

## EKOLOGICZNE ROZWIĄZANIE GOSPODARKI ŚCIEKOWEJ I GRZEWCZEJ W MONASTERZE W ZWIERKACH

Katarzyna Ignatowicz<sup>1</sup>, Joanna Smyk

<sup>1</sup> Katedra Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok, e-mail: k.ignatowicz@pb.edu.pl

### STRESZCZENIE

Przedstawione w pracy badania dotyczą oceny efektywności działania przydomowej oczyszczalni ścieków ze złożem hydrofitowym w Zwierkach. W ściekach pobranych z poszczególnych etapów oczyszczania wykonano analizy BZT<sub>5</sub>, ChZT, form azotu i fosforu. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono dużą skuteczność usuwania BZT<sub>5</sub>, ChZT, azotu amonowego i fosforanów. W pracy zaproponowano także zastosowanie ekologicznego rozwiązania systemu grzewczego oraz redukcję kosztów poprzez modernizację systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej w klasztorze w Zwierkach. Założenie przewiduje wspomaganie procesu przygotowania ciepłej wody użytkowej od kwietnia do września za pomocą systemu solarnego w układzie pośrednim, a tym samym częściowe zastąpienie energii pozyskiwanej ze źródeł konwencjonalnych – w tym przypadku z paliwa jakim jest ekogroszek – energią słoneczną pozyskiwaną przez system solarny.

**Słowa kluczowe:** przydomowa oczyszczalnia ścieków, oczyszczalnia hydrofitowa, proekologiczne systemy grzewcze.

## ECOLOGICAL SEWAGE MANAGEMENT SOLUTION AND HEATING IN THE MONASTERY IN ZWIERKI

### ABSTRACT

The study focused on the effectiveness of household sewage treatment plant in Zwierki. Were tested wastewater from the septic tank, the well with a diffuser, from the well of sludge, wastewater after filtration through filter with plants and the receiver of treated sewage – the pond. Checked the ability to remove a treatment with respect to BOD<sub>5</sub>, COD, ammonia nitrogen, nitrates and phosphates. Based on the results high efficiency removal of BOD<sub>5</sub>, COD, ammonia nitrogen and phosphate. Unfortunately, there was no reduction of nitrates – there has been a significant increase in this ratio from baseline. After comparing the final values to the limit values defined in the Polish legislation, it was found that the test treatment works in accordance with the requirements except for total phosphorus. Proposed reduction of costs through modernization of the domestic hot water in a monastery in Zwierki. The assumption provides support for the process of preparing hot water from April to September, with the solar system in the intermediate system, and thus the partial replacement of energy from conventional sources – in this case, the fuel which is coal – solar energy produced by the solar system.

**Keywords:** wastewater treatment plants, constructed wetland, environmentally friendly heating systems.

## WSTĘP

Na terenach wiejskich problemem jest unieszkodliwianie ścieków odprowadzonych z pojedynczych domów lub ich niewielkich zgrupowań, które nie są podłączone do zbiorczych systemów kanalizacyjnych. Epoka tradycyjnego, najczęściej nieszczelnego szamba powoli odchodzi w zapomnienie. Proekologicznym i ekonomicznym rozwiązaniem pozbywania się nieczystości są przydomowe oczyszczalnie ścieków. W ostatnich latach obserwuje się rozwój oczyszczalni ścieków w systemach symulujących ekosystemy bagienne, tzw. oczyszczalniach hydrofitowych. Spełniają one oczekiwania w zakresie efektywności oczyszczalni ścieków, a funkcjonując na zasadzie intensyfikacji procesów naturalnych, doskonale wkomponują się w istniejący krajobraz [1, 4, 5].

