

# EFEKTYWNOŚĆ USUWANIA ZANIECZYSZCZEŃ ZE ŚCIEKÓW W OCZYSZCZALNI HYDROFITOWEJ W ZWIERKACH

Katarzyna IGNATOWICZ\*, Joanna OKSIUTA

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono wyniki badań efektywności przydomowej oczyszczalni ścieków ze złożem hydrofitowym w miejscowości Zwierki. W celu określenia efektywności pracy oczyszczalni ścieków pobierano do analizy próbki z poszczególnych jej elementów w latach 2017-2018. Poboru dokonywano z osadnika gnilnego, po złożu hydrofitowym oraz ze stawu tlenowego. Przeanalizowano otrzymane wyniki i ustalono wysoką efektywność usuwania związków organicznych oraz biogenych. Na podstawie badań i otrzymanych wyników stwierdzono dużą skuteczność usuwania związków organicznych określanych jako ChZT i BZT<sub>5</sub>, gdyż nastąpiło zmniejszenie stężenia o 74,19% i 93,80%.

*Słowa kluczowe:* przydomowa oczyszczalnia ścieków, hydrofity, efektywność oczyszczania.

doi: 10.24427/bis-2018-vol9-no3-0002

## 1. Wprowadzenie

Poprawa jakości środowiska przyrodniczego w Polsce przejawia się głównie w racjonalizacji zużycia wody na cele bytowe i przemysłowe, modernizacji i rozbudowie infrastruktury wodno-ściekowej oraz zwiększeniu udziału ścieków oczyszczanych. Istotną kwestią jest przekonanie, że zachowanie naturalnego środowiska wiąże się z traktowaniem zasobów przyrody jako dobra ekonomicznego, co wymusza powstanie i rozwój rynku tych zasobów oraz konieczność prowadzenia rachunku ekonomicznego w zakresie ochrony środowiska przyrodniczego (Biddlestone i Gray, 1991; Nowak, 2014; Puchlik, 2014).

Do najbardziej zaniedbanych obszarów ochrony środowiska w Polsce należy gospodarka ściekowa. Według danych Głównego Urzędu Statystycznego w 2016 roku ludność korzystająca w sieci wodociągowej i kanalizacyjnej wynosiła 96,7% i 91%, natomiast na terenach wiejskich odpowiednio 81% i jedynie 21%. Dostęp mieszkańców terenów wiejskich do sieci wodociągowej jest zdecydowanie wyższy, niż do sieci kanalizacyjnej. Widoczne są dysproporcje między terenami miejskimi i wiejskimi oraz pomiędzy stopniem zwodociągowania i skanalizowania terenów wiejskich (Heidrich i in., 2008; GUS, 2016).

Na terenach nieskanalizowanych przydomowa oczyszczalnia ścieków jest rozwiązaniem zdecydowanie lepszym niż zbiornik bezodpływowy. Przede wszystkim jest to inwestycja tańsza w eksploatacji, ponieważ osady z osadnika są wybierane i wywożone raz na kilka lat,

co znacznie obniża koszty opłaty za wywóz nieczystości. Oczyszczalnie ścieków mają za zadanie ochronę zdrowia i środowiska, a także chronią zasoby czystej wody, która będzie wykorzystana przez przyszłe pokolenia (Sobol, 2016; Wawrentowicz i in., 2016).

Oczyszczalnie hydrofitowe to obiekty, w których do usuwania zanieczyszczeń ze ścieków stosuje się na różnych etapach roślinność wodną lub bagienną, mogą one stanowić interesującą alternatywę dla konwencjonalnych rozwiązań gospodarki ściekowej na terenach o rozproszonej zabudowie (Gołąb i in., 2012; Obarska-Pempkowiak i in., 2012; Jawecki i in., 2016).

## 2. Obiekt badań

Gmina Zabłudów, w której jest położona miejscowość Zwierki posiada powierzchnię prawie 44 tysięcy ha i jest zamieszkiwana przez 9219 osoby. Ludność korzystająca z wodociągu w 2016 roku stanowiła około 59% oraz natomiast z kanalizacji korzystało jedynie około 24% ludności (GUS, 2016). Przydomowa oczyszczalnia ścieków obsługuje żeński monastyr, zamieszkiwany przez około 35-40 osób. Oczyszczalnia zbudowana została w 2011 roku, oczyszcza ścieki w ilości około 4 m<sup>3</sup>/d. Schemat blokowy oczyszczalni ścieków z zaznaczonymi miejscami poboru przedstawiono na rysunku 1.



