



Wpływ ścieków oczyszczonych odprowadzanych z Zakładu Przemysłu Mięsnego na jakość wody rzeki Szkwa

Józefa Wiater, Mariusz Rynkiewicz
Politechnika Białostocka

1. Wstęp

Na ilość i jakość ścieków z przetwórstwa żywności znaczny wpływ ma: branża, technologia i sezonowość produkcji, a także ilość zużytej wody. Wśród ścieków przemysłu spożywczego duży problem stanowią ścieki pochodzące m. in. z przedsiębiorstw przemysłu mięsnego, ponieważ powstają one na różnych etapach procesów technologicznych. W przemyśle spożywczym wg Nawirskiej i Szymańskiego (2002) woda zużywana jest głównie na cele:

- technologiczne (surowiec chemiczny do otrzymania różnych produktów),
- energetyczne (nośnik ciepła w procesie ogrzewania i chłodzenia),
- gospodarcze, sanitarne i higieniczne (czynnik myjący, czyszczący),
- przeciwpożarowe.

Gospodarka wodno-ściekowa w zakładach przemysłu mięsnego różni się w znaczny sposób od gospodarki komunalnej w miastach czy innych gałęziach przemysłu. W danym zakładzie powinna być dostosowana do specyfiki i kierunku produkcji. Istnieją następujące modele gospodarki wodno-ściekowej:

- przepływowy (otwarty), w którym całe zapotrzebowanie na wodę pokrywane jest z ujęcia lub wodociągu, woda zużywana jest do celów produkcyjnych a następnie, jako ściek opuszcza zakład,

- szeregowy, w którym woda wykorzystywana jest w następujących po sobie działach zakładu, a ścieki, których nie można powtórnie wykorzystać są odprowadzane z zakładu,
- obiegowy (zamknięty), w którym ta sama woda znajdująca się w obiegu, jest stale wykorzystywana, a woda świeża z ujęcia pokrywa jedynie straty,
- kombinowany (mieszany), w którym działy lub urządzenia zaopatrywane są w wodę za pomocą różnych systemów.

Przedstawione modele realizowane są poprzez odpowiednie systemy wodno-ściekowe, składające się z urządzeń i przewodów doprowadzających wodę oraz układu odprowadzającego ścieki (Nawirska i Szymański 2002, Malińska 2005).

Racjonalne prowadzenie gospodarki ściekowej w zakładach przetwórstwa mięsnego na pierwszym miejscu powinno objąć minimalizację zużycia wody i minimalizację produkcji odpadów przedostających się do ścieków (Kubicki i Niewiadomska 1999, Tomczak-Wandzel i in. 2004). Może to zapoczątkować w zakładach przemysłu spożywczego poprawę oraz zwiększenie efektów ekonomicznych, a także również w ogromnym stopniu poprawić wizerunek przedsiębiorstwa, który stosuje technologie i wytwarza produkty przyjazne środowisku naturalnemu (Tomczak-Wandzel i in. 2004, Malińska 2005).

Celem pracy była analiza wpływu ścieków oczyszczonych odprowadzanych z zakładu przemysłu mięsnego do kanału Kaczor, a następnie do rzeki Szkwa i wpływ na jakość wody tego cieku i rzeki. Prowadzone badania dotyczyły sprawdzenia stopnia samooczyszczania ścieków na odcinku zakładu do rzeki.

