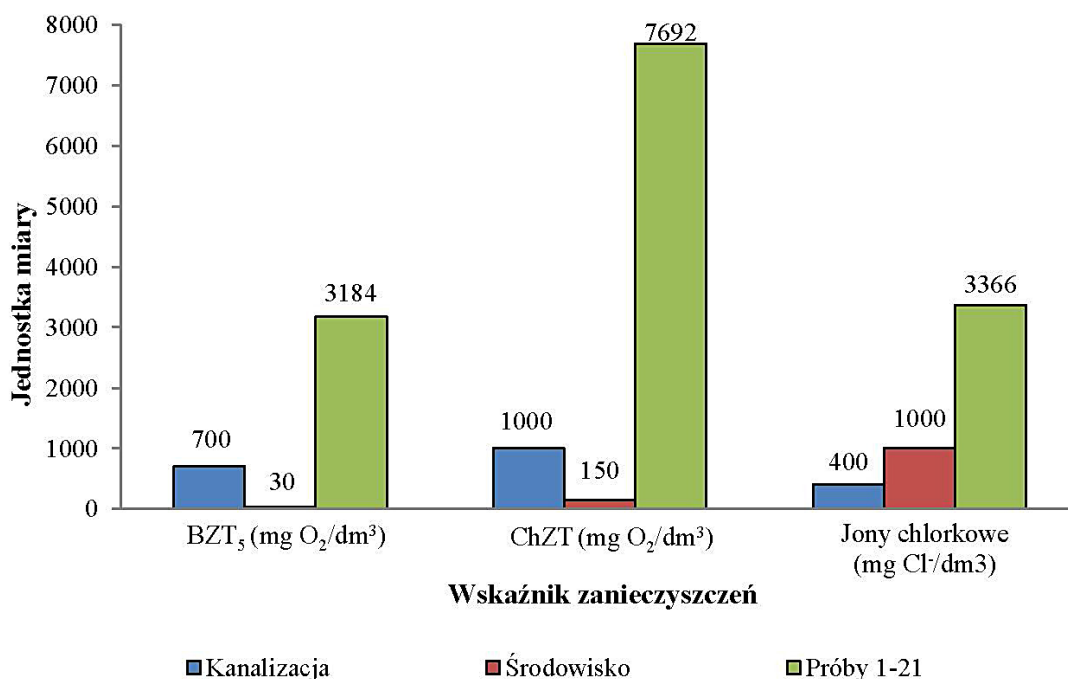
Analizy wykazały, że wysokie stężenie jonów chlorkowych występuje w wodach portowych we Władysławowie, Kołobrzegu i Helu, odpowiednio: 4031, 3560 i 3368 mg Cl/dm³. Natomiast znacznie niższą zawartość jonów chlorkowych stwierdzono w wodzie z basenu portowego w Ustce ($229,9$ mg Cl/dm³), co ma związek z jego usytuowaniem przy ujściu rzeki Słupi i dopływem wód z tej rzeki do basenu.

Na rysunku 1 przedstawiono dopuszczalne poziomy zawartości BZT₅, ChZT oraz jonów chlorkowych dla ścieków odprowadzanych do instalacji kanalizacyjnych oraz do środowiska (wody, ziemia), a także średnie zawartości tych wskaźników w zużytych wodach technologicznych po wyładunku ryb.

Średnie zawartości BZT₅, ChZT i chlorków w zużytych wodach technologicznych były znacznie wyższe od dopuszczalnych poziomów tych wskaźników w ściekach odprowadzanych do kanalizacji komunalnej i do środowiska naturalnego. W odniesieniu do BZT₅ różnica ta wynosiła 2484 mg O₂/dm³ – dla ścieków odprowadzanych do kanalizacji komunalnej i 3154 mg O₂/dm³ – dla ścieków odprowadzanych do środowiska naturalnego.