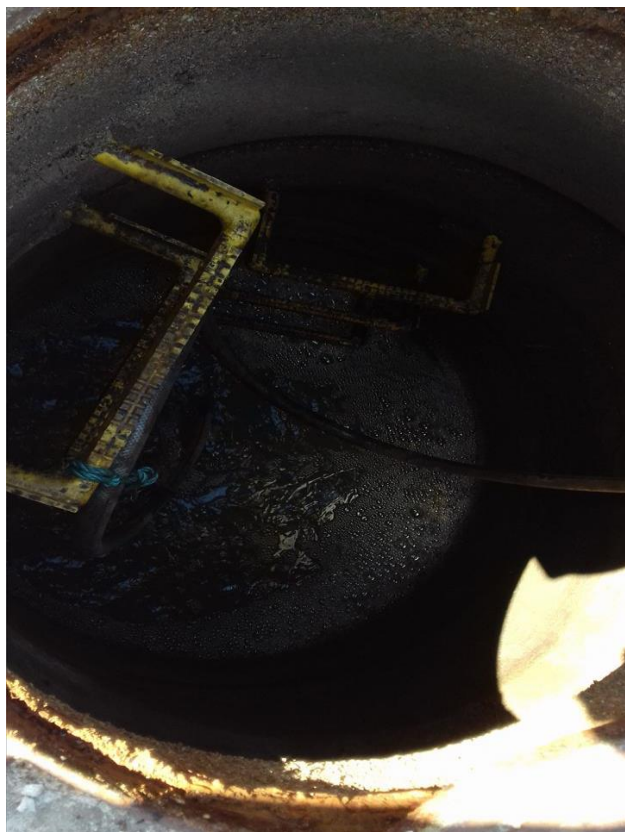
Rys. 1. Schemat oczyszczalni hydrofitowej: 1 – osadnik gnilny, 2 – złożo hydrofitowe, 3 – staw doczyszczający

\* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: k.ignatowicz@pb.edu.pl

W skład oczyszczalni wchodzi: dwukomorowy osadnik gnilnego, studnia napowietrzana, przepompownia ścieków, złożo hydrofitowe oraz staw doczyszczający. Ścieki przepływają grawitacyjnie z klasztoru do dwukomorowego osadnika gnilnego (rys. 2). Wykorzystane zostały stare zbiorniki bezodpływowe z prefabrykatów betonowych o średnicy 1,5 m oraz głębokości 3 m każdy. Czas zatrzymania ścieków w osadniku wynosi 3 doby, w tym czasie odbywa się proces podczyszczania zatrzymanych ścieków oraz fermentacji. Częstki zanieczyszczeń rozkładane są na substancje rozpuszczalne w wodzie oraz nierozpuszczalne substancje mineralne, które odkładają się na dnie osadnika. W warunkach beztlenowych zachodzi fermentacja zgromadzonego na dnie zbiornika osadu. W dalszym etapie ścieki przepływają przez studnię z dyfuzorem (rys. 3), której zadaniem jest zabezpieczenie ścieków przed zagniwaniem. Studnia ma średnicę 1,2 m oraz głębokość 2,5 m. Na dnie studni znajduje się dmuchawa membranowa o wydajności 60 l/min, o mocy 60 W. Ścieki znajdują się 1,5 m nad dyfuzorem. Wewnątrz studni odbywa się napowietrzanie drobno-pęcherzykowe. Tlen podawany jest w ilości około 3 m<sup>3</sup>/d. Napowietrzanie ścieków pozwala dodatkowo uniknąć wydzielania nieprzyjemnego zapachu podczas rozprowadzania ścieków na złożo, a w okresie zimowym zabezpiecza przed spadkiem temperatury ścieków w komorze.



Rys. 3. Studnia z dyfuzorem



Rys. 2. Osadnik gnilny

W kolejnym etapie napowietrzane ścieki przepływają do przepompowni, skąd są tłoczone na złożo hydrofitowe (rys. 4). Przepompownia ma wymiary 1,2 m średnicy i 4 m głębokości. Ścieki tłoczone są przy pomocy pompy EBARA (parametry: 1,5 kW, zasilanie 220 V, 1-fazowa). Pompa łączy się, gdy zostanie osiągnięty zadany poziom ścieków w studni.

Złożo hydrofitowe ma szerokość 9 m i długość 12 m jego powierzchnia to 108 m<sup>2</sup>. Zbudowane zostało w systemie z powierzchniowym pionowym przepływem ścieków. Na powierzchni złoża ułożony został drenaż rozprowadzający ścieki. Rurki drenażowe mają średnicę 50 mm i są rozmieszczone na całej powierzchni złoża, co 1 m. W każdej z rurek wywiercone zostały otwory o średnicy 8mm, rozmieszczone co 1 m. Złożo zasiedlone zostało głównie trzciną pospolitą, a także innymi roślinami wodolubnymi (rys. 5). Ścieki przepływające przez złożo i strefę korzeniową roślin są oczyszczane mechanicznie i biologicznie. Od dołu wypełnienie złoża stanowi: żwir płukany o średnicy 8-16 mm, grubość warstwy 20 cm, piasek płukany o średnicy 0,5-2 mm, grubość warstwy 60 cm oraz żwir płukany o średnicy 8-16 mm, grubość warstwy 20 cm. Pod warstwami złoża ułożony jest drenaż zbierający, zbudowany z rurek o średnicy 100 mm, ułożonych w grzebień. Pod drenażem znajduje się uszczelnienie złoża, w postaci bentonitu, które zabezpiecza grunt pod złożem. Oczyszczone ścieki są odprowadzone do stawu znajdującego się na terenie działki obok złoża hydrofitowego (rys. 6).