2. Metodyka badań

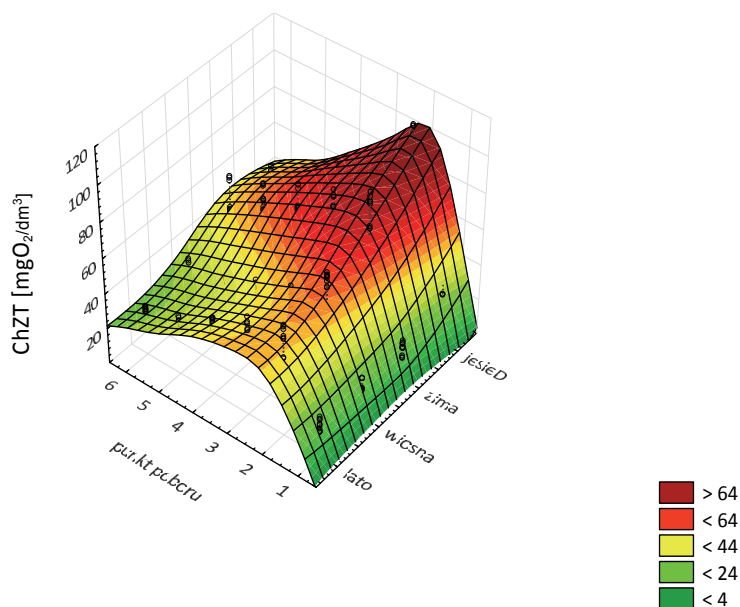
W celu określenia wahań składu fizyczno-chemicznego i stopnia samooczyszczania wody w rowie melioracyjnym i kanale melioracyjnym próbki pobierano w sześciu punktach. Punktem pierwszym był rów melioracji podstawowej kanał Kaczor 200 m przed połączeniem z rowem melioracji szczegółowej i stanowił punkt odniesienia dla pozostałych punktów. W punkcie drugim znajduje się wylot ścieków z ZPM „JBB” do rowu melioracji szczegółowej. Punkt trzeci to wlot rowu melioracji

szczególowej do kanału Kaczor. Dwa następne punkty wyznaczono w pobliżu dróg gminnych. Ostatni szósty punkt wyznaczono przy ujściu kanału Kaczor do rzeki Szkwy. Wszystkie punkty otoczone były łąkami lub pastwiskami.

Badania wykonano w trzech powtórzeniach dla każdej próbki. Następnie wyniki pogrupowano na pory roku i podano jako średnie kwartalne. Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem programu *STATISTICA 10* (StarSoft, Inc, 2011). Różnice oceniono przy użyciu testu Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$; wykorzystując pakiet ANOVA.

3. Omówienie wyników badań i dyskusja

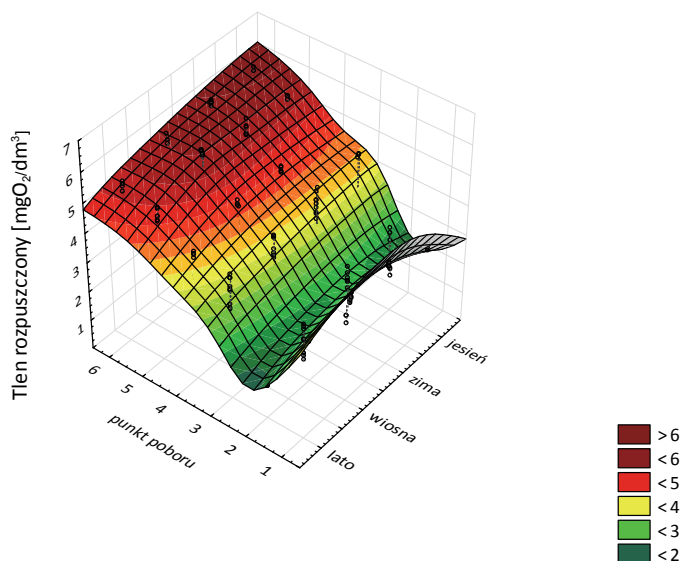
Skład wód powierzchniowych jest funkcją wielu parametrów, których udział charakteryzuje się dużą zmiennością w czasie i przestrzeni oraz różnorodnością substancji w nich występujących. Kurek (2004), Królak i in. (2011) na podstawie badań twierdzą, że na wysokość wartości ChZT w wodach rzek wpływała nieuporządkowana gospodarka ściekowa w ich zlewniach. Najwyższe wartości ChZT na poziomie $73,36 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ zarejestrowano dla prób z drugiego punktu poboru tj. wylotu ścieków z ZMP „JBB”. Wartość ChZT była zdecydowanie niższa w pierwszym punkcie kontrolnym tj. w rowie melioracji podstawowej, przed wylotem rowu melioracji szczegółowej i wynosiła $19,05 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$. ChZT dla wody z pozostałych punktów kontroli pomiarowej (3-6) wskazuje na jego obniżenie w miarę wzrostu odległości od punktu w którym następował zrzut ścieków oczyszczonych z zakładu, w stronę ujścia kanału Kaczor do rzeki. Wartość tego wskaźnika w wodzie punktu szóstego uległa obniżeniu o połowę w stosunku do wody z punktu drugiego. Proces samooczyszczania zanieczyszczeń wód następował zarówno w rowie melioracji szczegółowej jak i podstawowej w Kanale Kaczor. Wartość ChZT zależała również od pory roku, przy czym niższe wartości zanotowano w sezonie wiosna-lato ($36,14\text{-}38,82 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$), a znacznie wyższe w sezonie jesień-zima ($59,54\text{-}63,77 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$). Analiza statystyczna potwierdziła, że różnice w ChZT w sezonie wiosennym i letnim nie były statystycznie istotne, podobny rezultat otrzymano dla wartości zmierzonych w sezonie jesiennym i zimowym.