Na terenach wiejskich istnieje również możliwość obniżenia kosztów związanych z systemem grzewczym. Małe zagęszczenie budynków na terenach rolniczych sprawia, że praktycznie niemożliwa jest budowa sieci ciepłowniczej, a ewentualna gazyfikacja jest dość kosztowna. Ogrzewnictwo na tych terenach opiera się na węglu i koksie, jak również na drewnie. Poprzez spalanie towarzyszy przekazywanie produktów tego spalania do powietrza. Dotyczy to głównie takich gazów jak: dwutlenek siarki, tlenki azotu, tlenki i dwutlenki węgla oraz substancji stałych jak lotne popioły (zawierające metale ciężkie np. ołów, cynk, kadm), sadza i żużel. Gazowe i pyłowe substancje, które zostają emitowane do powietrza oddziałują negatywnie w sposób bezpośredni nie tylko na zdrowie ludzi i innych organizmów żywych, ale również w sposób pośredni poprzez pogorszenie stanu wody i gleby. Oprócz tego konwencjonalne paliwa nie jest niewyczerpalne a ich ceny stale rosną, dlatego też wzrasta zainteresowanie odnawialnymi źródłami energii [2, 3].

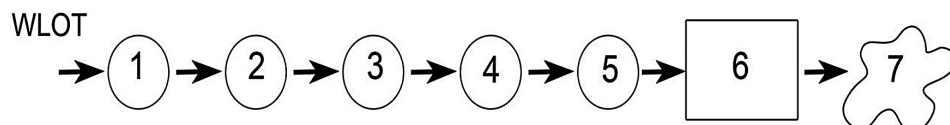
Rynek grzewczy oferuje coraz więcej rozwiązań umożliwiających obniżenie kosztów a zarazem ochronę środowiska poprzez wykorzystanie odnawialnych źródeł energii. Jedną z możliwości jest zastosowanie kolektorów słonecznych, za pomocą których energia słoneczna zamieniana jest na energię ciepłą. Opłacalność ekonomiczna sprawia, że kolektory słoneczne coraz częściej stają się elementem krajobrazu, goszcząc na dachach wielu domów [11].

## TEREN BADAŃ

Wieś Zwierki znajduje się w województwie podlaskim, w powiecie białostockim, w gminie Zabłudów. Według danych w 2012 roku gmina posiadała powierzchnię 33974 ha oraz była zamieszkiwana przez 9158 osoby. Według danych tylko 56,1% ludności korzystała w 2012 roku z wodociągów oraz tylko 21,5% z kanalizacji. [8]

Badana oczyszczalnia ścieków „obsługuje” żeński Monaster Narodzenia Przenajświętszej Bogurodzicy w Białymstoku. Przydomowa oczyszczalnia hydrofitowa została zbudowana w 2011 roku. Dziennie wytwarzane są ścieki w ilości ok. 4 m<sup>3</sup>/d,

pochodzące od około 35–40 osób. Schemat blokowy oczyszczalni ścieków przedstawiono na rysunku 1.



**Rys. 1.** Schemat blokowy oczyszczalni hydrofitowej: 1 – pierwsza komora osadnika gnilnego, 2 – druga komora osadnika gnilnego, 3 – studnia z dyfuzorem napowietrzającym, 4 – komora osadu, 5 – pompownia ścieków, 6 – złożo gruntowo-roślinne, 7 – staw

**Fig. 1.** Block diagram of the constructed wetland: 1 – the first chamber of the septic tank, 2 – the second compartment of the septic tank, 3 – well diffuser aeration, 4 – chamber sludge, 5 – pumping sewage, 6 – filter with soil and plant, 7 – pond

Ścieki przepływają grawitacyjnie z budynku klasztoru do dwukomorowego osadnika gnilnego. Zachodzi w nim podczyszczanie ścieków, czyli oddzielenie ciał stałych i tłuszczu od cieczy oraz proces fermentacji. Po wstępnym podczyszczeniu ścieki przepływają grawitacyjnie do studni z dyfuzorem. Element ten został wybudowany głównie po to, aby ścieki nie zagniwały przed dotarciem do złoża roślinno-gruntowego oraz aby nie wydziślały nieprzyjemnego zapachu po rozproszaniu na złożu. Po napowietrzeniu ścieki przepływają do komory osadu oraz do pompowni ścieków, skąd tłoczone są na złożo hydrofitowe.

