

ANALIZA I WYBÓR DO BUDOWY ODPOWIEDNIEGO WARIANTU PRZYDOMOWYCH OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

Marek Kalenik, Paulina Pęczak

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie sposobu postępowania przy wyborze najodpowiedniejszego wariantu przydomowych oczyszczalni ścieków, które można byłoby budować w miejscowościach o rozproszonej zabudowie. Zakres pracy obejmuje sporządzenie dwóch wariantów koncepcji przydomowych oczyszczalni ścieków oraz przeprowadzenie analizy i wybór najodpowiedniejszego z wariantów do zastosowania we wsi Kawęczyn. W związku z tym w pracy pokazano, dla jakich warunków gruntowo-wodnych można stosować przydomowe oczyszczalnie ścieków zgodnie z nowym Rozporządzeniem Ministra Środowiska [2014]. Przedstawiono analizę zebranych danych do projektowania i wybrano możliwe do zastosowania we wsi Kawęczyn warianty przydomowych oczyszczalni. Podano metodykę projektowania dla wybranych wariantów tych oczyszczalni. Zaprezentowano uzyskane wyniki obliczeń hydraulicznych i dobrano przydomowe oczyszczalnie ścieków dla analizowanych wariantów. Obliczono ich koszty budowy. Przeprowadzono analizę wszystkich uzyskanych danych i dla miejscowości Kawęczyn wybrano wariant oczyszczalni ścieków ze złożem biologicznym.

Słowa kluczowe: ścieki bytowe, osadnik gnilny, przydomowa oczyszczalnia ścieków, drenaż rozsączający, złożo biologiczne

WSTĘP

Jednym z problemów, z jakimi borykają się gminy wiejskie w Polsce, to problem gospodarki ściekowej. Kilkudziesięcioletnie zaniedbania dotyczące odprowadzania i unieszkodliwiania ścieków doprowadziły do powstania dużych dysproporcji między systemem zaopatrzenia w wodę a budową systemów kanalizacji.

Adres do korespondencji – Corresponding author: Marek Kalenik, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Inżynierii Budowlanej, Zakład Wodociągów i Kanalizacji, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa, e-mail: marek_kalenik@sggw.pl

© Copyright by Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2015

Aktualnie można zaobserwować na wsi podniesienie standardów wyposażenia budynków mieszkalnych w przybory sanitarne i zwiększenie zużycia wody, co skutkuje wytwarzaniem większej ilości ścieków. W wiejskich miejscowościach, o dużej gęstości zabudowy, w których istnieje rozwinięta infrastruktura, ścieki odprowadzane są do budowanych zbiorczych systemów kanalizacji, natomiast w miejscowościach o zabudowie rozproszonej stosowane są bezodpływowe zbiorniki (szamba), które są często nieszczelne – w eksploatacji jest to bardzo drogie rozwiązanie, ponieważ ścieki z dołów gnilnych muszą być wywożone wozami asenizacyjnymi do grupowej oczyszczalni ścieków [Kalenik 2013, 2014].

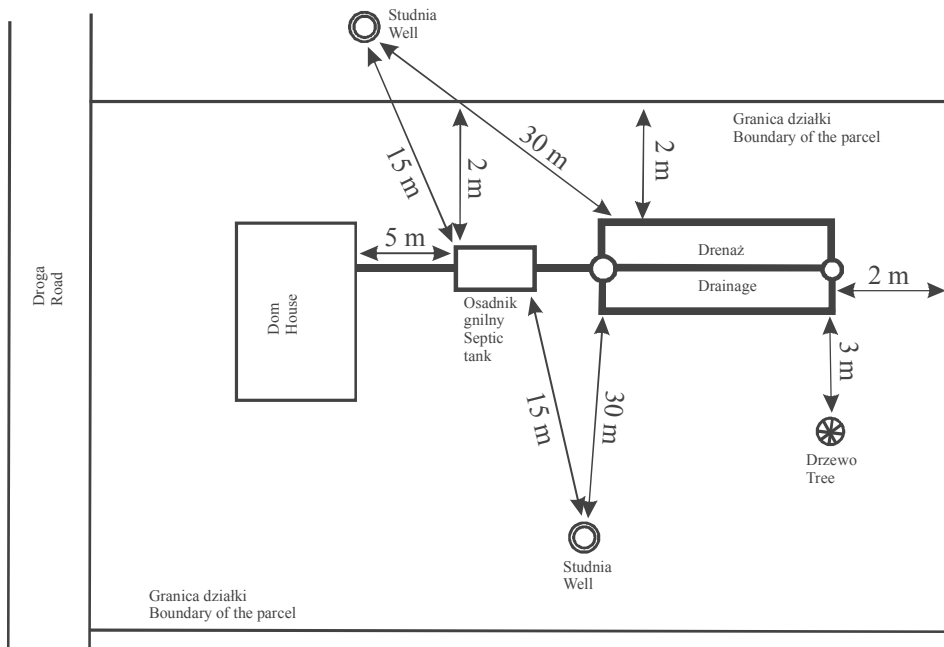
W przydomowych oczyszczalniach ścieków stosuje się dwustopniowy układ oczyszczania ścieków bytowych, czyli oczyszczanie mechaniczne i biologiczne. W mechanicznym oczyszczaniu ścieków zachodzą procesy sedymentacji, flotacji i fermentacji, podczas których ze ścieków usuwane są zanieczyszczenia mineralne i organiczne o gęstości większej od gęstości cieczy (piasek, fekalia, papier) i mniejszej od gęstości cieczy (tłuszcze). Mechaniczne oczyszczanie ścieków bytowych realizowane jest w osadnikach gnilnych. Natomiast w biologicznym oczyszczaniu ścieków zachodzą procesy nityfikacji, denityfikacji i defosfatacji, podczas których ze ścieków usuwane są związki biogenne (azot, fosfor). Biologiczne oczyszczanie ścieków realizowane jest na złożach biologicznych lub w komorach osadu czynnego. Ścieki bytowe po oczyszczeniu w wymaganym stopniu są odprowadzane do gruntu lub do wód powierzchniowych.

