

*Magdalena Gizińska, Krzysztof Józwiakowski, Michał Marzec, Aneta Pytka*

**PROBLEMY BUDOWY I ROZRUCHU  
GRUNTOWO-ROŚLINNYCH OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW  
BEZ NASADZENIA ROŚLINNOŚCI  
NA PRZYKŁADZIE OBIEKTU W SKORCZYCACH**

**THE PROBLEMS OF CONSTRUCTION  
AND COMMISSIONING OF CONSTRUCTED WETLAND  
WASTEWATER TREATMENT PLANT WITHOUT  
PLANTS ON THE EXAMPLE OF OBJECT  
IN SKORCZYCE**

**Streszczenie**

W pracy przedstawiono zagadnienia dotyczące budowy i rozruchu gruntowo-roślinnych oczyszczalni ścieków na przykładzie obiektu, który powstał w 2011 roku w miejscowości Skorzycze (woj. lubelskie). Stwierdzono, że koszty budowy tego typu oczyszczalni zwracają się po około 5 latach eksploatacji. Obliczono, że koszty materiałów stanowiły 65% całkowitych kosztów inwestycyjnych poniesionych na instalację obiektu. Pozostałą część (około 35%) stanowiły koszty usług, związanych z zaprojektowaniem i wykonaniem oczyszczalni oraz z nadzorem nad jej budową i rozruchem. W pierwszych miesiącach pracy oczyszczalni stwierdzono ponad 95% efektywność eliminacji zanieczyszczeń organicznych (BZT<sub>5</sub> i ChZT) oraz usuwania zawiesin ogólnych. Najkorzystniejsze warunki do usuwania zanieczyszczeń zaobserwowano w pierwszym złożu z pionowym przepływem. W okresie rozruchu oczyszczalni średnia skuteczność usuwania fosforu ogólnego wynosiła 84%, a azotu ogólnego nie przekraczała 42%, co może wynikać z niedostatecznego wytworzenia się błony biologicznej i niekorzystnych warunków do prawidłowego przebiegu procesów nitryfikacji i denitryfikacji.

**Słowa kluczowe:** oczyszczalnie gruntowo-roślinne, systemy hybrydowe, ścieki, budowa oczyszczalni

### Summary

*The paper presents issues concerning the construction and commissioning of a constructed wetland wastewater treatment plant on the example of an object, which was established in 2011 in the village Skorczyce (Lublin province). It was found that the costs of constructing this type of treatment plant pay for itself after about 5 years of operation. Calculated that the cost of materials accounted for 65% of the total investment costs incurred for the installation of the object. The remainder (about 35%) were the costs of services relating to the design and implementation of treatment plant and supervision of its construction and commissioning. In the first months of treatment plant operation was over 95% efficiency of the elimination of organic pollutants (BOD5 and COD) and total suspended solids removal. Optimum conditions for removal of pollutants were observed in the first bed with vertical flow. During start-up treatment plant the average total phosphorus removal efficiency was 84% and total nitrogen did not exceed 42%, which may be due to inadequate formation of biological membranes and unfavorable conditions for the normal processes of nitrification and denitrification.*

**Key words:** *constructed wetlands, hybrid systems, sewage, construction of wastewater treatment plant*

### WSTĘP

W ostatnich latach w Polsce wzrasta zainteresowanie budową przydomowych oczyszczalni ścieków, gdyż ze względu na rozproszoną zabudowę nie wszystkie miejscowości mogą być podłączone do sieci kanalizacyjnej i oczyszczalni zbiorczej. W większości gospodarstw domowych nadal powszechnie stosuje się jednak zbiorniki bezodpływowe tzw. szamba, które często są nieszczelne, przez co stwarzają ogromne zagrożenie dla środowiska [Sikorski 1998, Siemieniec, Krzanowski 2000]. Istotny jest jednak fakt, że ich liczba stopniowo spada. W 2009 r. w Polsce zarejestrowano 2433 tys. zbiorników bezodpływowych, podczas gdy w 2010 r. – 2407 tys. [GUS 2011]. Jednocześnie w latach tych odnotowano wzrost liczby przydomowych oczyszczalni ścieków, z około 62 tys. w 2009 r. do około 92 tys. w 2010 r. [GUS 2011].

W Polsce zazwyczaj budowane są oczyszczalnie przydomowe oparte na zastosowaniu komór z osadem czynnym, złóż biologicznych, drenażu rozsączającego oraz oczyszczalnie hydrofitowe [Krzanowski, Wałęga 2007]. Wybór odpowiedniego systemu oczyszczania zależy nie tylko od decyzji inwestora oraz od posiadanych środków finansowych, ale również od ograniczeń prawnych i technicznych związanych z budową obiektu. Lokalizacja poszczególnych elementów oczyszczalni przydomowej powinna uwzględniać wymagania, określone w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”, a dotyczące m.in. odległości od budynków mieszkalnych,

studni, granic działki i drzew itp. Ważnym kryterium w doborze właściwego rozwiązania technologicznego jest ponadto liczba mieszkańców, na podstawie której określa się ilość ścieków dopływających do oczyszczalni, możliwość odprowadzenia ścieków oczyszczonych, a także niezawodność działania oraz prostota i łatwość obsługi [Mucha, Mikosz 2009].