Rys. 4. Złoże hydrofitowe w okresie wiosennym



Rys. 5. Złoże zasiedlone roślinami



Rys. 6. Staw doczyszczający

### 3. Metodyka badań

W celu określenia efektywności pracy oczyszczalni pobierano próbki ścieków z poszczególnych jej elementów w latach 2017-2018. Każdorazowo poboru ścieków dokonywano z osadnika gnilnego, po złożu hydrofitowym oraz ze stawu. Pobór, utrwalenie oraz analizę próbek przeprowadzono zgodnie z przyjętymi i stosowanymi normami w laboratorium Katedry Technologii i Systemów Inżynierii Środowiska Politechniki Białostockiej. Pobrane próbki ścieków zaraz po pobraniu poddawano filtracji. W filtracji każdorazowo oznaczano zgodnie z obowiązującą metodyką:

- ChZT<sub>Cr</sub> – metodą dwuchromianową według PN-ISO 15705:2005 *Jakość wody. Oznaczanie indeksu chemicznego zapotrzebowania tlenu (SP-ChZT). Metoda zminiaturyzowana z zastosowaniem szczelnych probówek*,
- BZT<sub>5</sub> – metodą manometryczną systemem OxiTop Standard,
- N-NH<sub>4</sub> – metodą spektrofotometryczną według PN-ISO 7150-1:2002 *Jakość wody. Oznaczanie azotu amonowego. Część 1: Manualna metoda spektrometryczna*,
- N-NO<sub>3</sub> – metodą spektrofotometryczną według PN-82/C-04576-08 *Woda i ścieki. Badania zawartości związków azotu. Oznaczanie azotu azotanowego metodą kolorymetryczną z salicylanem sodowym*,

- P-PO<sub>4</sub> – metodą spektrofotometryczną według PN-EN ISO 6878:2006 *Jakość wody. Oznaczanie fosforu. Metoda spektrometryczna z molibdenianem amonu*,
- Odczyn – metodą elektrochemiczną według PN-EN 25813:1997 *Jakość wody. Oznaczanie tlenu rozpuszczonego. Metoda jodometryczna*,
- Przewodność – metodą elektrochemiczną według PN-EN 25813:1997,
- Tlen rozpuszczony – metodą elektrochemiczną według PN-EN 25813:1997.

### 4. Wyniki badań

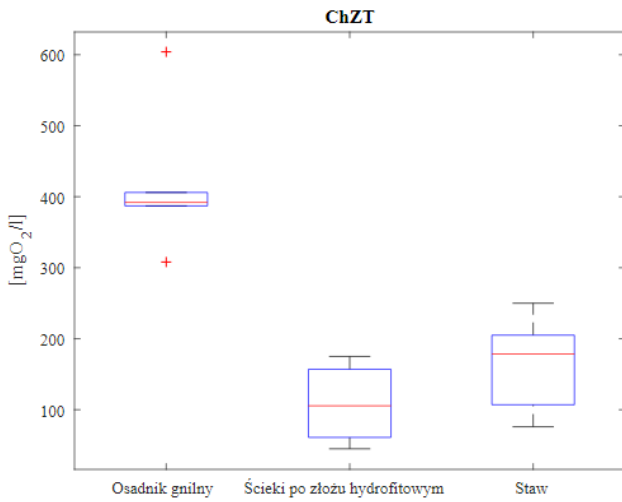
Wyniki badań ścieków próbek pobieranych z przydomowej oczyszczalni ścieków w Zwierkach umieszczono w tabeli 1 oraz na rysunkach 8-17. Wyniki wszystkich serii badań, dla każdego z parametrów zestawiono ze sobą wyznaczając wartości minimalne, maksymalne, średnią, a także odchylenie standardowe. Na podstawie wartości średnich analizowanych składników i wskaźników zanieczyszczeń w ściekach dopływających i odpływających określano efektywność usuwania zanieczyszczeń. Następnie określona została skuteczność oczyszczania w całej oczyszczalni, zgodnie ze wzorem:

$$\eta = 100 \cdot \left( 1 - \frac{C_{ODP}}{C_{DOP}} \right) \quad [\%] \quad (1)$$