Przydomową oczyszczalnię ścieków z drenażem rozsączającym lub filtrem piaskowym albo z komorą osadu czynnego lub ze złożem biologicznym do oczyszczania ścieków bytowych pochodzących z własnego gospodarstwa domowego lub rolnego, które po oczyszczeniu będą wprowadzane do gruntu, można wybudować poza aglomeracją miejską w granicach działki siedliskowej lub własnego gruntu, jeżeli są spełnione łącznie następujące warunki [Rozporządzenie Ministra Środowiska 2014]:

- ilość ścieków nie przekracza 5 m^3 na dobę,
- BZT₅ ścieków dopływających do drenażu rozsączającego lub studni chłonnej jest zredukowane o 20%, a zawartość zawiesiny ogólnej o 50%,
- odległość wód podziemnych od poziomu rozsączania ścieków oczyszczonych nie może być mniejsza niż 1,5 m od najwyższego użytkowego poziomu wodonośnego wód podziemnych,
- grunt musi być dobrze przepuszczalny,
- powierzchnia działki musi być na tyle duża, aby było możliwe zachowanie odpowiednich odległości od urządzeń przydomowej oczyszczalni ścieków do studni, drzew itp., zgodnie z rysunkiem 1.

Natomiast przydomowe oczyszczalnie ścieków z filtrem piaskowym lub komorą osadu czynnego albo ze złożem biologicznym do oczyszczania ścieków bytowych pochodzących z własnego gospodarstwa domowego lub rolnego, które po oczyszczeniu będą wprowadzane do cieku wodnego, można wybudować poza aglomeracją miejską w granicach działki siedliskowej lub własnego gruntu, jeżeli są spełnione łącznie następujące warunki [Rozporządzenie Ministra Środowiska 2014]:

- ilość ścieków nie powinna przekraczać 5 m^3 na dobę,
- BZT₅ ścieków oczyszczonych powinno wynosić $25 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ lub być zredukowane o wartość 70–90%,



Rys. 1. Wymagane odległości od urządzeń przydomowej oczyszczalni ścieków do istniejącej infrastruktury technicznej na działce [Rozporządzenie Ministra Infrastruktury 2002]
 Fig. 1. The required distance from the devices household sewage treatment plant to the existing technical infrastructure on the parcel [Rozporządzenie Ministra Infrastruktury 2002]

- ChZT ścieków oczyszczonych powinno wynosić $125 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ lub być zredukowane o wartość 75%,
- zawiesiny ogólne w ściekach oczyszczonych powinny wynosić $35 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ lub być zredukowane o wartość 90%,
- zawartość azotu ogólnego, gdy ścieki oczyszczone wprowadzane są do jezior i ich dopływów oraz bezpośrednio do sztucznych zbiorników wodnych usytuowanych na wodach płynących, powinna wynosić $15 \text{ mg N}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$,
- zawartość fosforu ogólnego, gdy ścieki oczyszczone wprowadzane są do jezior i ich dopływów oraz bezpośrednio do sztucznych zbiorników wodnych usytuowanych na wodach płynących, powinna wynosić $2 \text{ mg N}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$.

We wsi Kawęczyn, która jest przedmiotem niniejszego opracowania, nie ma zbiorczej sieci kanalizacyjnej, jedynie bezodpływowe zbiorniki (szamba). Kawęczyn jest miejscowością o zabudowie rozproszonej, w związku z tym zastosowanie zbiorczej sieci kanalizacyjnej jest nieopłacalne. Należy zatem zastosować przydomowe oczyszczalnie ścieków.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie sposobu postępowania przy wyborze najodpowiedniejszego wariantu przydomowych oczyszczalni ścieków, które można będzie wybudować w Kawęczynie. Zakres pracy obejmuje sporządzenie dwóch wariantów koncepcji przydomowych oczyszczalni ścieków, przeprowadzenie analizy i wybór najodpowiedniejszego z wariantów.