W przydomowych oczyszczalniach ścieków pierwszym elementem powinien być osadnik wstępny, którego zadaniem jest usuwanie największych zanieczyszczeń ze ścieków [Pawęska i in. 2011]. Jego brak lub niewłaściwa praca może być przyczyną wadliwego działania całego systemu oczyszczania.

W przypadku oczyszczalni hydrofitowych ogromny wpływ na ich działanie ma prawidłowo zaprojektowana jednostkowa powierzchnia złóż gruntowo-roślinnych. W przypadku złóż z przepływem poziomym (HF – *horizontal flow*), dla drugiego stopnia oczyszczania, jednostkowa powierzchnia złóż powinna wynosić 4-10 m<sup>2</sup> na 1 mieszkańca, a dla złóż z pionowym przepływem (VF – *vertical flow*) – 4-5 m<sup>2</sup> na 1 mieszkańca [Błażejowski 1996; Cooper 1998]. Przy projektowaniu oczyszczalni gruntowo-roślinnych należy również właściwie określić obciążenie hydrauliczne i obciążenie ładunkiem zanieczyszczeń oraz dobrać odpowiedni rodzaj wypełnienia złoża. Najczęściej w obiektach tego typu zaleca się stosowanie piasku lub drobnego żwiru [ATV 1998].

Prawidłowe funkcjonowanie systemów gruntowo-roślinnych uzależnione jest również w znacznym stopniu od właściwie wykonanego montażu i rozruchu. Procedury przetargowe (najniższa cena) powodują, że montaż oczyszczalni przydomowych często zlecający jest firmom, które nie mają doświadczenia w wykonywaniu tego typu obiektów. Błędy w wykonawstwie, nieodpowiedni nadzór i oszczędności finansowe (instalacja tzw. zamienników) mogą przyczyniać się do wadliwej konstrukcji oczyszczalni, a w konsekwencji do nieprawidłowego funkcjonowania.

Celem tej pracy jest przedstawienie problemów związanych z budową i rozruchem hybrydowych, gruntowo-roślinnych oczyszczalni ścieków na przykładzie obiektu, który powstał we wrześniu 2011 r. w miejscowości Skorczyce na terenie gminy Urzędów (powiat kraśnicki, woj. lubelskie).

## MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

### Charakterystyka obiektu badawczego

Oczyszczalnię zaprojektowano i wybudowano przy budynku mieszkalnym, wielorodzinnym, dotychczas wyposażonym w instalację kanalizacji zakończonej zbiornikiem bezodpływowym w postaci szamba, z którego ścieki wywożono do oczyszczalni miejskiej w Kraśniku. Takie rozwiązanie było jednak bardzo uciążliwe i stanowiło duże obciążenie finansowe dla mieszkańców.

Roczny koszt wywozu 912 m<sup>3</sup> ścieków od 25 RLM (1 RLM = 0,1 m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup> ścieków), przy jednostkowej cenie w wysokości 14,2 zł/m<sup>3</sup>, określano na po-

ziomie około 12 900 zł. W związku z tak wysokim kosztem eksploatacji szamba zdecydowano o wybudowaniu przydomowej oczyszczalni ścieków. Początkowo inwestor (gmina Urzędów) planował instalację oczyszczalni mechaniczno-biologicznej z osadem czynnym [Zieliński 2009], jednak ostatecznie zdecydowano się na budowę hybrydowej, gruntowo-roślinnej oczyszczalni z pionowym i poziomym przepływem (typu VF-HF) o średniej przepustowości  $2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  [Józwiakowski i in. 2011]. Obiekt przeznaczony jest wyłącznie do oczyszczania ścieków bytowych, odprowadzanych z domu wielorodzinnego (25 osób) i składa się z trzykomorowego osadnika gnilnego z przepompownią o łącznej pojemności  $8,64 \text{ m}^3$  oraz z dwóch złóż gruntowo-roślinnych: I – o powierzchni  $96 \text{ m}^2$  i głębokości  $0,8 \text{ m}$  oraz II – o powierzchni  $80 \text{ m}^2$  i głębokości  $1,2 \text{ m}$  (rys. 1, 2). Powierzchnia jednostkowa złóż wynosi  $7 \text{ m}^2/\text{MR}$ . Do wypełnienia złóż zastosowano tłuczeń ( $d = 30\text{-}60 \text{ mm}$ ) i piasek gruby ( $d = 1,0\text{-}2,0 \text{ mm}$ ), a do ich izolacji geomembraną hydroizolacyjną PEHD o grubości  $1 \text{ mm}$  (fot. 1) [Józwiakowski i in. 2011].