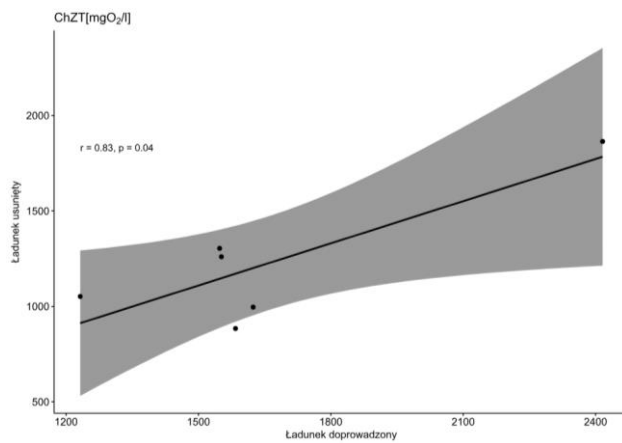
Tab.1. Wyniki badań próbek pobranych w przydomowej oczyszczalni ścieków

Badany parametr	Miejsce pobrania próbki		
	Osadnik gnilny	Ścieki oczyszczone w złożu hydrofitowym	Staw doczyszczający
ChZT	<u>308-604</u>	<u>45,00-175,00</u>	<u>76,00-250,00</u>
[mgO <sub>2</sub> /l]	414,83 ±99,12	108,17 ±55,12	176,33 ± 57,75
BZT <sub>5</sub>	<u>100,00-270,00</u>	<u>2,00-20,00</u>	<u>4,00-45,00</u>
[mgO <sub>2</sub> /l]	173,33 ±55,02	11,17 ±6,79	25,67 ± 15,25
Azotany	<u>0,00-6,80</u>	<u>3,50-25,00</u>	<u>4,70-41,20</u>
[mgN/l]	2,34 ±2,45	15,83 ±9,50	23,63 ±12,36
Azot amonowy	<u>52,25-73,80</u>	<u>2,00-13,90</u>	<u>2,40-8,10</u>
[mgN/l]	62,52 ±7,98	7,37 ±4,86	6,47 ±2,12
Fosforany	<u>9,30-56,50</u>	<u>0,65-46,50</u>	<u>4,20-38,30</u>
[mgP/l]	22,17 ±17,80	11,07 ±17,52	11,55 ±/13,22
pH	<u>7,00-8,03</u>	<u>6,30 -7,57</u>	<u>8,10-9,29</u>
Przewodność elektrolityczna	<u>1436-1631</u>	<u>1240-1506</u>	<u>1097-1402</u>
[μS/cm]	1524,50 ±79,63	1404,50 ± 96,56	1197,67 ±11,29
Potencjał redoks	<u>-382-82,5</u>	<u>-23,70-121,8</u>	<u>-10,30-95,80</u>
[mV]	- 244,80 ± 170,61	63,37 ±63,03	57,55 ±44,89
Tlen rozpuszczony	<u>0,14-14,00</u>	<u>3,80-5,88</u>	<u>9,53-15,29</u>
[mg/l]	2,55 ±5,61	5,01 ±0,74	12,40 ±1,86

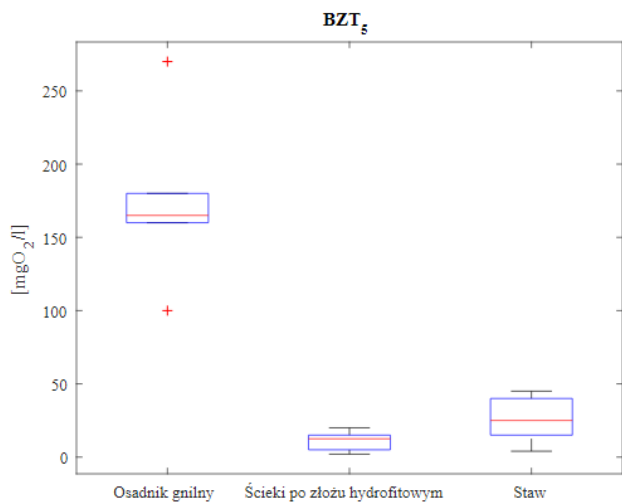
Objaśnienia: minimum-maksimum; średnia ±odchylenie standardowe.



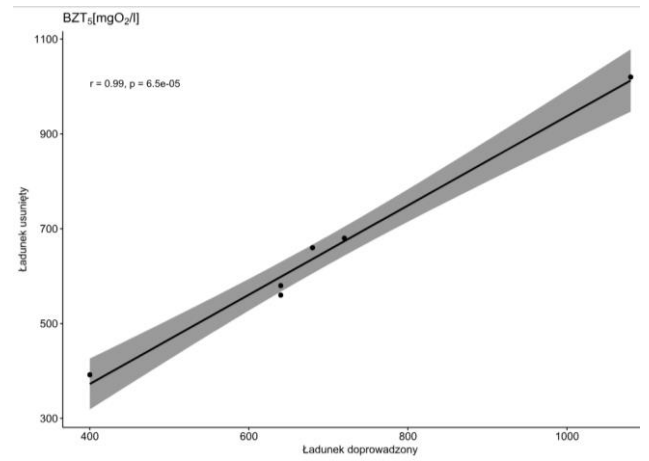
Rys. 8. Zmiany zawartości związków organicznych określanych jako ChZT w ściekach podczas procesu oczyszczania