CHARAKTERYSTYKA DANYCH

Kawęczyn jest wsią sołeczką położoną w centralnej części województwa łódzkiego, w powiecie piotrkowskim, w centralnej części gminy Aleksandrów. Wieś znajduje się 0,5 km od drogi powiatowej nr 1502 E Jaksonek – Skotniki oraz 1 km od Aleksandrowa. Miejscowość graniczy z sołectwami: Sieczka, Kamocka Wola, Kalinków, Aleksandrów, Janikowice, Dąbrówka oraz Szarbsko.

Kawęczyn położony jest na terenie Równiny Piotrkowskiej. Powierzchnia terenu miejscowości lekko opada ku północy. Nie występują tu ani zbiorniki, ani ciek wodne. Wody podziemne znajdują się w czwartorzędowym poziomie wodonośnym. Wieś zajmuje powierzchnię 191,0 ha, w tym 165,0 ha to grunty orne. Nie jest tu prowadzona żadna działalność gospodarcza ani usługowa. Miejscowość zamieszkuje 72 osoby, które zajmują się tylko produkcją rolniczą. Głównie uprawiają zboża, hodują trzodę chlewną i bydło. Przez miejscowość przebiega nieutwardzona droga, wzdłuż której po obu stronach zlokalizowane są gospodarstwa rolne. Zabudowa Kawęczyna jest rozproszona.

We wsi Kawęczyn wzdłuż nieutwardzonej drogi znajduje się sieć wodociągowa długości 1,10 km, która została wybudowana z rur PVC o średnicy 110 mm. Sieć wodociągowa zasilana jest wodą dostarczaną z ujęcia Jaksonek. Do sieci za pomocą przyłączy wodociągowych o średnicy 40 mm podłączonych jest 13 domów mieszkalnych. Miejscowość nie ma kanalizacji. Ścieki bytowe gromadzone są w bezodpływowych zbiornikach, a następnie wywożone wozami asenizacyjnymi do najbliższej oczyszczalni w Sulejowie, oddalonej o 20 km od Kawęczyna. W gminie Aleksandrów nie ma kanalizacji ani oczyszczalni ścieków.

Przez miejscowość przebiega napowietrzna linia energetyczna i trasa kabla telekomunikacyjnego. Mieszkańcy posiadają stacjonarne łącza telekomunikacyjne.

Do projektowania przydomowych oczyszczalni ścieków przyjęto średnią jednostkową ilość ścieków $150 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$. W tabeli 1 podano liczbę mieszkańców (M) i obliczoną ilość ścieków odprowadzanych z poszczególnych posesji, a także powierzchnię działek i zabudowy. W tabeli podano również informację dotyczącą źródła wody pitnej dla poszczególnych posesji.

Dane dotyczące rodzaju gruntu uzyskano na podstawie przeprowadzonych testów perkolacyjnych. Uzyskane wyniki badań z testów perkolacyjnych wykazały, że na terenie objętym opracowaniem znajdują się grunty dobrze przepuszczalne – piaski średnie, kategoria gruntu B (tab. 2). Natomiast z przeprowadzonych badań poziomu zwierciadła wody gruntowej ustalono, że zwierciadło wody gruntowej znajduje się tu na głębokości 3,2 m p.p.t.

Z przeprowadzonej analizy danych zawartych w tabeli 1 oraz z rozmieszczenia zabudowań na powierzchni działki wynika [www.geoportal.gov.pl 2015], że powierzchnie działek poszczególnych posesji są wystarczająco duże, aby zastosować na nich drenaż rozsączający. Również zachowane zostaną wymagane odległości od urządzeń przydomowej oczyszczalni ścieków do istniejącej infrastruktury technicznej na działce zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury [2002] (rys. 1). Dla większości posesji źródłem wody pitnej jest wodociąg. W miejscowości znajdują się grunty dobrze przepuszczalne oraz głęboko zalegający pod powierzchnią terenu poziom wód gruntowych. Z uwagi na powyższe w pierwszym wariantcie przydomowych oczyszczalni ścieków,

Tabela 1. Dane do projektowania przydomowych oczyszczalni ścieków w miejscowości Kawęczyn

Table 1. Data for the design of household sewage treatment plants in Kawęczyn

Nr posesji No. property	Liczba mieszkańców Number of inhabitants M [-]	Ilość ścieków The volume of sewage [dm ³ ·d ⁻¹]	Powierzchnia działki Parcel area [m ²]	Powierzchnia zabudowy Building area [m ²]	Źródło wody pitnej Source of drinking water
2	4	600	2888	79	wodociąg water supply
3	5	750	1885	240	wodociąg water supply
4	5	750	1994	144	wodociąg water supply
5	5	750	1378	98	wodociąg water supply
6	3	450	1286	358	studnia kopana dug well
7	5	750	1300	211	studnia kopana dug well
8	6	900	3710	448	wodociąg water supply
9	4	600	1895	321	wodociąg water supply
9a	5	750	2869	102	wodociąg water supply
11	5	750	1721	240	studnia kopana dug well
12a	6	900	4590	116	wodociąg water supply
14	2	300	888	133	wodociąg water supply
15	3	450	1881	59	wodociąg water supply
16	4	600	691	128	wodociąg water supply
17	5	750	3915	219	wodociąg water supply
17a	5	750	1747	200	wodociąg water supply

jakie można wybudować w miejscowości Kawęczyn, będą przydomowe oczyszczalnie z drenażem rozsączającym.