Początkowo planowano obsadzenie złóż trzcina pospolitą (*Phragmites australis*) i wierzbą wiciową (*Salix viminalis* L.) [Józwiakowski i in. 2011], jednak ostatecznie zastosowano rośliny energetyczne, które dotychczas w obiektach tego typu zazwyczaj nie były wykorzystywane. Pierwsze ze złóż (typu VF) obsadzono miskantem olbrzymim (*Miskanthus giganteus*), a drugie (typu HF) – topinamburem (słonecznikiem bulwiastym - *Helianthus tuberosus* L.). Ze względu na późne zakończenie prac budowlanych (we wrześniu 2011 r.) nasadzenia roślin wykonano w marcu 2012 r. Zakłada się, że przeprowadzenie kilkuletnich badań nad funkcjonowaniem oczyszczalni w Skorzcycach pozwoli określić przydatność miskanta olbrzymiego i topinamburu do szerszego stosowania w systemach gruntowo-roślinnych. W kolejnych latach eksploatacji obiektu planuje się usuwanie roślin ze złóż pod koniec zimy – w lutym lub w marcu.

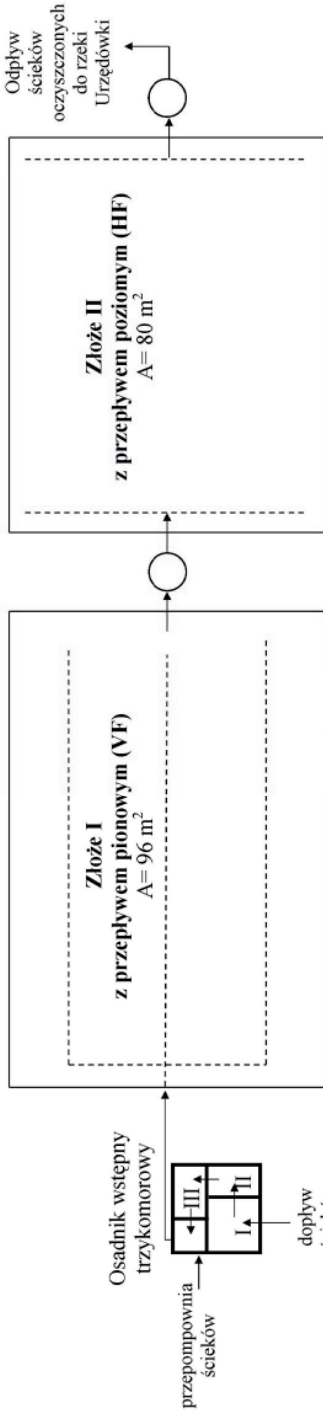
Na etapie rozruchu oczyszczalni ścieki na pierwsze złożo były doprowadzane okresowo w ilości około  $0,64 \text{ m}^3$ , z częstotliwością 2 razy na dobę. W związku z tym obciążenie hydrauliczne złoża I wynosiło  $13 \text{ dm}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  ( $13 \text{ mm} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ), zatem było dwukrotnie mniejsze niż założono w projekcie [Józwiakowski i in. 2011].

Odbiornikiem ścieków oczyszczonych, odprowadzanych z obiektu w Skorzcycach jest rzeka Urzędówka w kilometrze 12+662 [Zieliński 2009].

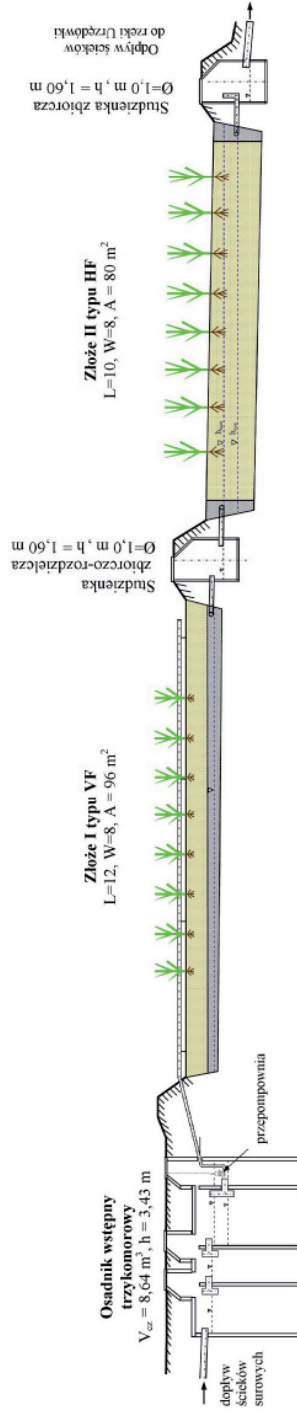
## METODYKA BADAŃ

Na etapie rozruchu oczyszczalni, w październiku i w grudniu 2011 r. oraz w lutym 2012 r. wykonano badania składu fizykochemicznego ścieków:

- 1) z osadnika wstępnego – ścieki surowe,
- 2) z przepompowni – ścieki mechanicznie oczyszczone,



**Rysunek 1.** Schemat technologiczny przydomowej, gruntowo-roślinnej oczyszczalni ścieków w Skorzycach  
**Figure 1.** Technological scheme of household constructed wetland wastewater treatment plant in Skorzycze



**Rysunek 2.** Przekrój podłużny gruntowo-roślinnej oczyszczalni ścieków w Skorzycach  
**Figure 2.** Longitudinal profile of constructed wetland wastewater treatment plant in Skorzycze

- 3) ze studzienki po I złożu typu VF – ścieki biologicznie oczyszczone ,
- 4) ze studzienki po II złożu typu HF – ścieki biologicznie oczyszczone.