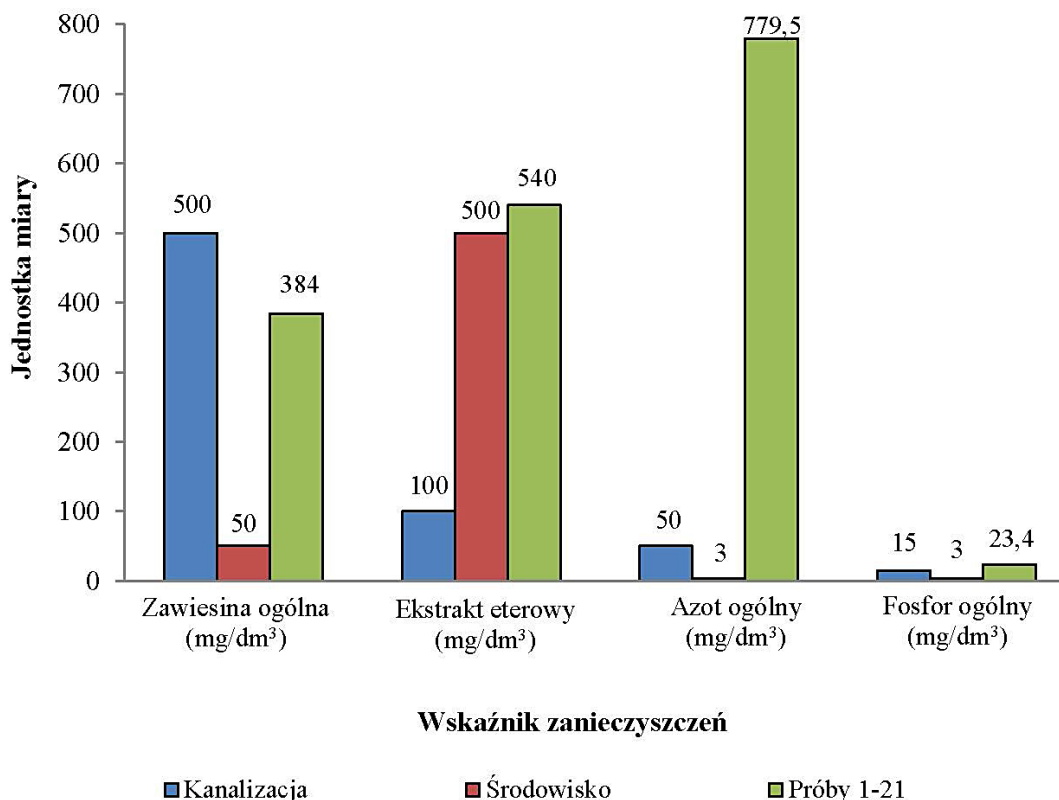
W przypadku ChZT, średnia zawartość tego wskaźnika w zużytych wodach technologicznych była wyższa od dopuszczalnego poziomu tego wskaźnika, o 6692 mg O₂/dm³ – w ściekach odprowadzanych do kanalizacji komunalnej i o 7542 mg O₂/dm³ – w ściekach odprowadzanych do środowiska.

Na rysunku 2 przedstawiono średnie zawartości zanieczyszczeń zawiesiny ogólnej, substancji ekstrahujących się eterem etylowym, azotu ogólnego i fosforu ogólnego w zużytych wodach technologicznych oraz dopuszczalne poziomy



Rys. 1. Dopuszczalne poziomy zawartości BZT₅, ChZT i jonów chlorkowych w ściekach wprowadzanych do kanalizacji i środowiska oraz średnie zawartości tych wskaźników w zużytych wodach technologicznych [MIR-PIB, 3]

Fig. 1. Acceptable levels of BZT₅, ChZT and chloride ions in the waste water entering the sewage system and the environment and average contents of these indicators in technological waste water [MIR-PIB, 3]



Rys. 2. Dopuszczalne poziomy zawiesiny ogólnej, ekstraktu eterowego, azotu ogólnego i fosforu ogólnego w ściekach wprowadzanych do kanalizacji i środowiska oraz średnie zawartości tych zanieczyszczeń w zużytych wodach technologicznych [MIR-PIB, 3]

Fig. 2. Acceptable levels of total suspended solids, ether extract, total nitrogen and total phosphorus in waste water entering the sewage system and the environment and the average of these pollutants in technological waste water [MIR-PIB, 3]

tych wskaźników dla ścieków odprowadzanych do instalacji kanalizacyjnych oraz do środowiska.

Jedynie średnia zawartość zawiesiny w zużytych wodach technologicznych nie przekroczyła dopuszczalnego poziomu tego wskaźnika dla ścieków odprowadzanych do kanalizacji. W odniesieniu do pozostałych zanieczyszczeń, zwłaszcza azotu ogólnego, średnie zawartości tych związków w zużytych wodach technologicznych znacznie przekraczały ich dopuszczalne poziomy w ściekach odprowadzanych do kanalizacji komunalnej oraz do środowiska.