Poszczególne posesje zamieszkuje mała liczba osób, w związku z tym dopływ ścieków do przydomowych oczyszczalni będzie nierównomierny. Na nierównomierności w dopływie ścieków najbardziej odporne są przydomowe oczyszczanie ze złożem biologicznym. W związku z tym jako drugi wariant wybrano kontenerowe oczyszczalnie ścieków ze złożem biologicznym i studnią chłonną.

METODYKA PROJEKTOWANIA

Wymiarowanie przydomowej oczyszczalni ścieków z drenażem rozsączającym należy rozpocząć od obliczenia średniego dobowego dopływu ścieków do osadnika gnilnego, a następnie należy obliczyć maksymalny dobowy dopływ ścieków i całkowitą pojemność czynną osadnika gnilnego.

Średni dobowy dopływ ścieków obliczono ze wzoru:

$$Q_{d\acute{s}r} = q \cdot LM \quad (1)$$

gdzie: $Q_{d\acute{s}r}$ – średniobobowy dopływ ścieków [$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$],
 q – jednostkowy dopływ ścieków [$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{M}^{-1}$],
 LM – liczba mieszkańców podłączonych do przydomowej oczyszczalni ścieków [M].

Natomiast maksymalny dobowy dopływ ścieków obliczono ze wzoru:

$$Q_{d\max} = Q_{d\acute{s}r} \cdot N_{d\max} \quad (2)$$

gdzie: $Q_{d\max}$ – maksymalny dobowy dopływ ścieków [$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$],
 $Q_{d\acute{s}r}$ – średni dobowy dopływ ścieków [$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$],
 $N_{d\max}$ – współczynnik nierównomierności maksymalnej dobowej dopływu ścieków [-].

Wartość współczynnika $N_{d\max}$ dopływu ścieków do osadnika gnilnego zaleca się przyjmować z zakresu [Łomotowski i Szpindor 1999]:

- od 1,5 do 3 dla małych jednostek osadniczych (wieś),
- od 1,3 do 2 dla dużych jednostek osadniczych (miasto).

Następnie obliczono całkowitą pojemność osadnika gnilnego i z katalogów producenta dobrano osadnik gnilny. W celu wyznaczenia całkowitej pojemności osadnika gnilnego należy obliczyć pojemność części przepływowej i fermentacyjnej osadnika z uwzględnieniem 20-procentowej rezerwy łącznej pojemności przepływowej i fermentacyjnej. Rezerwę tę przyjmuje się ze względu na zanieczyszczenia flotujące, które gromadzą się w osadniku w postaci kożucha.

Jednostkową pojemność części przepływowej osadnika gnilnego obliczono ze wzoru [Heidrich 1998]:

$$V_{og}^p = \frac{q \cdot t}{24} \quad (3)$$

gdzie: V_{og}^p – jednostkowa pojemność części przepływowej osadnika gnilnego [$\text{dm}^3 \cdot \text{M}^{-1}$],
 q – jednostkowy dopływ ścieków [$\text{dm}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{M}^{-1}$],
 t – czas zatrzymania ścieków w osadniku gnilnym [h].

Jednostkową pojemność części fermentacyjnej osadnika gnilnego obliczono ze wzoru [Heidrich 1998]:

$$V_{og}^f \geq T_f \cdot 0,65 \quad (4)$$

gdzie: V_{og}^j – jednostkowa pojemność części fermentacyjnej osadnika gnilnego [$\text{dm}^3 \cdot \text{M}^{-1}$],
 T_f – czas fermentacji osadu w osadnikach gnilnych [d],
 0,65 – jednostkowa ilość osadu wstępnego powstającego z sedymentacji zawieszin [$\text{dm}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{M}^{-1}$].

Jednostkową pojemność czynną osadnika gnilnego obliczono ze wzoru [Heidrich 1998]:

$$V_{og}^j = (V_{og}^p + V_{og}^f) \cdot (1 + 20\%) \quad (5)$$

gdzie: V_{og}^j – jednostkowa pojemność czynna osadnika gnilnego [$\text{dm}^3 \cdot \text{M}^{-1}$],
 V_{og}^p – jednostkowa pojemność części przepływowej osadnika gnilnego [$\text{dm}^3 \cdot \text{M}^{-1}$],
 V_{og}^f – jednostkowa pojemność części fermentacyjnej osadnika gnilnego [$\text{dm}^3 \cdot \text{M}^{-1}$],
 $(1+20\%)$ – obliczoną jednostkową pojemność czynną osadnika gnilnego należy zwiększyć o 20%.