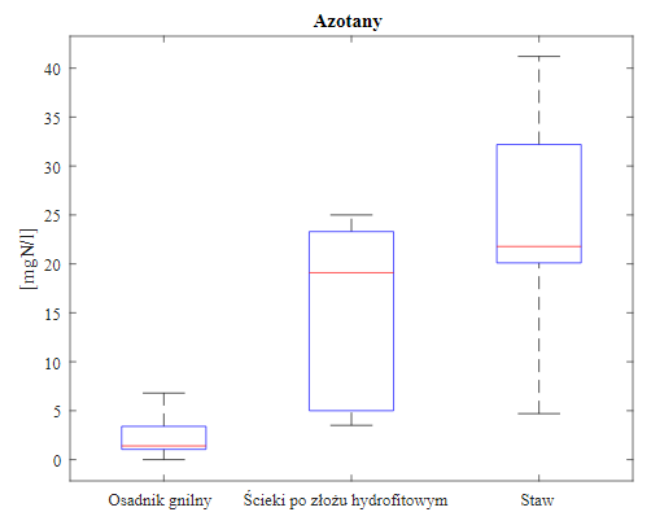
Rys. 9. Zależność między wielkością ładunku doprowadzonego a usuniętego substancji organicznej określanej jako ChZT



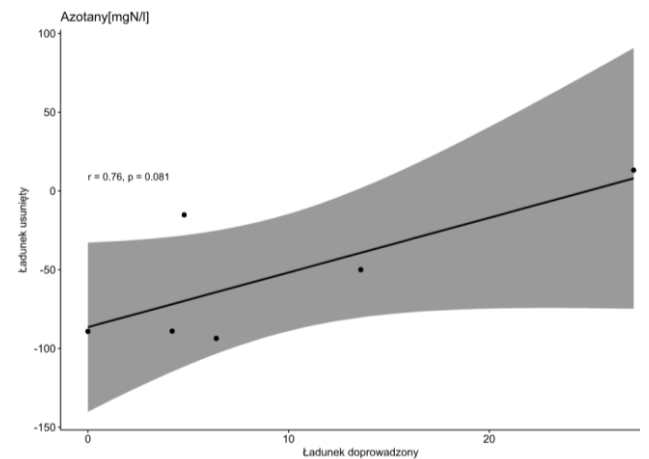
Rys. 10. Zmiany zawartości związków organicznych określanych jako BZT<sub>5</sub> w ściekach podczas procesu oczyszczania



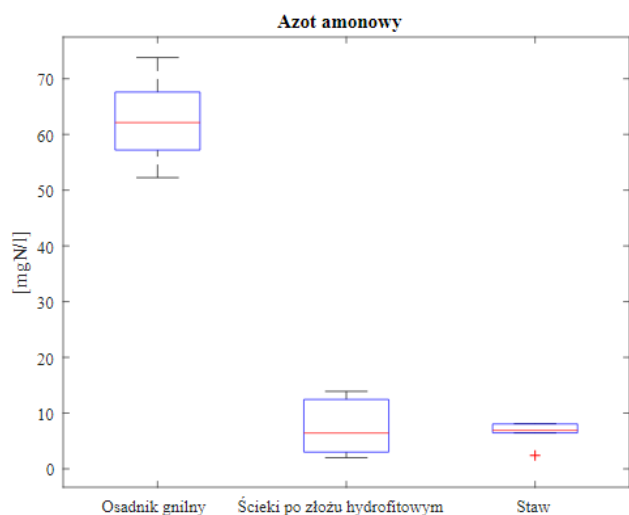
Rys. 11. Zależność między wielkością ładunku doprowadzonego a usuniętego substancji organicznej określanej jako BZT



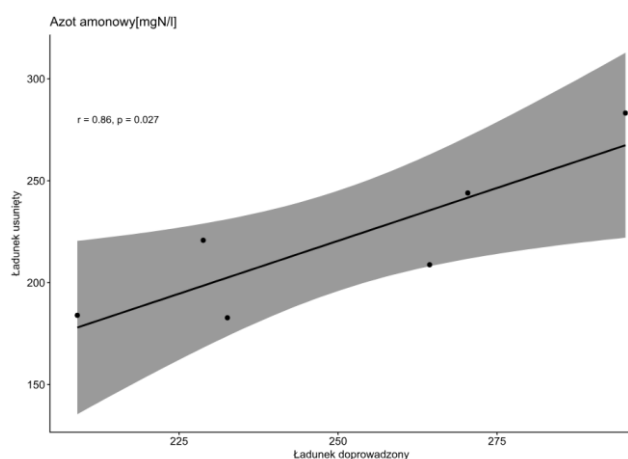
Rys. 12. Zmiany stężenia azotanów w ściekach