Rys. 1. Zmiana ChZT [$\text{mg O}_2/\text{dm}^3$] w zależności od punktu poboru prób i pory roku

Fig. 1. COD changes [$\text{mg O}_2/\text{dm}^3$] depending on the sampling point and seasons

Drugim ważnym wskaźnikiem tlenowym jest stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie. Tlen decyduje m.in. o procesach chemicznych i biochemicznych, rozkładzie podczas oczyszczania ścieków oraz warunkach życia wodnych organizmów żywych. Najniższe średnie roczne stężenie tlenu było w drugim punkcie i wynosiło $1,48 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$, natomiast najwyższe w punktach 5 i 6 odpowiednio $5,37$ i $5,43 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ (rys. 2). Analiza statystyczna z wykorzystaniem testu Tukeya potwierdziła, że uzyskane wartości stężenia tlenu rozpuszczonego różniły się istotnie dla kontrolowanych punktów poboru, przy czym nie stwierdzono różnic istotnych dla wody z punktów 5 i 6. Badania wykazały, że stężenie tlenu w wodzie badanego cieką było niższe w sezonie letnim, nieco wyższe wartości odnotowano w sezonie wiosennym, jesiennym i zimowym. Prawidłowość ta spowodowana jest tym, że w wyższej temperaturze zmniejsza się rozpuszczalność tlenu (Siemieniuk 2009, Szczykowska i Siemieniuk 2009). Poza tym, zwiększa się szybkość procesów biochemicznych, które zużywają tlen. Stężenie tlenu uległo zmianom w zależności od pory roku, ale zmiany te nie były statystycznie potwierdzone.

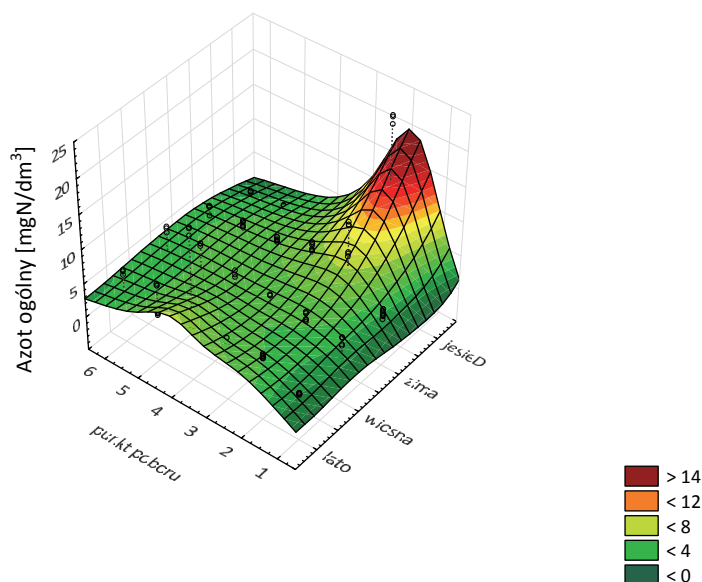


Rys. 2. Zmiana stężenia tlenu rozpuszczonego [$\text{mg O}_2/\text{dm}^3$] w zależności od punktu poboru prób i pory roku

Fig. 2. Dissolved oxygene changes [$\text{mg O}_2/\text{dm}^3$] depending on the sampling point and seasons