Całkowitą pojemność osadnika gnilnego obliczono ze wzoru [Heidrich 1998]:

$$V_{og} = V_{og}^j \cdot M \quad (6)$$

gdzie: V_{og}^j – całkowita pojemność osadnika gnilnego [dm^3],
 V_{og} – jednostkowa pojemność czynna osadnika gnilnego [$\text{dm}^3 \cdot \text{M}^{-1}$],
 M – liczba mieszkańców przypadających na projektowany osadnik.

Przed zwymiarowaniem drenażu rozsączającego należy przeprowadzić test przesiąkliwości gruntu (test perkolacyjny) i określić czas wsiąknięcia 12,5 litra wody do tej warstwy gruntu. Test przesiąkliwości przeprowadza się na głębokości rozsączania ścieków w szybiku o wymiarach: 30 cm szerokości, 30 cm długości i 15 cm głębokości. Po wykonaniu szybika grunt należy dobrze nawilżyć wodą, a następnie wlać do szybika 12,5 litra wody i zmierzyć czas jej wsiąknięcia [Asenizacja... 1994].

Na podstawie czasu wsiąknięcia 12,5 litra wody z tabeli 2 określa się kategorię gruntu, na podstawie której z tabeli 3 odczytuje się dopuszczalne jednostkowe obciążenie hydrauliczne (q_{dop}) drenażu rozsączającego na 1 m długości rurociągu rozsączającego.

Całkowitą długość rurociągu rozsączającego obliczono ze wzoru:

$$L = \frac{Q_{d\text{max}}}{q_{\text{dop}}} \quad (7)$$

gdzie: L – całkowita długość rurociągu rozsączającego [m],
 $Q_{d\text{max}}$ – maksymalny dobowy dopływ ścieków [$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$],
 q_{dop} – dopuszczalne jednostkowe obciążenie hydrauliczne na jeden metr rurociągu rozsączającego [$\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$].

Tabela 2. Klasyfikacja gruntów ze względu na przesiąkliwość określona na podstawie testu przesiąkliwości [Album... 1990]

Table 2. Classification of the land due to the filtration determined based on the percolation test [Album... 1990]

Kategoria gruntu Category of ground	Rodzaj gruntu Type of ground	Czas wsiąkania 12,5 dm ³ wody w minutę Percolation time 12.5 dm ³ of water in a minute	Przesiąkliwość Percolation [min·cm ⁻¹]
A Grunt o bardzo dobrej przepuszczalności Ground with very good permeability	pospółki, żwiry, grube piaski gravel sand, gravel, coarse sand	< 20	< 1,4
B Grunt o dobrej przepuszczalności Ground with good permeability	średnie i drobne piaski, piaski gliniaste medium and fine sands, loamy sands	20–30	1,4-2,1
C Grunt o umiarkowanej przepuszczalności Ground of moderate permeability	gliny piaszczyste sandy clay	30–180	2,1–12,8
D Grunt o złej przepuszczalności Ground of a bad permeability	gliny, ily z domieszką piasku, żwiru itp. clay, loam with an admixture of sand, gravel, etc.	> 180	> 12,8

Tabela 3. Obciążenia hydrauliczne drenażu [Drenaże... 1981]

Table 3. The hydraulic loads of drainage [Drenaże... 1981]

Rodzaj drenażu Type of drainage	Głębokość zalegania wody gruntowej poniżej drenażu Depth of the groundwater below the drainage [m]	Dopuszczalne jednostkowe obciążenie hydrauliczne na jeden metr drenu Permissible unitary hydraulic load per meter of a drain [dm ³ ·m ⁻¹ ·d ⁻¹]				
		Rodzaj gruntu z tabeli 2 Type of ground of Table 2				
		A	A/B	B	C	C/D
Bez warstwy wspomagającej Without the assisting layer	> 1,5	–	–	12–20	6–10	–
Z warstwą wspomagającą With the assisting layer	> 1,5	15–25	15–25	–	–	6–10

W przypadku gruntu o dobrej przepuszczalności, czyli kategorii B lub C (tab. 2 i 3), pod drenażem rozsączającym nie stosuje się warstwy wspomagającej. Natomiast w przypadku gruntu o bardzo dobrej przepuszczalności, czyli kategorii A lub A/B (tab. 2 i 3),

stosuje się warstwę wspomagającą cedzenie, która wydłuża czas filtracji ścieków przez grunt i w której zachodzą procesy doczyszczania ścieków. Z kolei w przypadku gruntu o słabej przepuszczalności, czyli kategorii C/D (tab. 2 i 3), stosuje się warstwę wspomagającą filtrację. Zaleca się, żeby warstwa wspomagająca była wykonana z piasku średniego o miąższości 0,3 m [Kalenik 2015].

Wymiarowanie przydomowej oczyszczalni ścieków ze złożem biologicznym i studnią chłonną należy rozpocząć od zwymiarowania osadnika gnilnego, następnie złoża biologicznego i osadnika wtórnego, a na końcu studni chłonnej.