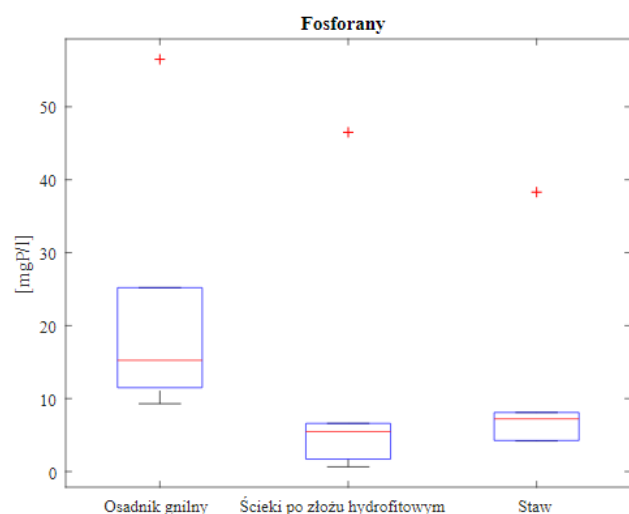
Rys. 13. Zależność między wielkością ładunku doprowadzonego a usuniętego azotu azotanowego



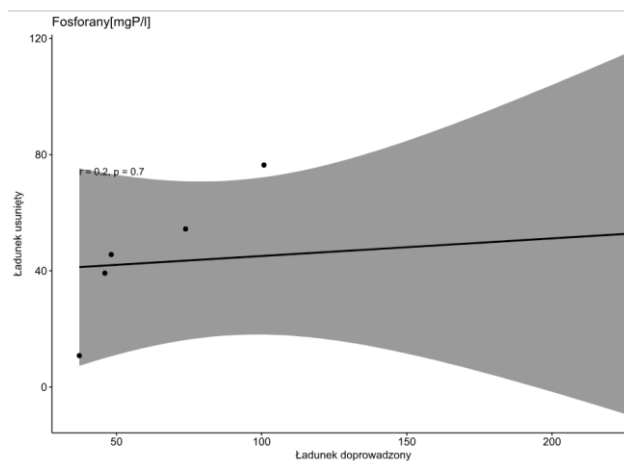
Rys. 14. Zmiany stężenia azotu amonowego w ściekach



Rys. 15. Zależność między wielkością ładunku doprowadzonego a usuniętego azotu amonowego



Rys. 16. Zmiany stężenia fosforanów (V) w ściekach podczas procesu oczyszczania



Rys. 17. Zależność między wielkością ładunku doprowadzonego a usuniętego fosforanów

W ściekach surowych dopływających do osadnika gnilnego ilość zanieczyszczeń określanych jako ChZT wynosiła średnio 414,8 mgO<sub>2</sub>/l, zaś BZT<sub>5</sub> 173,3 mgO<sub>2</sub>/l. ChZT chemiczne zapotrzebowanie tlenu określa ilość tlenu potrzebną do chemicznego utlenienia związków organicznych bez udziału mikroorganizmów. Wskaźnik ChZT pozwala na określenie zanieczyszczenia ogólnego związkami pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. BZT<sub>5</sub> zaś określa ilość tlenu zużywanego przez mikroorganizmy do utleniania w określonym czasie substancji organicznych i niektórych zawartych w ściekach nieorganicznych. Usuwanie zanieczyszczeń odbywa się w warunkach tlenowych oraz beztlenowych, w wyniku działalności mikroorganizmów, pobierających ze ścieków substancje pokarmowe (Karamus, 2017). Iloraz ChZT/BZT<sub>5</sub> wskazuje na fakt, iż ścieki są biodegradowalne. W osadniku panują warunki beztlenowe, w których związki organiczne ulegają rozkładowi, sedymentacji oraz pobieraniu substancji pokarmowych przez mikroorganizmy.

W złożu hydrofitowym zachodzi dalszy rozkład substancji organicznych. Większość zanieczyszczeń jest rozkładana i pochłaniana przez mikroorganizmy, z kolei głównym zadaniem roślin jest dostarczenie do złoża tlenu. Na skutek panujących w złożu warunków tlenowo, niedotlenionych i beztlenowych nastąpiło zmniejszenie stężenia substancji organicznych. Ilość związków organicznych określanych jako ChZT i BZT<sub>5</sub> zmniejszyła się kolejno o 74,19% i 93,80%. Natomiast w stawie doczyszczającym nie stwierdzono dalszego ubytku substancji organicznych. Wysoki procentowy efekt oczyszczania dla BZT<sub>5</sub>, jak i ChZT świadczy o prawidłowym przebiegu oczyszczania ścieków z zanieczyszczeń organicznych (Ignatowicz i Smyk, 2014).