Złożo hydrofitowe ma wymiary  $9 \times 12$  metrów. Zbudowane zostało w systemie z powierzchniowym przepływem ścieków (rys. 2). Złożo porasta trzcina oraz inne



**Rys. 2.** Złożo gruntowo roślinne

**Fig. 2.** Filter with soil and plant

rośliny wodolubne. Ścieki przepływające przez złożę i strefę korzeniową roślin są oczyszczane mechanicznie i biologicznie. Oczyszczone ścieki zostają zebrane oraz odprowadzone do stawu znajdującego się na terenie działki.

## MATERIAŁY I METODY BADAŃ

W celu określenia efektywności pracy oczyszczalni pobrano próbki ścieków z poszczególnych jej elementów w okresie od września 2013 do czerwca 2014 roku. Każdorazowo pobierano próbki ścieków z osadnika gnilnego, ze studzienki napowietrzającej, z komory osadu, po złożu hydrofitowym oraz ze stawu. Pobór oraz utrwalenie próbek przeprowadzono zgodnie z normą PN-ISO 5667-14:2004 oraz dokonano pomiarów podstawowych parametrów fizyczno – chemicznych jak i pH w laboratorium katedry Technologii w Inżynierii Środowiska i Ochrony Środowiska Politechniki Białostockiej. W pobranych próbkach ścieków wykonano następujące oznaczenia:

- pH – metodą potencjometryczną wg PN-90/C-04540/01,
- BZT<sub>5</sub> – metodą manometryczną przy użyciu systemu OxiTop Standard firmy WTW GmbH,
- ChZT<sub>Cr</sub> – metodą dwuchromianową wg PN-74/C-04578.03, PN-EN 15705:2005, za pomocą testu kuwetowego firmy Merck. Odczytano na spektrofotometrze Pharo 100,
- N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> – metodą spektrofotometryczną wg PN-ISO 7150-1:2002, za pomocą testów odczynnikowych firmy Merck; Odczytano na spektrofotometrze Pharo 100,
- N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> – metodą spektrofotometryczną wg PN-82/C-04576/08, za pomocą testów odczynnikowych firmy Merck; Odczytano na spektrofotometrze Pharo 100,
- PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> – metodą spektrofotometryczną wg PN-EN ISO 6878:2006 p. 4, za pomocą testów odczynnikowych firmy Merck; Odczytano na spektrofotometrze Pharo 100,
- P<sub>og</sub> – metodą spektrofotometryczną wg PN-EN ISO 6878:2006 za pomocą odczynników formy Merck,
- N<sub>og</sub> – metodą spektrofotometryczną wg PN-EN ISO 6878:2006 za pomocą odczynników formy Merck.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Uśrednione wyniki badań ścieków podano w Tabeli 1. Do oczyszczalni spływają zanieczyszczenia o wskaźniku BZT<sub>5</sub> wynoszącym 240 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> oraz ChZT 419,7 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. W osadniki gnilnym panują warunki beztlenowe. W tych warunkach wartość BZT<sub>5</sub> oraz ChZT zostają obniżone poprzez pobieranie substancji pokarmowych przez mikroorganizmy do rozkładu związków biogenych. Wartość BZT<sub>5</sub> między osadnikiem gnilnym a studnią z dyfuzorem została usunięta w 20,8%, natomiast ChZT została usunięta w 20,1%. Przepływ ścieków przez studnię z dyfuzorem spowodował