Zasady wymiarowania osadnika gnilnego

1. Jednostkową pojemność części przepływowej osadnika gnilnego oblicza się ze wzoru (3).

2. Jednostkową pojemność części fermentacyjnej osadnika gnilnego oblicza się ze wzoru [Heidrich 1998]:

$$V_{og}^f \geq T_f \cdot 0,65 + 0,23 \quad (8)$$

gdzie: V_{og}^f – jednostkowa pojemność części fermentacyjnej osadnika gnilnego [$\text{dm}^3 \cdot \text{M}^{-1}$],
 T_f – czas fermentacji osadu w osadnikach gnilnych [d],

0,65 – jednostkowa ilość osadu wstępnego powstającego z sedymentacji zawiesin [$\text{dm}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{M}^{-1}$],

0,23 – jednostkowa objętość osadu nadmiernego powstającego w procesie biologicznego oczyszczania [$\text{dm}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{M}^{-1}$].

3. Jednostkową pojemność czynną osadnika gnilnego oblicza się ze wzoru (5).

4. Całkowitą pojemność osadnika gnilnego oblicza się ze wzoru (6).

Zasady wymiarowania złoża biologicznego

1. Objętość wypełnienia złoża oblicza się ze wzoru [Heidrich 1998]:

$$V_w = \frac{L_{\text{BZT}_5}}{A} \quad (9)$$

gdzie: V_w – objętość wypełnienia złoża [m^3],

L_{BZT_5} – ładunek zanieczyszczeń organicznych (BZT₅) w ściekach doprowadzanych do złoża (ładunek w ściekach odpływających z osadnika wstępnego wraz z ładunkiem w ściekach recyrkulowanych) [$\text{kg BZT}_5 \cdot \text{d}^{-1}$],

A – obciążenie złoża ładunkiem zanieczyszczeń [$\text{kg BZT}_5 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$].

2. Wymaganą powierzchnię złoża biologicznego oblicza się ze wzoru [Heidrich 1998]:

$$F_z = \frac{Q_{ob}}{q} \quad (10)$$

gdzie: F_z – powierzchnia złoża biologicznego [m^2],

Q_{ob} – obliczeniowy przepływ ścieków (ścieki odpływające z osadnika wstępnego i ścieki recyrkulowane) [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$],

q – obciążenie hydrauliczne powierzchni złoża [$\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$].

3. Obciążenie powierzchni właściwej wypełnienia ładunkiem zanieczyszczeń organicznych oblicza się ze wzoru [Heidrich 1998]:

$$A' = \frac{L_{BZT5} \cdot 10^3}{V_w \cdot F_w} \quad (11)$$

gdzie: A' – obciążenie powierzchni właściwej wypełnienia ładunkiem zanieczyszczeń organicznych [$\text{g BZT}_5 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$] ($A' \leq 2 \text{ g BZT}_5 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$),

V_w – objętość wypełnienia złoża [m^3],

L_{BZT5} – ładunek zanieczyszczeń organicznych (BZT_5) w ściekach doprowadzanych do złoża (ładunek w ściekach odpływających z osadnika wstępnego wraz z ładunkiem w ściekach recyrkulowanych) [$\text{kg BZT}_5 \cdot \text{d}^{-1}$],

F_w – powierzchnia właściwa wypełnienia [$\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$].

4. Obciążenie złoża ładunkiem zanieczyszczeń organicznych oblicza się ze wzoru [Heidrich 1998]:

$$A = 0,002 \cdot F_w \quad (12)$$

gdzie: A – obciążenie złoża ładunkiem zanieczyszczeń organicznych [$\text{kg BZT}_5 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$],

F_w – powierzchnia właściwa wypełnienia [$\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$],

0,002 – jednostkowe obciążenie powierzchni właściwej wypełnienia ładunkiem zanieczyszczeń organicznych [$\text{kg BZT}_5 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$].

5. Średnią wartość BZT_5 mieszaniny ścieków oblicza się ze wzoru [Heidrich 1998]:

$$S_m = \frac{S_p + S_R}{q(1 + R)} \quad (13)$$

gdzie: S_m – średnia wartość BZT_5 mieszaniny ścieków [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$],

S_p – jednostkowy ładunek w ściekach odprowadzanych z osadnika wstępnego [$\text{kg BZT}_5 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$],

S_R – jednostkowy ładunek w ściekach recyrkulowanych [$\text{kg BZT}_5 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$],

q – jednostkowy dopływ ścieków [$\text{dm}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{M}^{-1}$],

R – stopień recyrkulacji ścieków, $R = 1$.

6. Efekt oczyszczania ścieków odniesiony do BZT_5 oblicza się ze wzoru [Heidrich 1998]:

$$\eta = \frac{S_m - S_k}{S_m} \quad (14)$$

gdzie: η – efekt oczyszczania ścieków odniesiony do BZT_5 ,

S_m – średnia wartość BZT_5 odniesiona do mieszaniny ścieków oczyszczonych w osadniku wstępnym i ścieków recyrkulowanych [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$],

S_k – BZT₅ ścieków oczyszczonych [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$] (dla przydomowych oczyszczalni ścieków $S_k \leq 0,03 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$).