PODSUMOWANIE

Utylizacja zużytych wód technologicznych po hydraulicznym wyładunku ryb w portach to jeden z ważniejszych problemów, który w najbliższym czasie powinien znaleźć odpowiednie rozwiązanie. Przeprowadzone badania wykazały, że próbki zużytych wód technologicznych charakteryzowały się zróżnicowanymi wyróżnikami sensorycznymi

mi oraz wskaźnikami fizykochemicznymi, określającymi ich stopień zanieczyszczenia.

Znaczący wpływ na zawartość zanieczyszczeń zużytych wód technologicznych miały takie czynniki, jak: przeznaczenie złowionego surowca (konsumpcyjne, paszowe), sezon połowu oraz temperatura wody. Największe zanieczyszczenia stwierdzono w próbkach zużytej wody technologicznej po rozładunku ryb przeznaczonych na cele paszowe. Mniejsze zanieczyszczenia stwierdzono w próbkach zużytej wody technologicznej stosowanej do wyładunku ryb z kutrów, wyposażonych w system RSW lub CSW oraz kutrów stosujących hydrauliczny wyładunek ryb z wykorzystaniem wody z basenu portowego.

Zużyte wody technologiczne zanieczyszczone substancjami pochodzenia organicznego i nieorganicznego, po wyładunku hydraulicznym ryb z jednostek rybackich powinny być wstępnie oczyszczone metodą mechaniczno-chemiczną, bezpośrednio w portach rybackich. Po wstępnym oczyszczeniu zużyte wody technologiczne powinny być kierowane do instalacji kanalizacyjnej,

a następnie do komunalnej oczyszczalni ścieków. Decyzję o ewentualnym wprowadzeniu wstępnie oczyszczonych, zużytych wód technologicznych do środowiska naturalnego (basenu portowego) może podjąć tylko terenowo właściwy starosta, na podstawie udokumentowanych pozytywnych wyników badań, potwierdzających, że poziomy zanieczyszczeń w tych wodach nie przekraczają dopuszczalnych limitów.

LITERATURA

1. Dąbrowski T., Piecuch T. 2005. Matematyczny opis technologii podczyszczania ścieków zakładu przetwórstwa ryb. Rocznik Ochrona Środowiska. Tom 7, s. 71–98.
2. Groenwald R. 2013. RSW – Nowa jakość w polskim rybołówstwie, ale czy to warto? Wiadomości rybackie, 9-10(195), 6–7.
3. Gudelis-Matys K. 2002. Oczyszczanie ścieków w przetwórstwie rybnym. Magazyn Przemysłu Rybnego, 4(28), 10–11.
4. Instrukcja metody spektrofotometrycznej HACH 8000.
5. PN-EN 1899-1:2002 Jakość wody. Oznaczenie biochemicznego zapotrzebowania tlenu po n dniach (BZTn). Część 1: Metoda rozcieńczenia i szczepienia z dodatkiem allilotiomocznika.
6. PN-EN 1899-2:2002 Jakość wody. Oznaczenie biochemicznego zapotrzebowania tlenu po n dniach (BZTn). Część 2: Metoda do próbek nierozcieńczonych.
7. PN-EN 25663:2001 Jakość wody. Oznaczenie azotu Kjeldahla. Metoda po mineralizacji z selenem.
8. PN-EN 872:2007 Jakość wody. Oznaczenie zawiesin. Metoda z zastosowaniem filtracji przez sączki z włókna szklanego.
9. PN-EN ISO 6878:2006 Jakość wody. Oznaczenie fosforu. Metoda spektrometryczna z molibdenianem amonu (ze zmianami Ap1 i Ap2).
10. PN-ISO 9297:1994 Jakość wody. Oznaczenie chlorków. Metoda miareczkowania azotanem srebra w obecności chromianu jako wskaźnika (metoda Mohra).
11. Procedura Badawcza Zakładu Chemii Żywności i Środowiska MIR-PIB – Oznaczenie pH metodą potencjometryczną.
12. Procedura Badawcza Zakładu Chemii Żywności i Środowiska MIR-PIB – Oznaczenie zawartości substancji ekstrahujących się eterem etylowym lub naftowym.
13. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 roku [Dz. U. z 2014 r. poz. 1800].
14. Tucholski S., Sidoruk M. 2013. Wpływ zasilania stawów hodowlanych biologicznie oczyszczonymi ściekami na jakość wody w stawach. Ecological Chemistry and Engineering, 20(3), 391–399.



Opublikowanie pracy dofinansowano ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Lublinie.