W próbach ścieków oznaczano zawartość zawieszin ogólnych oraz określano BZT<sub>5</sub>, ChZT<sub>Cr</sub>, stężenie azotu ogólnego i fosforu ogólnego. Analizy wykonywano według powszechnie stosowanych metod [Hermanowicz i in. 1999].

W oparciu o uzyskane wyniki badań określono wartość minimalną, maksymalną i średnią oraz odchylenie standardowe. Na podstawie średnich wartości analizowanych wskaźników i składników zanieczyszczeń w ściekach dopływających (C<sub>d</sub>) i odpływających (C<sub>o</sub>) z poszczególnych etapów oczyszczania określano skuteczność usuwania zanieczyszczeń w każdym etapie oraz w całej oczyszczalni stosując następujący wzór:

$$\eta = 100 \cdot [1 - C_o / C_d] [\%] \quad (1)$$

Z powodu braku możliwości określenia wielkości odpływu z poszczególnych złóż, przy obliczaniu efektów usuwania zanieczyszczeń, nie brano pod uwagę ilości dopływających i odpływających ścieków. Skład ścieków oczyszczonych w początkowej fazie eksploatacji obiektu porównano z wymaganiami określonymi w Rozporządzeniu MŚ z dnia 24 lipca 2006 r. (Dz. U. nr 137, poz. 984), w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód i do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego.

## PRZEBIEG BUDOWY I KOSZTY INSTALACJI OCZYSZCZALNI

Prace nad budową oczyszczalni rozpoczęto pod koniec czerwca, a zakończono na początku września 2011 r. Do wydłużenia prac budowlanych przyczyniły się przede wszystkim częste i obfite opady atmosferyczne w lipcu 2011 roku.

Obiekty oczyszczalni wykonano w następującej kolejności (fot. 1):

- montaż osadnika gnilnego z przepompownią i podłączeniem energii elektrycznej,
- wykonanie kanału ścieków odprowadzanych z osadnika wstępnego do I złoża,
- wykonanie wykopów na złoża gruntowe i wypełnienie złóż wraz z instalacją drenażu doprowadzającego i zbierającego,
- montaż studzienek zbiorczo-rozdzielczych,
- wykonanie wewnętrznych instalacji i połączeń międzyobiektowych,
- wykonanie systemu kanalizacyjnego odprowadzającego ścieki oczyszczone do rzeki Urzędówki.

Pod koniec marca 2012 r. wykonano nasadzenia roślin. Pierwsze złożo (typu VF) obsadzono miskantem olbrzymim (*Miskanthus giganteus*), a drugie (typu HF) – topinamburem (słonecznikiem bulwiastym - *Helianthus tuberosus L.*).





A - montaż osadnika gnilnego, B - uszczelnianie złoża geomembraną hydroizolacyjną,  
C - wypełnianie złoża nr 1 piaskiem, D - oczyszczalnia po wybudowaniu w październiku 2011 r.  
**Fotografia 1.** Budowa gruntowo-roślinnej oczyszczalni ścieków w Skorczycach  
**Photo 1.** Construction of constructed wetland wastewater treatment plant in Skorczyce  
*Fot. K. Józwiakowski*

Na podstawie informacji uzyskanych z od inwestora [Gmina Urzędów 2011] w tabeli 1 zestawiono koszty budowy oczyszczalni w Skorczycach. W oparciu o poniższe dane można stwierdzić, że największe środki finansowe przeznaczono na wykonanie złożów gruntowo-roślinnych.

**Tabela 1.** Koszty budowy oczyszczalni ścieków w Skorczycach  
**Table 1.** Costs of construction of wastewater treatment plant in Skorczyce

Lp.	Materiały i usługi	Ilość	Jednostki	Koszt całkowity
1	Folia FolGam H hydroizolacyjna o grubości 1mm (12x16m, 12x14m)	360	m <sup>2</sup>	5331,31
2	Osadnik gnilny trzykomorowy z przepompownią	1	szt.	6765,00
3	Kręgi betonowe	6	szt.	2214,00
4	Pokrywy betonowe	6	szt.	502,58
5	Rury betonowe	5	szt.	456,08
6	Sznur uszczelniający	20	mb	369,00
7	Piasek drobny – frakcja 0-1 mm	120	Mg	5461,20
8	Piasek uszlachetniany – frakcja 1-2 mm	120	Mg	6346,80
9	Tłuczeń segregowany o frakcji 20-40mm	42	Mg	2939,97
10	Pompa zatapialna typu WQ	1	szt.	359,00
11	Fizelina TYPAR SF 37 125g/m <sup>2</sup> 8kN/m	23	m <sup>2</sup>	99,02
12	Rury PVC	164	mb	4241,04
13	Kolanka, trójniki, kominki PVC	14	szt.	207,00
14	Materiały elektryczne	-	-	590,40
15	Wykonanie podmurówki pod osadnik	-	-	3198,00
16	Dźwig do instalacji osadnika gnilnego	-	-	479,70
17	Robocizna + sprzęt	-	-	12300,00
18	Obsługa geodezyjna	-	-	1230,00
19	Oplata – Zakład Uzgadniania Dokumentacji Projektowej	-	-	101,26
20	Koszty wykonania projektu oraz nadzoru nad budową i rozruchem obiektu	-	-	6765,00
<b>Razem zł (brutto)</b>				<b>59956,36</b>