7. Obciążenie hydrauliczne powierzchni złoża ściekami odpływającymi z osadnika wstępnego i ściekami recyrkulowanymi oblicza się ze wzoru [Heidrich 1998]:

$$Q = \frac{F_w + 50}{(167 + 250)} \quad (15)$$

gdzie: Q – obciążenie hydrauliczne powierzchni złoża ściekami odpływającymi z osadnika wstępnego i ściekami recyrkulowanymi [$\text{m}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$],

F_w – powierzchnia właściwa wypełnienia [$\text{m}^2\cdot\text{m}^{-3}$],

50 – współczynnik zwiększający powierzchnię wypełnienia.

8. Wymaganą powierzchnię złoża biologicznego oblicza się ze wzoru [Heidrich 1998]:

$$F = \frac{Q_{dsr} \cdot (1 + R)}{14 \cdot Q} \quad (16)$$

gdzie: F – wymagana powierzchnia złoża biologicznego [m^2],

Q_{dsr} – obliczeniowy dopływ ścieków z osadnika wstępnego (przepływ średni z godzin dziennych) [$\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$],

Q – obciążenie hydrauliczne powierzchni złoża ściekami odpływającymi z osadnika wstępnego i ściekami recyrkulowanymi [$\text{m}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$],

R – stopień recyrkulacji ścieków, $R = 1$,

14 – liczba godzin dopływu ścieków z osadnika wstępnego.

Zasady wymiarowania osadnika wtórnego

1. Pojemność części przepływowej oblicza się ze wzoru [Heidrich 1998]:

$$V_p = \frac{Q_{dsr}}{14} (1 + R) \cdot t_p \quad (17)$$

gdzie: V_p – pojemność części przepływowej [m^3],

Q_{dsr} – obliczeniowy dopływ ścieków z osadnika wstępnego (przepływ średni z godzin dziennych) [$\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$],

14 – liczba godzin dopływu ścieków z osadnika wstępnego,

R – stopień recyrkulacji ścieków, $R = 1$,

t_p – czas przepływu ścieków przez część przepływową osadnika [h] ($t_p \geq 3,5 \text{ h}$).

Warunki [Heidrich 1998]:

$$- V_p^M \geq 0,075 \text{ m}^3 \cdot \text{M}^{-1},$$

gdzie: V_p^M – minimalna jednostkowa pojemność części przepływowej osadnika [$\text{m}^3\cdot\text{M}^{-1}$], przy $q = 0,15 \text{ m}^3\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$, $R = 1,0$ oraz $t_p = 3,5 \text{ h}$,

– $h_p \geq 1,0$ m,

gdzie: h_p – wysokość części przepływowej osadnika [m].

2. Powierzchnię osadnika oblicza się ze wzoru [Heidrich 1998]:

$$F_o = \frac{Q_{dśr}(1+R)}{14 \cdot q_o} \quad (18)$$

gdzie: F_o – powierzchnia osadnika [m^2],

$Q_{dśr}$ – obliczeniowy dopływ ścieków z osadnika wstępnego (przepływ średni z godzin dziennych) [$m^3 \cdot h^{-1}$],

14 – liczba godzin dopływu ścieków z osadnika wstępnego,

R – stopień recyrkulacji, $R = 1$,

q_o – obciążenie hydrauliczne powierzchni osadnika [$m^3 \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$] ($q_o \leq 0,3 m^3 \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$).

Warunki [Heidrich 1998]:

– $F_o \geq 0,7 m^2$,

– $V_o^M \geq 0,07 m^2 \cdot M^{-1}$,

gdzie: V_o^M – minimalna powierzchnia jednostkowa osadnika [$m^2 \cdot M^{-1}$], przy $q = 0,15 m^3 \cdot M^{-1} \cdot d^{-1}$, $R = 1,0$ oraz $q_o = 0,3 m^3 \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$.

Zasady wymiarowania studni chłonnej

Wymiarując studnię chłonną, należy pamiętać, że jej średnica nie może być mniejsza od 1,0 m [Heidrich i Stańko 2007]. Ponadto przy określaniu wymiarów studni powierzchnię dna oraz ścian do wysokości 1 m nad dnem uwzględnia się jako powierzchnię filtracji [Osmulska-Mróz 1995]. Dno studni chłonnej ulega szybkiej kolmatacji, zatem powierzchnię filtracji określa się jedynie dla ścian studni. Aby określić tę powierzchnię, należy wziąć pod uwagę grubość i przepuszczalność poszczególnych warstw gruntu w wykopie. Tabela 4 przedstawia przykładowe powierzchnie wsiąkania (F_{ws}) dla różnych średnic wykopu (D_w), a także głębokości wykopu poniżej wlotu ścieków (H_w).