Stężenia substancji biogenych (azotu i fosforu) przedstawiono na rysunkach 3 i 4. Najniższe średnioroczne stężenie azotu zarejestrowano w punkcie pierwszym, przed zrzutem ścieków z ZPM „JBB” ($2,61 \text{ mg N}_2/\text{dm}^3$). Najwyższe stężenie azotu ogółem było w wodzie pobranej w punkcie zrzutu ścieków ($7,48 \text{ mg N}_2/\text{dm}^3$), po czym wraz z przemieszczaniem się wód cieką i oddalaniem od ZPM, stężenie azotu zmniejszało się i w punkcie 6 osiągnęło wartość $3,59 \text{ mg N}/\text{dm}^3$, co świadczy o procesie pobierania form azotu przez rośliny i zmniejszaniu jego stężenia w wodzie (Kiryluk i Wiater 2004). Analiza statystyczna stężenia azotu ogółem w wodach analizowanego cieką, nie wykazała istotnych różnic w punktach poboru 3 a 4 oraz 5 a 6. Natomiast duże wahania wartości omawianego parametru w danym sezonie, spowodowały, że różnice te również nie były istotne dla kolejnych pór roku. Stężenie azotu ogólnego w wodzie pobranej w jesieni było najwyższe wśród analizowanych i wynosiło $6,67 \text{ mg N}/\text{dm}^3$, a wiosną było najniższe i wynosiło $3,8 \text{ mg N}/\text{dm}^3$. Zwiększone stężenie tego biogenu mogła wynikać nie tylko z naturalnych procesów zachodzących w glebach, ale

również działalności człowieka oraz wielkości opadów atmosferycznych (Rauba M. 2009). Jesienią mamy do czynienia z ubytkami masy zielonej, co niejako również przekłada się na wysokie stężenie azotu ogółem w wodach, ponieważ występuje jego zmniejszone pobieranie przez rośliny. Rafałowska (2008) twierdzi, że na obszarach wiejskich głównym źródłem azotanów w wodzie jest działalność rolnicza. Niewykorzystane przez rośliny składniki nawozowe, a szczególnie azot, mogą przenikać do wód podziemnych i powierzchniowych, powodując ich zanieczyszczenie.

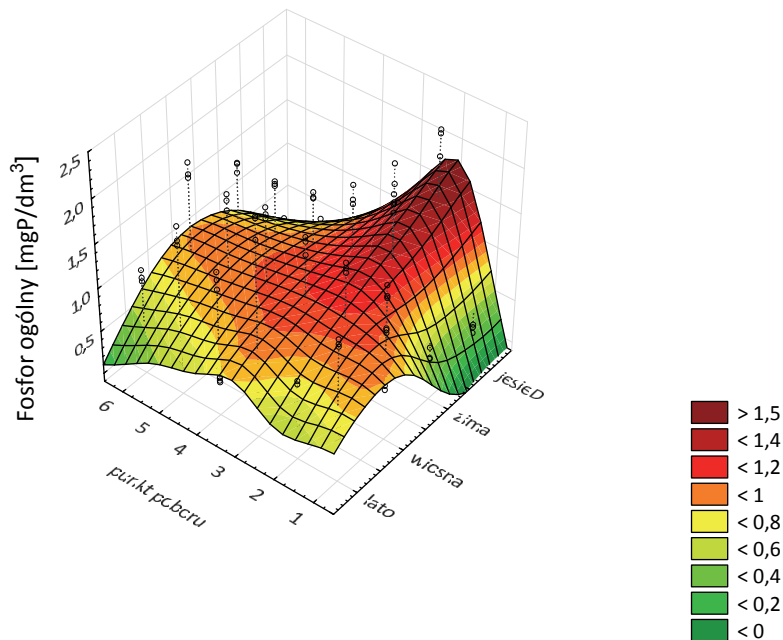


Rys. 3. Zmiana azotu ogólnego [mg N/dm³] w zależności od punktu poboru prób i pory roku

Rys. 3. Total nitrogen changes [mg N/dm³] depending on the sampling point and seasons

W badanej wodzie stężenie fosforu nie podlegało znaczącym wahaniom sezonowym i wynosiło od 0,75 do 1,02 mg/dm³. Najwyższym stężeniem fosforu (1,19 i 1,10 mg P/dm³) charakteryzowały się próbki wody pobrane przy wylocie ścieków z zakładu (punkt 2) oraz wlocie rowu melioracji szczegółowej do kanału Kaczor (punkt 3). Zatem źródłem fosforu w wodzie w dużej mierze były ścieki oczyszczone. Najniższe wartości (0,72 i 0,73 mg P/dm³) zarejestrowano w rowie melioracji

podstawowej, przed zrzutem ścieków (punkt 1) i w miejscu ujścia kanału do rzeki Szkwy (punkt 6).



Rys. 4. Zmiana fosforu ogólnego [mg P/dm³] w zależności od punktu poboru prób i pory roku.