**Tabela 1.** Usrednione wyniki badań ścieków

Badany parametr	Miejsce pobrania próbki				
	osadnik gnilny	studzienka napowietrzana	pompownia ścieków	ścieki po złożu hydrofitowym	staw
ChZT [ $\text{mgO}_2/\text{dm}^3$ ]	419,7	335,3	300,0	58,3	79,0
BZT <sub>5</sub> [ $\text{mgO}_2/\text{dm}^3$ ]	240,0	190,0	155,0	3,3	18,7
Azotany [ $\text{mgN}/\text{dm}^3$ ]	0,0	0,3	0,3	27,3	18,3
Azot amonowy [ $\text{mgN}/\text{dm}^3$ ]	52,9	41,5	30,1	0,0	0,0
Azot ogólny [ $\text{mgN}/\text{dm}^3$ ]	136	96	85	10	9
Fosforany [ $\text{mgP}/\text{dm}^3$ ]	9,6	6,6	5,8	2,6	2,1
Fosfor ogólny [ $\text{mgP}/\text{dm}^3$ ]	22,6	17,9	16,4	9,9	7,3
pH	7,22	7,48	7,44	7,05	8,03

dalsze zmniejszenie wartości BZT<sub>5</sub> o 18,4% oraz ChZT o 10,5%. Największe obniżenie wskaźników zaobserwowano podczas przepływu ścieków przez złożo filtracyjne. Wartość BZT<sub>5</sub> między studnią osadu a złożem hydrofitowym została usunięta w 97,8%, natomiast ChZT o 80,6%. Związane jest to z intensywnymi procesami usuwania związków biogenych, w związku z panowaniem w złożu filtracyjnym warunków tlenowo-beztlenowych. W stawie nie stwierdzono dalszej redukcji BZT<sub>5</sub> oraz ChZT, a wręcz przeciwnie nastąpił niewielki wzrost. Całkowite usunięcie substancji organicznej określanej jako BZT<sub>5</sub> wyniosło 98,6%, natomiast ChZT – 86,1%. Wysoki procentowy efekt oczyszczania dla BZT<sub>5</sub>, jak i ChZT świadczy o prawidłowym przebiegu oczyszczania ścieków z zanieczyszczeń organicznych.

W osadniku gnilnym nie zachodzą procesy nityfikacji, gdyż ze względu na brak tlenu, nie rozwijają się bakterie nityfikujące. W studni z dyfuzorem panują warunki tlenowe jak również w komorze osadu. Zachodzą tu procesy nityfikacji, w którym azot amonowy ulega utlenieniu do azotynu a następnie do azotanu. Zawartość azotu amonowego między osadnikiem gnilnym a studnią z dyfuzorem usunięta o 21,4% oraz studnią z dyfuzorem a studnią osadu została usunięta o 27,4%. W osadniku gnilnym nie odnotowano azotanów ze względu na warunki beztlenowe. Pomijalnie małe wielkości zaobserwowano w studni z dyfuzorem oraz komorze osadu.

W złożu hydrofitowym panują warunki tlenowo-beztlenowe dogodne do rozwoju różnorodnych mikroorganizmów. Następuje intensywny rozwój bakterii nityfikujących, jak również rośliny pobierają związki azotu do przyrostu masy. Nastąpiło intensywne usunięcie azotu amonowego do zera po przefiltrowaniu ścieków przez złożo hydrofitowe. Ze względu na intensywną nityfikację, stężenie azotanów rośnie z zera do 27,3  $\text{mgN}/\text{dm}^3$ . W stawie następuje ponowne usunięcie azotanów do 18,3  $\text{mgN}/\text{dm}^3$  spowodowane prawdopodobnie akumulacją tych związków w osadach dennych. Sprzyjające warunki dla procesu nityfikacji (dobre natlenienie ścieków, pH zbliżone do 7), podczas przepływu ścieków przez poszczególne elementy oczyszczalni przyczyniły się do usunięcia azotu amonowego w 100%.