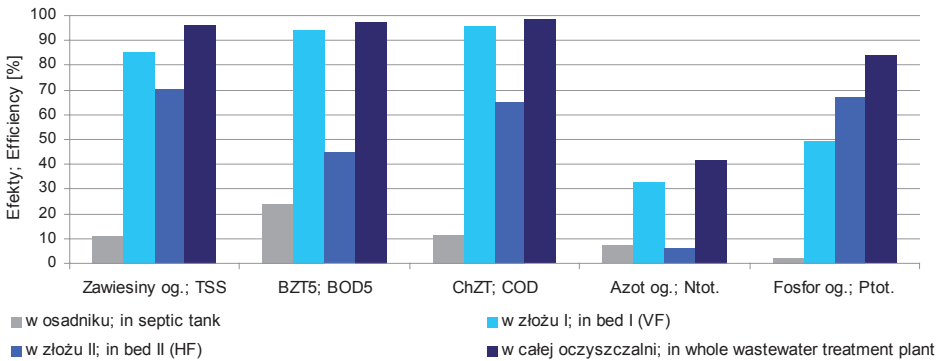
Koszty geomembrany oraz kruszyw naturalnych, wykorzystanych do uszczelnienia i wypełnienia złóż stanowiły ponad 35% kosztów całej inwestycji i ponad połowę kosztów, poniesionych na materiały. Znaczną część wydatków (blisko 30% kosztów wszystkich materiałów) przypadła na zakup 3-komorowego osadnika gnilnego z przepompownią oraz przygotowanie podmurówki w miejscu jego posadowienia. Koszty wszystkich materiałów wykorzystanych do wykonania poszczególnych elementów oczyszczalni, w tym również studzienek rewizyjnych i połączeń międzyobiektowych oraz systemu kanalizacyjnego odprowadzającego ścieki oczyszczone do rzeki Urzędówki stanowiły około 65% całkowitych wydatków inwestycyjnych. Pozostała część (około 35%) to koszty usług, związanych z zaprojektowaniem i wykonaniem oczyszczalni, nadzorem nad jej budową i rozruchem. Dzięki temu, że do procesu budowy obiektu w Skorczycach został zaangażowany Zakład Gospodarki Komunalnej z Urzędowa, koszty „robocizny” wynosiły tylko 20% całej inwestycji. Informacje z literatury [Helman 1997] wskazują, że koszty wykonania obiektów hydrofitowych stanowią zazwyczaj około 35-40% całkowitych kosztów inwestycyjnych.



Biorąc pod uwagę całkowity koszt budowy obiektu w Skorczycach (60 tys. zł) oraz roczne koszty wywozu ścieków (12,9 tys. zł) można stwierdzić, że inwestycja ta zwróci po około 5 latach eksploatacji. Szacuje się, że roczny koszt eksploatacji oczyszczalni (wywóz osadów z osadnika 1 raz w roku + koszt zużycia energii na pracę pompy) nie powinien przekroczyć 200 zł. Przy założeniu, że z oczyszczalni będzie korzystało 25 osób można stwierdzić, że roczny koszt eksploatacji obiektu w przeliczeniu na 1 mieszkańca wyniesie 8 zł.

### WSTĘPNE WYNIKI BADAŃ FUNKCJONOWANIA OCZYSZCZALNI W OKRESIE ROZRUCHU

Wstępne wyniki badań wskazują na dosyć wysoką efektywność funkcjonowania oczyszczalni w Skorczycach podczas pierwszych kilku miesięcy jej eksploatacji (rys. 3).



**Rysunek 3.** Średnia skuteczność usuwania zanieczyszczeń w okresie rozruchu oczyszczalni w Skorczycach

**Figure 3.** Efficiency of pollution removal in start-up period of wastewater treatment plant in Skorczyce

W analizowanym okresie odnotowano duże wahania składu ścieków surowych, pobieranych z pierwszej komory osadnika gnilnego (tab. 2). Średnie stężenie zawiesiny ogólnej wyniosło  $235 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ,  $\text{BZT}_5$  –  $593 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , zaś ChZT –  $1160 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Ścieki surowe charakteryzowały się bardzo wysoką zawartością azotu ogólnego – średnio  $168 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  oraz znacznie mniejszą fosforu ogólnego – średnio  $20,8 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

Porównując skład ścieków pobieranych z komory przepompowni ze ściekami surowymi można stwierdzić niewielką efektywność usuwania zanieczyszczeń w osadniku gnilnym. Wielkość  $\text{BZT}_5$  obniżała się średnio o 23%, ChZT

o 11%, a zawiesiny ogólne usuwane były w około 11% (tab. 2, rys. 3). Również efekty eliminacji azotu ogólnego i fosforu ogólnego były niewielkie, wynosiły odpowiednio około 11 i 2%. Wyniki badań potwierdzają tezę, że w okresie rozruchu osadnika gnilnego efektywność mechanicznego oczyszczania ścieków jest znacznie mniejsza niż ta, którą notuje się zazwyczaj w fazie właściwej pracy osadników gnilnych [Pawęska i in. 2011].