Fig. 4. Total phosphorus changes [mg P/dm³] depending on the sampling point and seasons

Oprócz ścieków oczyszczonych źródłem fosforu dla wody w badanych ciekach są także odchody zwierząt wypasanych w ich pobliżu (Sapek 1996, Oenema i Roest 1998, Mainstone i Parr 2002). Wysokie stężenie fosforu wiosną, gdy brak jest pełnej wegetacji roślin jest typowe dla wód powierzchniowych. Innym wyjaśnieniem może być nawożenie fosforem, stosowane na wiosnę, zwykle przed wykonaniem uprawek przedsięwziętych. Najniższe stężenie fosforu w badanych wodach było latem, co należy wiązać z poborem tego biogenu przez rośliny rosnące w rowie melioracji szczegółowej i podstawowej (Siemienuk, Szczykowska 2007, Koster 2001). Zbyt wysoki ładunek związków fosforu doprowadzany przy ujściu kanału Kaczor, wpływa negatywnie na jakość wody rzeki Szkwy, co może przyczynić się do jej eutrofizacji. Wielu autorów

podaje, że kumulacja substancji biogenych, a głównie fosforu w wodzie stwarza wiele zagrożeń, m.in. przyczynia się do jej eutrofizacji i szybkiego wzrostu trofii (Jorgensen, 2001, Carpenter 2008, Fraterrigo i Downing 2008, Jachniak 2013)

Ścieki zrzucane z ZPM „JBB” wpłynęły na wzrost wartości takich wskaźników jak: ChZT, azot ogólny, fosfor ogólny oraz zmniejszenie tlenu rozpuszczonego na odcinku od wylotu z zakładu do miejsca wlotu rowu melioracji szczegółowej do kanału Kaczor. Na podstawie wartości analizowanych wskaźników obserwowano oczyszczanie się wody na odcinku od ujścia kanału do rzeki Szkwy. Analizowane wody w oparciu o stężenie tlenu rozpuszczonego, azotu ogólnego do I klasy czystości. Jakość wody pogarsza wskaźnik ChZT oraz stężenie fosforu, przy czym obserwowano, że stężenie tego biogenu zmniejszyło się w lecie i jesienią w porównaniu z sezonami zimowym i wiosennym. Prawdopodobnie wpływ na zachodzący proces samooczyszczania miała temperatura wody i związane z tym duże pobieranie fosforu przez mikroorganizmy obecne w wodzie oraz rośliny w okresie wzmożonej wegetacji. Porastająca brzegi roślinność pobierała znaczne ilości związków azotu i fosforu, co przełożyło się na poprawę jakości wody w sezonie letnim. W okresie czerwca kanał, na całym odcinku, był również wykoszony i częściowo odmulony. Kiryluk (2013) twierdzi, że prace konserwacyjne prowadzone w rowach i kanałach melioracyjnych wpływają na różnorodność gatunkową flory tych specyficznych siedlisk oraz zmniejszenie stężenia biogenów w wodzie. Prawdopodobnie wykaszanie stworzyło dogodne warunki rozwoju dla gatunków niskich takich jak: *Ranunculus repens*, *Poaceae*, *Cyperaceae*, zaś na odcinku między punktem poboru 4 i 5 – *Phalaris arundinacea*. Miejscami wstępowały trawy średniowysokie takie jak *Glyceria fluitans* oraz zagnieżdżała się lokalnie *Typha latifolia*, co być może nie było bez znaczenia mając na uwadze poprawę jakości wody w kanale Kaczor. Kiryluk i Wiater (2004) oraz Zhon i wsp. (2005) stwierdzili, że ekosystemy łąkowe z wielogatunkowymi zbiorowiskami roślinnymi mogą pełnić istotną rolę w ochronie wód gruntowych i powierzchniowych na obszarach wiejskich. Ostrowska (2010) stwierdziła, że stężenia związków biogenych podlegają sezonowej zmienności na skutek wpływu zmiennych warunków hydrologicznych, sezonu wegetacyjnego i działalności antropogenicznej. Poziom stężenia fosforanów w wodzie rzek kształtuje gospodarka wodno-

ściekowa zlewni. Wielkość stężenia azotanów jest uwarunkowana czynnikami naturalnymi (opady, okres wegetacji roślin). Niskie przepływy, retencyjność kanału ciek, stan rozwoju roślinności zwiększa możliwość wiązania tych substancji. Analizując zmienność stężenia biogenów w wodzie zaobserwowano, że ich najniższe stężenie występowało latem, kiedy rośliny intensywnie pobierają składniki pokarmowe, co zbieżne jest z wynikami innych autorów (Hajduk, Banasik 2008, Kiryłuk, Wiater, 2002, Siemieniuk 2009, Szczykowska i Siemieniuk 2009).