W badanych ściekach surowych zawartość fosforanów wyniosła 9,6 mgP/dm<sup>3</sup>. Aby usuwanie fosforu mogło przebiegać prawidłowo w strefie beztlenowej muszą znajdować się produkty fermentacji. Im większy stosunek BZT<sub>5</sub> do fosforu, tym łatwiej jest biologicznie go usuwać. Niekorzystne natomiast na usuwanie fosforu wpływa występowanie w strefie beztlenowej azotanów, gdyż zużywają produkty fermentacji uniemożliwiając rozwijanie się bakterii fosforowych. Ze względu na to, iż zawartość BZT<sub>5</sub> jest wysoka a stężenie azotanów zerowe, to też stężenie fosforanów między osadnikiem gnilnym a studnią z dyfuzorem zostało usunięte o 30,7%.

W strefie tlenowej, gdzie istnieje rywalizacja o pokarm, bakterie fosforowe korzystają z wcześniej zgromadzonych zapasów. W tej strefie następuje synteza nowych komórek oraz pobór rozpuszczonego fosforu ze ścieków, dlatego też stężenie fosforanów między studnią z dyfuzorem a studnią osadu zostało zmniejszone tylko o 12,1%.

W złożu roślinno-gruntowym panują warunki tlenowo-beztlenowe. Rośliny te posiadają tkankę powietrzną, która umożliwia dostarczanie tlenu do znajdujących się korzeni. W ten sposób powstaje ogromna ilość niewielkich stref tlenowych i beztlenowych zamieszkiwanych przez różnego typu mikroorganizmy. Ich różnorodność powoduje, że procesy rozkładu zachodzą obok siebie w procesach tlenowych i beztlenowych powodując sprawne usuwanie fosforu. Większość zanieczyszczeń jest rozkładana i pochłaniana przez mikroorganizmy, z kolei głównym zadaniem roślin jest dostarczenie do złoża tlenu. Dzięki temu fosfor został usunięty o 55,4% między studnią osadu nadmiernego a złożem hydrofitowym.

Usunięcie fosforu między złożem hydrofitowym a stawem wyniosło 17,9%. Związane to być może z akumulacją związków fosforu w osadach dennych. Osad spełnia bowiem rolę czynnika buforującego w gospodarce związkami fosforu w środowisku wodnym. Usunięcie fosforu między osadnikiem gnilnym a ściekami oczyszczonymi wyniosło 72,8%.

Z powyższych analiz wynika, iż wszystkie badane parametry w ściekach oczyszczonych z wyjątkiem fosforu ogólnego zawierają się w dopuszczalnych wartościach podanych przez Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 r. w sprawie warunków jakie należy spełnić przy wprowadzeniu ścieków do wód lub ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego [7]. Zarówno minimalny stopień redukcji jak i najwyższa dopuszczalna wartość w ściekach oczyszczonych zostały uzyskane. Niewystarczający stopień usuwania fosforu może być spowodowany występowaniem dużej ilości azotanów w strefie beztlenowej złoża gruntowo-roślinnego przez co dominują bakterie denitryfikacyjne zużywając produkty fermentacji uniemożliwiając rozwijanie się bakterii fosforowych.

## **PROPOZYCJA MODERNIZACJI SYSTEMU PODGRZEWU C.W.U.**

Istniejąca kotłownia obsługująca zespół budynków monasteru w Zwierkach zlokalizowana jest na parterze budynku gospodarczego. Wyposażona jest w dwa kotły