**Tabela 2.** Skład ścieków oczyszczanych w oczyszczalni w Skorczycach  
**Table 2.** Composition of treated sewage in wastewater treatment plant in Skorczyce

Parametry Parameters	Ścieki surowe (1) Raw sewage				Ścieki po osadniku (2) Sewage after septic tank			
	min	max	$\bar{x}$	$\sigma$	min	max	$\bar{x}$	$\sigma$
Zawiesiny ogólne; Total suspended solids [mg·dm <sup>-3</sup> ]	136	375	<b>235</b>	125	109	361	<b>210</b>	133
BZT <sub>5</sub> ; BOD <sub>5</sub> [mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> ]	500	722	<b>593</b>	115	411	478	<b>451</b>	35
ChZT; COD <sub>Cr</sub> [mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> ]	990	1250	<b>1160</b>	147	910	1140	<b>1030</b>	115
Azot ogólny; Total nitrogen [mg·dm <sup>-3</sup> ]	154	190	<b>168</b>	19,3	144	162	<b>155</b>	9,9
Fosfor ogólny; Total phosphorus [mg·dm <sup>-3</sup> ]	15,3	25,0	<b>20,8</b>	5,0	17,4	22,4	<b>20,3</b>	2,6
Parametry Parameters	Ścieki po złożu I (3) Sewage after bed I (VF)				Ścieki po złożu II (4) Sewage after bed II (HF)			
	min	max	$\bar{x}$	$\sigma$	min	max	$\bar{x}$	$\sigma$
Zawiesiny ogólne; Total suspended solids [mg·dm <sup>-3</sup> ]	15,4	42	<b>31,1</b>	14,0	6,7	11,8	<b>9,3</b>	2,6
BZT <sub>5</sub> ; BOD <sub>5</sub> [mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> ]	5,9	58	<b>26,8</b>	27,6	2,7	36,9	<b>14,7</b>	19,2
ChZT; COD <sub>Cr</sub> [mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> ]	32	57	<b>44,7</b>	12,5	12	19	<b>15,7</b>	3,5
Azot ogólny; Total nitrogen [mg·dm <sup>-3</sup> ]	91	122	<b>104</b>	15,9	85	104	<b>97,7</b>	11,0
Fosfor ogólny; Total phosphorus [mg·dm <sup>-3</sup> ]	9,2	11,8	<b>10,3</b>	1,4	1,3	7,4	<b>3,4</b>	3,5

min. – wartość minimalna, max – wartość maksymalna,  $\bar{x}$  – wartość średnia,  
 $\sigma$  - odchylenie standardowe, **1, 2, 3, 4** – punkty poboru prób; sampling points

Uruchomienie oczyszczalni pod koniec okresu wegetacyjnego wykluczyło możliwość nasadzenia roślin jesienią 2011 r. W związku z tym, w okresie badań złoża były pozbawione roślinności. Mimo to stwierdzono wyraźne zmniejszenie zawartości zanieczyszczeń organicznych (BZT<sub>5</sub> i ChZT) oraz zawiesin ogólnych już na etapie pierwszego złoża z przepływem pionowym. Wielkość BZT<sub>5</sub> w ściekach obniżyła się o ponad 94%, a ChZT o 96%, natomiast zawiesiny ogólne

usuwane były w 85%. Znacznie mniejszą skuteczność odnotowano natomiast w przypadku eliminacji azotu i fosforu ogólnego – odpowiednio 50 i 33%.

Drugie złożę z poziomym przepływem ścieków również obniżało wielkości analizowanych wskaźników zanieczyszczeń. Stwierdzono w nim średni spadek wielkości BZT<sub>5</sub> o 45%, ChZT – 65%, a zawiesiny ogólne eliminowane były w 70%. Drugie złożę typu HF nie zapewniało skutecznej eliminacji azotu ogólnego, która średnio w okresie rozruchu obiektu wynosiła około 6%. W złożu tym stwierdzono natomiast dosyć wysoką skuteczność usuwania fosforu ogólnego – średnio 67%.

Prezentowane wyniki badań wskazują na wysoką efektywność gruntowo-roślinnej oczyszczalni ścieków w Skorzcycach już w okresie jej rozruchu. W pierwszych miesiącach pracy odnotowano średnie efekty obniżania BZT<sub>5</sub> i ChZT<sub>Cr</sub> na poziomie odpowiednio 97,5 i 98,6%, a zawiesiny ogólne usuwane były w 96,1%. Dzięki temu wielkości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach odprowadzanych z oczyszczalni (tab. 1) są kilkakrotnie niższe od wartości wymaganych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z 24 lipca 2006 r. Otrzymane wyniki potwierdzają tezę innych autorów [Jucherski, Walczowski 2002, Obarska-Pempkowiak 2002, Obarska-Pempkowiak i in. 2003; Obarska-Pempkowiak, Gajewska 2004] o dużej skuteczności systemów hydrofitowych w zakresie usuwania zawiesiny ogólnej i zanieczyszczeń organicznych.