4. Podsumowanie

Na podstawie uzyskanych wyników badań laboratoryjnych dotyczących wpływu ścieków oczyszczonych odprowadzanych z ZPM „JBB” w Łysych do kanału Kaczor, na jakość wody tego ciek, zaobserwowano, że wartość oraz stężenie poszczególnych parametrów jakościowych istotnie zależała od punktu poboru prób oraz nieznacznie od pory roku. Nie odnotowano wyraźnego pogorszenia jakości wody na stanowiskach zlokalizowanych po zrzucie oczyszczonych ścieków z zakładu mięsnego. Analizy wykazały, że woda kanału Kaczor odpowiadała I klasie jakości, dla takich parametrów jak: tlen rozpuszczony, azot ogólny. Natomiast ze względu na wysokie wartości ChZT oraz podwyższone stężenie fosforu, należy zaliczyć ją do II klasy czystości. Obserwując zmienność parametrów w trakcie jednego roku stwierdzono, że stężenie wszystkich wskaźników zanieczyszczeń w oczyszczonych ściekach w poszczególnych miesiącach, nie przekroczyło dopuszczalnych wartości wymienionych w pozwoleniu wodno-prawnym dla tej oczyszczalni.

Literatura

- Carpenter, S.R. (2008). Phosphorus control is critical to mitigating eutrophication. *Proceedings of the National Academy of Science*, 105, 11039-11040.
- Fraterrigo, J.M., Downing, J.A. (2002). The influence of land use on lake nutrients varies with watershed transport capacity. *Ecosystems*, DOI:10.1007/s10021-008-9176-6.
- Hajduk, L., Banasik, K. (2008). Zmienność i stężenia fosforu w górnej części zlewni rzeki Zagóźanki. *Przegląd naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska XVII*, 4(45), 57-63.

- Jachniak, E. (2013). Związki biogenne a proces eutrofizacji wód Goczalkowickiego zbiornika wodnego. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, PAN, Oddział w Krakowie 3/III, 31-48.
- Jorgensen, S.E. (2001). Water quality. The impact of eutrophication. *Lake and Reservoir*, 3, 15-18.
- Kiryłuk, A. (2013). Wpływ robót konserwacyjnych na gatunki roślin w rowach melioracyjnych na pobagiennym obiekcie łąkowym. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 62, 374-381.
- Kiryłuk, A., Wiater, J. (2002). Monitoring wód gruntowych i powierzchniowych na zmeliorowanym i różnie użytkowanym obiekcie łągarskim. *Rocz. AR Poznań 342 Melior. Inz. Środ.* 23, 193-199.
- Kiryłuk, A., Wiater, J. (2004). Stężenie składników pokarmowych w wodach odpływających z ekstensywnych ekosystemów łąkowych. *Woda-Środowisko-Obszary wiejskie*, 4, 2a(11), 445-453.
- Koster, T. (2001). The productivity and nutrient cycle of natural grasslands. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 48, 265-274.
- Królak, E., Korycińska M., Diadik K., Gudzik S. (2011). Czy lokalne oczyszczalnie ścieków wpływają na jakość wód w ich odbiornikach. *Ochrona środowiska i zasobów naturalnych*, 48, 343-352.
- Kubicki, M. Niewiadomska, U. (1999). Minimalizacja ilości ścieków i ich zanieczyszczenia w zakładach mięsnych. *Gospodarka Mięsna*, 2(19), 44-50.
- Kurek, Z. (2004). Jakość wód rzeki Biała na tle warunków sanitarnych środowiska wiejskiego. *Woda-Środowisko-Obszary wiejskie*, 4, 2a (11): 409-428.
- Mainstone, C.P., Parr, W. (2002). Phosphorus in rivers –Ecology and Management. *The science of the Total Environment*, 282-283, 25-47.
- Malińska, K. (2005). *Problemy ochrony środowiska w przedsiębiorstwach przemysłu spożywczego*. www.srodowiskoazdrowie.pl/wpr/Aktualnosc/Czestochowa/Referaty/Malinska.pdf.
- Nawirska, A. Szymański, L. (2002). *Gospodarka wodno-ściekowa w zakładach przemysłu spożywczego*. Wrocław: Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu.
- Oenema, O., Roest, C.W.J. (1998). Nitrogen and phosphorus losses from agriculture into Surface waters; the effect of policies and measures in the Netherlands. *Water Science and Technology*, 37, 19-30.
- Ostrowska, M. (2010). Zmienność stężenia biogenów w wodzie rzeki Mała Panew pod wpływem opadów atmosferycznych i przepływów w rzece. *Problemy Ekologii*, 14(3), 139-143.
- Rafałowska, M. (2008). Ocena zawartości azotanów w wodach powierzchniowych obszaru szczególnie zagrożonego zanieczyszczeniami ze źródeł rolniczych. *Proceedings of EC Opole*, 2(2), 473-478.