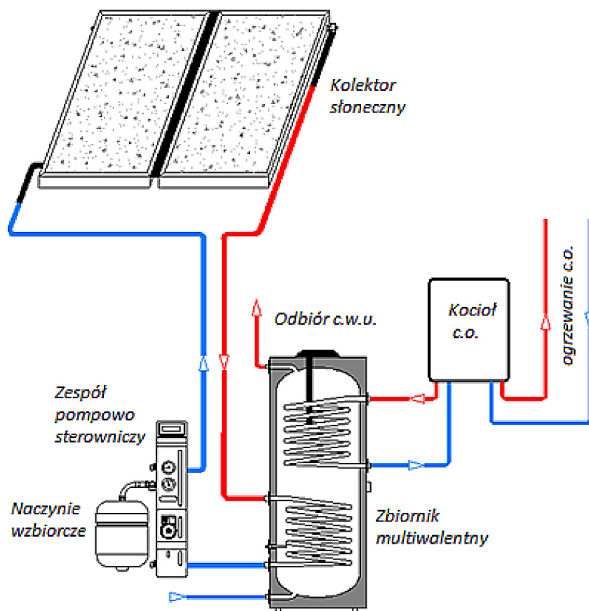
wodne c.o. Heitz ECO 90 o mocy grzewczej 50–120 kW oraz Heitz Eko 2-50 o mocy grzewczej 25–50 kW. Oba kotły zasilane są ekogroszkiem. Kotłownia zaprojektowana była na zapotrzebowanie na cele c.o. wynoszącym 74054 W. Ciepła woda użytkowa na potrzeby użytkowników przygotowywana jest w zbiorniku Smart Multi Energy Me 680, o pojemności 682 dm<sup>3</sup> firmy ACV Poland. Kotłownia zaprojektowana była na zapotrzebowanie na cele c.w.u wynoszącym 20 kW.

Proponowanym rozwiązaniem jest redukcja kosztów, która zostałaby uzyskana w efekcie zastosowania systemu odnawialnych źródeł energii opartego na zespole kolektorów słonecznych. Założenie przewiduje wspomaganie procesu przygotowania ciepłej wody użytkowej od kwietnia do września za pomocą systemu solarnego w układzie pośrednim, a tym samym częściowe zastąpienie energii pozyskiwanej ze źródeł konwencjonalnych – w tym przypadku z paliwa jakim jest ekogroszek – energią słoneczną pozyskiwaną przez system solarny. Wybór takiego rozwiązania jest spowodowany zwiększonym poborem ciepłej wody użytkowej w sezonie wiosenno-jesiennym ze względu na odbywające się pielgrzymki wraz z noclegami.

Pozyskana energia będzie wykorzystywana do podgrzewania wody zgromadzonej w istniejącym zbiorniku Smart Multi Energy Me 680. Jest to zbiornik multiwalentny, który jest kombinacją zbiornika buforowego ze zbiornikiem podgrzewającym wodę. Wymiennik ten jest przeznaczony do współpracy z różnymi źródłami energii, także z kolektorami słonecznym – istnieje możliwość podłączenia instalacji solarnej. Wszystkie urządzenia znajdujące się obecnie w kotłowni są w dobrym stanie technicznym, dlatego też nie była by potrzebna przebudowa dotychczasowej instalacji. Na rysunku 3 przedstawiono podstawowy schemat instalacji dla ciepłej wody użytkowej z zastosowaniem kolektorów słonecznych w układzie pośrednim, w którym to obieg cieczy roboczej w kolektorze jest oddzielony od obiegu wody z wymiennikiem ciepła.

Z pośród oferowanych na rynku kolektorów do wyboru są kolektory płaskie i próżniowe. W przypadku propozycji instalacji kolektorów słonecznych w Zwierkach najkorzystniejszym rozwiązaniem będą kolektory płaskie, ze względu na ich pracę poza sezonem zimowym oraz na niższą cenę w stosunku do kolektorów rurowych. Kolektory słoneczne mogłyby być umieszczone na południowej części dachu budynku gospodarczego. Za montażem kolektorów w tym miejscu przemawia odpowiednie ustawienie połaci dachu, duża powierzchnia dachu budynku, kąt nachylenia ok. 40°, stabilność i wytrzymałość konstrukcji dachu, brak w najbliższym otoczeniu drzew i krzewów, które mogłyby zasłaniać powierzchnię kolektorów. Sposób rozmieszczenia i połączenia kolektorów powinien być oparty o wytyczne producenta i ma zapewnić optymalne warunki pracy systemu solarnego.