W osadniku gnilnym panują warunki beztlenowe, zachodzą tu procesy denitryfikacji i amonifikacji. Związki azotu występują w zanieczyszczeniach organicznych. Azot amonowy w ściekach jest produktem aktywności mikroflory prowadzącej biochemiczny rozkład związków białkowych- kwasów aminowych, w warunkach tlenowych i beztlenowych. W ściekach pochodzących z gospodarstw domowych źródłem amoniaku jest mocznik. Azotany oraz

azotyny są to kolejne produkty biochemicznego utleniania amoniaku w warunkach tlenowych. Usuwanie azotu organicznego zachodzi podczas procesu sedymentacji, jednak większa jego część jako azot amonowy zostaje uwolniona. Na złożu mikroorganizmy pobierają rozpuszczone formy azotu, dochodzi również do sorpcji w podłożu. W okresie wegetacyjnym rośliny pobierają i zatrzymują związki azotu. Aby nie trafiły one ponownie do oczyszczanych ścieków, przyrastająca biomasa roślin powinna być systematycznie wykaszana i usuwana (Ignatowicz i Smyk, 2014; Nowak, 2014; Puchlik, 2014). Średnie stężenie azotu amonowego wynosiło 62,52 mgN/l, zaś azotanów V 2,34 mgN/l. Minimalna wartość stężenia azotu amonowego w osadniku gnilnym wynosiła 52,25 mgN/l zaś maksymalna 73,80 mgN/l. W przypadku azotanów V stężenie wahało się od 0 do 6,80 mgN/l. W złożu hydrofitowym następuje intensywny rozwój bakterii nityfikujących, panują tu warunki tlenowo-beztlenowe. Rośliny pobierają związki azotu do przyrostu masy. Dobre natlenienie ścieków, sprzyjające procesowi nityfikacji powoduje usuwanie azotu amonowego, w wyniku przepływu przez złożo obniżenie azotu uległo zmniejszeniu o 87,99%. Wskutek nityfikacji stężenie azotanów V uległo wahaniom od 3,5 do 25,00 mgN/l, przy czym średnia wartość oscylowała w granicy 15,83 mgN/l. Średnia wartość azotu amonowego w złożu wynosiła 7,37 mgN/l, przy czym wartość minimalna wynosiła 2 mgN/l a maksymalna 13,90 mgN/l.

W ściekach surowych stężenie fosforanów ulegało wahaniom od 9,30 do 56,50 mgP/l i wyniosło średnio 22,17 mgP/l. Fosfor występuje w bakteriach, glonach a także innych organizmach roślinnych i zwierzęcych obecnych w ściekach. Ścieki surowe zawierają fosfor w postaci ortofosforanów, polifosforanów, jak też postać organiczną. Dodatkowym źródłem fosforu w ściekach są resztki jedzenia i detergenty. Aby usuwanie fosforanów przebiegało prawidłowo potrzebne są w strefie beztlenowej produkty fermentacji. Za usuwanie związków fosforu w oczyszczalni odpowiedzialne są bakterie fosforowe bytujące w warunkach beztlenowych osadnika gnilnego i mikroorganizmy bytujące w warunkach tlenowo-beztlenowych złoża oraz akumulujące je rośliny porastające złożo. Na złożu hydrofitowym nastąpiło częściowe usuwanie fosforu na skutek sedymentacji, adsorpcji, pobierania przez rośliny oraz procesom mikrobiologicznym. Na tym etapie oczyszczania stężenie fosforu wahało się od 0,65 do 46,50 mgP/l osiągając średnio 11,07 mgP/l. W stawie doczyszczającym wartości te jeszcze uległy obniżeniu oscylując od 4,2 do 38,30 przy średniej 15,55 mgP/l dzięki procesom kumulacji w osadach dennych.

Na rysunkach 9, 11, 13, 15 i 17 przedstawiono zależność między wielkością ładunku doprowadzonego na złożo hydrofitowe a usuniętego substancji organicznej określanej jako ChZT i BZT, azotu azotanowego i amonowego oraz fosforanów. Wykorzystano analizy statystyczne z zastosowaniem programu Statistica 13.1 firmy StatSoft. Obliczenia obejmowały analizę współczynników korelacji Pearsona na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ , których celem było określenie stopnia

liniowych zależności. Stwierdzono, że w badanym zakresie wraz ze wzrostem ładunku doprowadzonego wzrasta wielkość ładunku usuniętego.