Odnotowano dosyć wysokie efekty usuwania fosforu ogólnego – średnio 83,8%, co można tłumaczyć intensywną sorpcją fosforu przez fazę stałą wypełnienia w początkowej fazie eksploatacji obiektu. Z badań Ciupy [1996] wynika, że skuteczność usuwania fosforu w początkowym okresie funkcjonowania systemów gruntowo-roślinnych jest bardzo wysoka, a następnie po pewnym czasie się zmniejsza ze względu na utratę zdolności sorpcyjnych przez materiał filtracyjny.

W okresie badań stwierdzono niewielką skuteczność usuwania azotu ogólnego – średnio 41,9%, co może wskazywać na niedostateczne wytworzenie się błony biologicznej w złożach w okresie rozruchu obiektu [Krzyszowski i in. 2005]. Prawdopodobnie wyższą skuteczność eliminacji związków biogenych będzie można uzyskać podczas właściwej pracy oczyszczalni, gdy na złożach rozwinię się roślinność.

Należy zaznaczyć, że spośród wszystkich elementów składowych oczyszczalni największą skutecznością usuwania zanieczyszczeń organicznych i zawiesin ogólnych charakteryzowało się złożę z pionowym przepływem ścieków. Potwierdza to tezę prezentowaną w literaturze, że złoża typu VF zapewniają korzystniejsze warunki do wydajnej mineralizacji substancji organicznej [Błażejowski 2003, Cooper 1998, Jucherski, Walczowski 2002, Obarska-Pempkowiak 2002, Obarska-Pempkowiak i in. 2003, Obarska-Pempkowiak, Gajewska 2004].

## WNIOSKI

1. Oczyszczalnie gruntowo-roślinne stanowią korzystną alternatywę w stosunku do sposobu zagospodarowania ścieków przy wykorzystaniu zbiornika bezodpływowego (szamba). Koszty budowy tego typu obiektów zwracają się po około 5 latach eksploatacji.

2. Koszty zakupu materiałów stanowiły 65% całkowitych kosztów inwestycyjnych poniesionych na instalację hybrydowej oczyszczalni gruntowo-roślinnej. Pozostałą część (około 35%) stanowiły koszty usług, związanych z zaprojektowaniem i wykonaniem oczyszczalni oraz z nadzorem nad jej budową i rozruchem.

3. W okresie rozruchu badana oczyszczalnia osiągała wysoką (ponad 95%) efektywność eliminacji zanieczyszczeń organicznych (BZT<sub>5</sub> i ChZT) oraz usuwania zawiesin ogólnych. Złoże z pionowym przepływem ścieków zapewniało znacznie korzystniejsze warunki do mineralizacji i usuwania zanieczyszczeń organicznych niż złoże z przepływem poziomym.

4. W pierwszych miesiącach pracy oczyszczalni średnia skuteczność usuwania azotu ogólnego nie przekraczała 42%, co może wynikać z niedostatecznego wytworzenia się błony biologicznej i niekorzystnych warunków do prawidłowego przebiegu procesów nityfikacji i denityfikacji.

5. Zdolności sorpcyjne materiału zastosowanego do wypełnienia złóż gruntowo-roślinnych umożliwiały usuwanie fosforu ogólnego ze ścieków na poziomie około 84%.

## PODZIĘKOWANIA

*Pracę wykonano w ramach tematu zleconego TKD/U/9 pt. „Wykonanie założeń merytorycznych do projektu budowy gruntowo-roślinnej oczyszczalni ścieków dla budynku mieszkalnego w miejscowości Skorczyce (gmina Urzędów) oraz nadzoru naukowego nad instalacją i funkcjonowaniem tego obiektu w 2011 roku”.*

*Szczególne podziękowania autorzy pracy składają Panu Janowi Woźniakowi – Wójtowi Gminy Urzędów oraz pracownikom gminy – Panu Stanisławowi Tompolskiemu i Panu Jerzemu Kazuli za owocną współpracę i możliwość prowadzenia badań na obiekcie w Skorczycach.*

## BIBLIOGRAFIA

- ATV Arbeitsblatt A262. *Grundsätze für Bemessung und Betrieb von Pflanzenbeeten für kommunales Abwasser bei Ausbaugrößen bis 1000 Einwohnerwerte*, 1998, 2-10.
- Błazejewski R. *Hydrobotaniczne oczyszczalnie ścieków. Przegląd systemów i zasad ich projektowania*. II Międz. Konf. Nauk.-Tech., Poznań 1996, 25-32.