Przy projektowaniu instalacji podgrzewania ciepłej wody użytkowej podstawowym elementem jest dobór powierzchni kolektorów słonecznych. Należy odnieść się do zapotrzebowania uwarunkowanego ilością osób i przypadającym na osobę zużyciem ciepłej wody użytkowej oraz ilością energii docierającą w danym regionie do kolektora [9].



**Rys. 3.** Schemat podstawowej instalacji ciepłej wody użytkowej z zastosowaniem kolektorów słonecznych w układzie pośrednim

**Fig. 3.** Diagram of the basic installation of hot water using solar thermal system indirect

Innymi elementami instalacji jest pompa cyrkulacyjna, armatura i przewody. W większych instalacjach stosuje się zestawy dwu lub nawet więcej pomp cyrkulacyjnych. Na rynek weszły układy pompowo-sterujące specjalnie przystosowane do układów z kolektorami słonecznymi, które wyposażone są w parę termocujników mierzących temperaturę na wejściu i wyjściu z kolektora. Dzięki temu można dopasować wydajność pompy poprzez elektroniczny układ sterowania [9]. W instalacjach z kolektorami stosuje się typowe uzbrojenie, zabezpieczenie i armaturę czerpalną jak w tradycyjnych instalacjach c.w.u. Aby instalacja działała prawidłowo potrzebne jest właściwe odpowietrzenie. Powietrze w instalacji słonecznej powoduje szумы i jednocześnie zagraża bezpiecznemu przepływowi czynnika roboczego przez kolektor. W celu usunięcia powietrza należy użyć odpowietrznika zamykanego ręcznie lub automatycznego [9].

Kolektor wytwarza ciepło niezależnie od aktualnego zapotrzebowania. Jeżeli pobieranie ciepła nie jest możliwe, instalacja się wyłącza. Prowadzi to przy napromieniowaniu do osiągnięcia najwyższych temperatur oraz ciśnienia. W celu zabezpieczenia instalacji przed przyrostem ciśnienia zastosować należy przeponowe naczynie wzbiorcze [6].

Pozostałymi elementami są zawory odcinające (przelotowe, umożliwiające odcięcie wody w przypadku awarii, a także częściową regulację natężenia przepływu wody), zwrotne (uniemożliwiające przepływ wody w odwrotnym kierunku, a tym



samym zapobiegające wychłodzeniu się nocą wody w zbiorniku) i bezpieczeństwa. Zawór bezpieczeństwa ma za zadanie upuszczenie solarnego czynnika grzewczego z systemu, kiedy zostanie przekroczone maksymalne ciśnienie w instalacji [9].

Instalacje w obiegu solarnych muszą być odporne na temperaturę. Należy przestrzegać zasady, aby w tej samej instalacji zastosować takie same materiały na rury i kolektory, w przeciwnym wypadku nastąpi przyspieszenie korozji. Należy również dążyć aby długość przewodów (rur) w instalacji była jak najmniejsza. Zmniejsza to koszty instalacyjne oraz straty ciepła. W kolektorach niskotemperaturowych pracujących tylko w sezonie letnim dla krótszych odcinków ciepłej wody można nie stosować izolacji termicznej. Pozostałe po sprawdzeniu szczelności połączeń należy owinąć izolacją termiczną o grubości ok 3 cm [6].

Czynnikiem roboczym w instalacji z kolektorem słonecznym może być woda lub wodne roztwory glikolu. Woda jest bardzo dobrym medium roboczym odbierającym ciepło od absorbera kolektora ze względu na jej ogólnodostępność, łatwość w składowaniu, napełnianiu i opróżnianiu. W przypadku kiedy istnieje zagrożenie jej zamarznięcia, a także kiedy pojawiają się problemy z korozją, woda przestaje być dobrym rozwiązaniem. Ze względu na to, że kolektor nie będzie eksploatowany w okresie zimowym i nie zachodzi obawa zamarznięcia, nie ma potrzeby zastosowania wodnych roztworów glikolu, natomiast sprawę zagrożenia korozji można rozwiązać poprzez zastosowanie wody czystej z inhibitorami korozji lub poprzez użycie wody destylowanej [9].