- Raub, M. (2009). Zawartość związków azotu i fosforu w wodach gruntowych zlewni użytkowanej rolniczo na przykładzie zlewni rzeki Śliny. *Ochrona środowiska i zasobów naturalnych*, 40, 505-512.
- Sapek, A. (1996). Udział rolnictwa w zanieczyszczeniu wody składnikami nawozowymi. *Zeszyty edukacyjne(1)*, IMUZ, Falenty: 9-34.
- Siemieniuk, A. (2009). Variability of physicochemical parameters in selected retention reservoirs in Podlasie region. *Polish Journal of Environmental Studies, Series of Monographs*, 3, 66-68.
- Szczykowska, J., Siemieniuk, A. (2009). Analiza czynników determinujących jakość wód wybranych zbiorników małej retencji na Podlasiu. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 40, 483-490.
- Tomczak-Wandzel, R. Mędrzycka, K., Matyskiewicz, E. (2004). Podczyszczanie ścieków z zakładów mięsnych metodą filtracji przez złoża torfowo-kredowe. *Gospodarka Mięsna*, 6, 24-27.
- Zhon, A., Tang, H., Wang, D. (2005). Phosphorus adsorption on natural sediments. Modeling and of and sediment composition. *Water Research*, 39, 1245-1254.

The Impact of Treated Wastewater Discharge from MPP on the Quality of Water in a Collection Reservoir on the Szkwa River

Abstract

The aim of the study was to analyze impact of treated wastewater discharged from the MPP on the receiver water quality, which constituted a drainage ditch. In addition, carried out studies were related to verification of water self-purification degree at the 15-km ditch section. The direct receiver of discharged treated domestic and industrial wastewater, rinsing waters from water treatment plant, precipitation and snowmelt waters discharged from facility area is specific drainage ditch that flows into the channel, which is the primary drainage ditch. The final receiver of discharged sewage and water, along the route from outlet and further drainage ditches system, is the river Szkwa.

In order to determine fluctuations in water composition and its physicochemical parameters as well as self-purification degree in drainage ditch and in drainage channel following indications were made: indicators of oxygen (COD, dissolved oxygen), nutrients (total nitrogen, total phosphorus). Samples were collected 3 times in a month, for 10 months period from November 2013 to August 2014. The monitoring of water from the receivers was implemented in six measuring points: one before inflow from sewage treatment facility, four

points were deployed at ditch and canal, while the last point was located before the discharge to river.

The obtained results showed that wastewater discharged from MPP increased the values of COD, nitrogen, phosphorus and decreased dissolved oxygen concentration in water from the outlet of facility specific drainage to ditch inlet drainage canal. On the basis of these indicators, self-purification of water was observed in watercourse on the canal mouth to river Szkwa. Water at the mouth of the River, was qualified to the first class of purity on the basis of dissolved oxygen, total nitrogen, pH and temperature value. Water quality was deteriorated by COD and phosphorus concentration. The concentration of this nutrient comparing to winter and spring seasons was the lowest in summer. Self-purification process was probably impacted by water temperature and correlated with larger absorption of phosphorus by microorganisms present in water as well as by plants in increased vegetation period. Plants growing at the edges were accumulating large amount of nitrogen and phosphorus compounds which resulted in water quality improvement in summer season.

Słowa kluczowe:

oczyszczanie ścieków, przetwórstwo mięsa, związki biogenne, samooczyszczanie

Keywords:

wastewater treatment, meat processing, nutrients, self-purification