- Błażejowski R. *Kanalizacja wsi*. PZiTS Oddział Wielkopolski, Poznań 2003.
- Ciupa R. *The experience in the operation of constructed wetlands in North-Eastern Poland*. In: Proceedings of Fifth International Conference Wetland Systems for Water Pollution Control, IWA and Universität für Bodenkultur, Vienna, (Chapter IX/6), 1996.
- Cooper P. *A review of the design and performance of vertical flow and hybrid Reed Bed treatment systems*. Proceedings of 6<sup>th</sup> International Conference on Wetland System for Water Pollution Control, chapter 4. Design of Wetland Systems, Brazil 1998, Pp. 229-242.
- Gmina Urzędów. *Koszty budowy oczyszczalni ścieków w Skorczycach*, Urzędów 2011.
- GUS. *Infrastruktura komunalna w 2010 roku*. Informacje i opracowania statystyczne, Warszawa 2011.
- Helman M. *Zastosowanie systemów hydrofitowych do porządkowania gospodarki wodno-ściekowej w gminie*. Materiały konferencji pt. Hydrobotaniczne metody oczyszczania ścieków, Ogólnopolskie Towarzystwo Zagospodarowania Odpadów „3R”, Towarzystwo na Rzecz Ziemi, Andrychów 1997.
- Hermanowicz W., Dojlido W., Dożańska W., Koziorowski B., Zerbe J. *Fizykochemiczne badanie wody i ścieków*. Arkady, Warszawa 1999, 556.
- Jóźwiakowski K., Marzec M., Gizińska M., Goral R., Pytka A. *Aneks do projektu zagospodarowania przydomowej oczyszczalni ścieków dla budynku mieszkalnego w miejscowości Skorczyce (gmina Urzędów)*. Katedra Melioracji i Budownictwa Rolniczego UP w Lublinie, R-G Projekt Lublin, Lublin 2011.
- Jucherski A., Walczowski A. *Oczyszczanie ścieków w zagrodowych instalacjach gruntowo-roślinnych na terenach rolniczych Polski Południowej*. Sanitacja wsi, Przyzagrodowe oczyszczalnie ścieków, IBMER Krynica, 2002.
- Krzanowski S., Jucherski A., Wałęga A. *Wpływ pory roku na niezawodność technologiczną wielostopniowej, gruntowo-roślinnej, przydomowej oczyszczalni ścieków*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich nr 1/2005, 37-55.
- Krzanowski S., Wałęga A. *New technologies of small domestic sewage volume treatment applied in Poland*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich nr 3/2007, 69-78.
- Mucha Z., Mikosz J. *Racjonalne stosowanie małych oczyszczalni ścieków z uwzględnieniem kryteriów zrównoważonego rozwoju*. Czasopismo Techniczne. Środowisko, Wyd. Politechniki Krakowskiej. R. 106, z. 2-Ś, 2009, 91-100.
- Obarska-Pempkowiak H. *Oczyszczalnie hydrofitowe*. Wyd. Politechniki Gdańskiej, 214, Gdańsk 2002.
- Obarska-Pempkowiak H., Gajewska M. *Czy oczyszczalnie hydrofitowe sprawdzają się w Polsce?* Mat. Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej „Kanalizacja wsi-stan obecny, perspektywy rozwoju”, 2004.
- Obarska-Pempkowiak H., Kowalik P., Gajewska M., Muszyńska A. *Oczyszczalnie hydrofitowe: doświadczenia i perspektywy rozwoju*. Zesz. Nauk. Politechniki Białostockiej, Seria Inżynieria Środowiska, z. 16, 2003, 192-202.
- Pawęska K., Pulikowski K., Strzelczyk M., Rajmund A. *Osadnik gnilny – podstawowy element przydomowej oczyszczalni ścieków*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich nr 10/2011, 43-53.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. *W sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* (Dz. U. Nr 75 poz. 690 z 2002 r.).
- Rozporządzenie MŚ z dnia 24 lipca 2006 r. *w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego*. Dz. U nr 137, poz. 984.
- Siemieniec A., Krzanowski S. *Rozwiązania techniczne i ich uwarunkowania stosowane w naturalnych metodach biologicznego oczyszczania ścieków z zabudowań indywidualnych*. Zesz. Nauk. ATH, Seria Inżynieria Włókiennicza i Ochrona Środowiska 1 (1), 2000, 149-160.



Sikorski M. *Gospodarka ściekami bytowymi na wsi jako czynnik ochrony środowiska*. IMUZ Falenty, 1998.

Zieliński M. *Operat wodno-prawny na odprowadzanie oczyszczonych ścieków za pomocą przydomowej oczyszczalni ścieków bytowo-gospodarczych do rzeki Urzędówki w kilometrze 12+662*. Biuro Projektowe „SKALA”, Włodawa 2009.

Mgr inż. Magdalena Gizińska

Dr Krzysztof Józwiakowski

Dr inż. Michał Marzec

Mgr inż. Aneta Pytko

Katedra Melioracji i Budownictwa Rolniczego

Uniwersytet Przyrodniczy

ul. Leszczyńskiego 7

20-069 Lublin,

e-mail: [madziagizinska@tlen.pl](mailto:madziagizinska@tlen.pl)