## 5. Podsumowanie

W miejscach, gdzie budowa systemów kanalizacyjnych nie przyniosłaby korzyści dla środowiska należy stosować systemy indywidualne. Oczyszczalnie hydrofitowe są doskonałą alternatywą dla tradycyjnych zbiorników bezodpływowych, przede wszystkim jest to inwestycja tańsza w eksploatacji. Ma ona za zadanie ochronę zdrowia, a także zasobów czystej wody (GUS, 2016). Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że w ściekach surowych dopływających do osadnika gnilnego ilość zanieczyszczeń określanych jako ChZT wynosiła średnio 414,8 mgO<sub>2</sub>/l, zaś BZT<sub>5</sub> 173,3 mgO<sub>2</sub>/l. Na skutek panujących w złożu warunków tlenowo, niedotlenionych i beztlenowych nastąpiło zmniejszenie stężenia o 74,19% i 93,80%. substancji organicznych określanej jako ChZT i BZT<sub>5</sub>. W osadniku gnilnym panują warunki beztlenowe, zachodzą tu procesy denityfikacji i amonifikacji. Średnie stężenie azotu amonowego wynosiło 62,52 mgN/l. Minimalna wartość stężenia azotu amonowego w osadniku gnilnym wynosiła 52,25 mgN/l zaś maksymalna 73,80 mgN/l. W złożu hydrofitowym następuje intensywny rozwój bakterii nityfikujących, dobre natlenienie ścieków, sprzyjające procesowi nityfikacji powoduje usuwanie azotu amonowego, w wyniku przepływu przez złożo nastąpiło obniżenie azotu o 87,99%. W ściekach surowych stężenie fosforanów ulegało wahaniom od 9,30 do 56,50 mgP/l i wyniosło średnio 22,17 mgP/l. Na złożu hydrofitowym nastąpiło częściowe usuwanie fosforu na skutek sedymentacji, adsorpcji, pobierania przez rośliny oraz procesom mikrobiologicznym. Na tym etapie oczyszczania ścieków stężenie fosforu uległo zmniejszeniu o 62,7 %.

## Literatura

- Biddlestone A.J, Gray K.R. (1991). A botanical approach to the treatment of wastewater. *Journal and Biotechnology*, Vol. 17, Issue 3, 209-220.
- Gołąb M., Nocoń W., Michalski R. (2012). Hydrobotaniczne oczyszczanie ścieków. *LAB Laboratoria, Aparatura, Badania*, 2012, nr 17, t. 4.
- Heidrich Z., Kalenik M., Podedworna J., Stańko G. (2008). Sanitacja Wsi. *Wydawnictwo Seidel-Przywecki*, Warszawa.
- Ignatowicz K., Smyk J. (2014), Ekologiczne rozwiązanie gospodarki ściekowej i grzewczej w Monasterze w Zwierkach. *Inżynieria ekologiczna*, Vol 40, 7-16 .
- Jawecki B., Marszałek J., Pawęska K., Sobota M., Malczewska B. (2016). Budowa i eksploatacja przydomowej oczyszczalni ścieków w świetle obowiązujących przepisów – część 1. (Construction and operation of household sewage treatment plant in the light of applicable regulations – part 1). *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, II(2), 501-516.

- Karamus Ł. (2017). Oczyszczanie Ścieków i Ich Eksploatacja. *Wydawnictwo i handel książkami „KaBe”*, Krosno.
- Nowak R. (2014). Stan gospodarki ściekowej na terenach wiejskich na przykładzie powiatu koszalińskiego, Koszalin. *Chemik*, Vol. 68, No. 10, 856-861.
- Obarska-Pempkowiak H., Gajewska M., Wojciechowska E., Ostojki A. (2012). Oczyszczalnia w Ogrodzie. Poradnik Jak Zastosować Innowacyjne Rozwiązanie Gospodarki Wodnej i Ściekowej z Wykorzystaniem Systemów Hydrofitowych. *Wydawnictwo Seidel-Przywecki*, Warszawa.
- Puchlik M. (2014). Ocena efektywności przydomowej oczyszczalni hydrofitowej. W: *Interdyscyplinarne Zagadnienia w Inżynierii i Ochronie Środowiska*. Tom 4.
- Sobol A. (2016). Gospodarka przestrzenna a lokalny rozwój zrównoważony. *Ekonomia i środowisko*. *Wydawnictwo Ekonomia i środowisko. Czasopismo Europejskiego stowarzyszenia ekonomistów środowiska i zasobów naturalnych*, Nr 3.
- Wawrentowicz D., Ignatowicz G., Sadowski M. (2016). Prawne aspekty funkcjonowania przydomowych oczyszczalni ścieków *Ekonomia i środowisko. Czasopismo Europejskiego stowarzyszenia ekonomistów środowiska i zasobów naturalnych*. Nr 3, 2016. *Wydawnictwo Ekonomia i środowisko*.
- GUS (2016). <https://bialystok.stat.gov.pl>

#### EVALUATION OF EFFICIENCY OF SEWAGE TREATMENT PLANT IN CONSTRUCTED WETLAND IN ZWIERKI

**Abstract:** The article presents results of research with household sewage treated by constructed wetland system in Zwierki. For effectiveness evaluation of sewage treatment plant sampling events were performed in 2017-2018. The samples were taken from: septic tank, after treatment in vertical flow constructed wetland and from aerobic pond. Efficiency of removal of organic matter as well as biogenic compounds was evaluated. Carried out investigation confirmed high efficiency of organic compounds removal BOD<sub>5</sub> was up to 74,19% and COD up to 93,80%.