## WNIOSKI

1. Oczyszczalnie hydrofitowe są proekologiczną i ekonomiczną alternatywą dla osadników gnilnych.
2. Na podstawie uzyskanych wyników badań nad oczyszczalnią stwierdzono dużą skuteczność usuwania  $BZT_5$  dochodzącą aż do 98,5% w sezonie letnim oraz skuteczność usuwania  $ChZT$  dochodzącą do 88,5% w sezonie jesiennym.
3. Uzyskano stu procentową skuteczność usuwania azotu amonowego niezależnie od badanego sezonu oraz stu procentową skuteczność usuwanie fosforanów w sezonie wiosennym.
4. Odnotowano wzrost stężenia azotanów – do  $36 \text{ mgN/dm}^3$  w sezonie wiosennym, spowodowane prawdopodobnie intensywną nitryfikacją i spowolnieniem procesów oczyszczania ścieków przez zimę.
5. Końcowe wartości  $BZT_5$ ,  $ChZT$ , azotu ogólnego i fosforu ogólnego zawierają się w dopuszczalnych wartościach podanych przez Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego.

6. Niewystarczający stopień usuwania fosforu może być spowodowany występowaniem dużej ilości azotanów w strefie beztlenowej złoża gruntowo-roślinnego przez co dominują bakterie denitryfikacyjne zużywając produkty fermentacji i uniemożliwiając rozwijanie się bakterii fosforowych.
7. Zastosowanie proponowanych kolektorów słonecznych do wspomaganie procesu przygotowania ciepłej wody przyczyniłoby się do redukcji kosztów oraz ograniczeniu zanieczyszczenia środowiska.

## LITERATURA

1. Burszta-Adamiak E., Kęszycka M., Ryglewska B. 2008. Użytkowe i estetyczne walory oczyszczalni hydrofitowych. Architektura Krajobrazu, nr 2.
2. Chochowski A., Czekalski D. 1999. Słoneczne instalacje grzewcze. Centralny Ośrodek Informacji Budownictwa, Warszawa.
3. Foit H. 2013. Zastosowanie odnawianych źródeł ciepła w ogrzewnictwie i wentylacji, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
4. Heidrich Z., Przydomowe oczyszczalnie ścieków. Poradnik. Centralny Ośrodek Informacji Budownictwa, Warszawa 1998.
5. Obarska-Pempkowiak H., Grajewska M., Wojciechowska E. 2010. Hydrofitowe oczyszczanie wód i ścieków. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
6. Podręcznik architekta, projektanta i instalatora. Kolektory słoneczne. Viessmann [http://www.viessmann.pl/content/dam/internet-pl/strefa\\_projektanta/Poradnik\\_SolarHand-Buch\\_2010\\_08.pdf](http://www.viessmann.pl/content/dam/internet-pl/strefa_projektanta/Poradnik_SolarHand-Buch_2010_08.pdf)
7. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego.
8. Statystyczne Vademecum Samorządowca 2013. Gmina miejsko-wiejska Zabłudów. Urząd Statystyczny w Białymstoku [http://bialystok.stat.gov.pl/vademecum/vademecum\\_podlaskie/portrety\\_gmin/powiat\\_bialostocki/gmina\\_zabludow.pdf](http://bialystok.stat.gov.pl/vademecum/vademecum_podlaskie/portrety_gmin/powiat_bialostocki/gmina_zabludow.pdf)
9. Wiśniewski G., Gołębiowski S., Gryciuk M., Kurowski K., Więcka A. 2008. Kolektory słoneczne. Energia słoneczna w mieszkalnictwie, hotelarstwie i drobnym przemyśle, Dom Wydawniczy Medium, Warszawa.
10. Wnuk R. 2007. Instalacje w domu pasywnym i energooszczędnym. Przewodnik Budowlany.