Tabela 4. Przykładowe powierzchnie wsiąkania (F_{ws}) [Heidrich 1998]

Table 4. Examples of surface infiltration (F_{ws}) [Heidrich 1998]

D_w [m]	F_{ws} [m^2] dla różnych wartości H_w F_{ws} [m^2] for different values H_w			
	$H_w = 1,2$ m	$H_w = 1,8$ m	$H_w = 2,4$ m	$H_w = 3,0$ m
1,0	3,4	5,1	6,7	8,5
1,5	5,7	8,5	11,3	14,1
2,0	7,9	12,9	15,8	17,8
2,5	9,0	13,6	18,1	20,3

WYNIKI BADAŃ

Badania obejmowały dwa warianty przydomowych oczyszczalni ścieków, które są możliwe do zastosowania we wsi Kawęczyn. Pierwszy wariant dotyczył oczyszczalni z drenażem rozsączającym, a drugi wariant – oczyszczalni ze złożem biologicznym. Badania wykonano w dwóch etapach. Pierwszy etap badań obejmował zaprojektowanie urządzeń do oczyszczania ścieków dla poszczególnych wariantów, natomiast drugi – wykonanie kosztorysów dla zaprojektowanych wariantów przydomowych oczyszczalni ścieków.

Wykorzystując wzory od (1) do (7) dla pierwszego wariantu, obliczono pojemność osadników gnilnych oraz długość drenów dla poszczególnych posesji. Wyniki obliczeń zestawiono w tabelach 5 i 6.

Tabela 5. Zestawienie obliczonych objętości osadników gnilnych dla przydomowej oczyszczalni ścieków z drenażem w miejscowości Kawęczyn

Table. 5. Statement of the calculated volume of septic tanks for household sewage treatment plant with drainage in Kawęczyn

Nr posesji No. property	<i>M</i> [-]	Jednostkowa objętość części przepływowej osadnika gnilnego The unitary volume of flow part of the septic tank [dm ³ ·M ⁻¹]	Jednostkowa objętość części fermentacyjnej osadnika gnilnego The unitary volume of part fermentation of the septic tank [dm ³ ·M ⁻¹]	Jednostkowa objętość czynna osadnika gnilnego wraz z rezerwą 20% The unitary volume of active of the septic tank with a reserve of 20% [dm ³ ·M ⁻¹]	Objętość czynna osadnika gnilnego Active volume of the septic tank [dm ³]
2	4	50	117	201	802
3	5	50	117	201	1002
4	5	50	117	201	1002
5	5	50	117	201	1002
6	3	50	117	201	602
7	5	50	117	201	1002
8	6	50	117	201	1203
9	4	50	117	201	802
9a	5	50	117	201	1002
11	5	50	117	201	1002
12a	6	50	117	201	1203
14	2	50	117	201	402
15	3	50	117	201	602
16	4	50	117	201	802
17	5	50	117	201	1002
17a	5	50	117	201	1002

Analizując wyniki zestawione w tabeli 5, można stwierdzić, że pojemności osadników gnilnych dla poszczególnych posesji nie przekraczają zalecanej minimalnej pojemności czynnej osadnika, wynoszącej 3 m³. W związku z tym dla wszystkich posesji

dobrano osadniki gnilne typu EUROBLOK 3000 o pojemności minimalnej wynoszącej 3 m³ [www.sotralentz.pl. 2015]. Dobrane osadniki gnilne są wydłużonymi zbiornikami o przekroju poprzecznym zbliżonym do kwadratu, wyposażonymi w dwa szyby rewizyjne. Składają się z jednej komory, w której na wylocie ścieków ze zbiornika znajduje się filtr keramzytowy. Takie rozwiązanie gwarantuje bardzo dobre wstępne podczyszczanie ścieków. Konstrukcja osadnika gnilnego umożliwi prawidłową wentylację przydomowej oczyszczalni ścieków, w związku z tym nie wymaga budowy dodatkowego obejścia osadnika gnilnego z rur, którymi by było dostarczane powietrze do ciągów drenaży rozsączających.

Tabela 6. Zestawienie długości ciągów drenażowych w miejscowości Kawęczyn
Table 6. Statement of long strings of drainage in Kawęczyn

Nr posesji No. property	Całkowita długość rurociągów drenażowych The total length of the drainage pipe [m]	Liczba ciągów drenażowych The amount of drainage series	Długość pojedynczego ciągu drenażowego The length of a single of drainage series [m]
2	40	3	14
3	50	3	17
4	50	3	17
5	50	3	17
6	30	3	10
7	50	3	17
8	60	5	12
9	40	4	10
9a	50	5	10
11	50	5	10
12a	60	5	12
14	20	2	10
15	30	3	10
16	40	4	10
17	50	5	10
17a	50	3	17

Zgodnie z zaleceniami długość pojedynczego ciągu rozsączającego nie powinna przekraczać 20 m [Kalenik 2015]. W związku z tym dla każdej posesji zaprojektowano kilka ciągów rozsączających długości nieprzekraczającej 20 m (tab. 6). W celu rozdzielenia ścieków do poszczególnych ciągów rozsączających zostały zaprojektowane studzienki rozdzielcze typu SL-RR 450 [www.sotralentz.pl, 2015]. Studzienki zostały wykonane z PE o średnicy 300 mm i wyposażone w szczelną nakręcaną pokrywę włazową z uszczelką. Dla wszystkich posesji zaprojektowano studzienki o większej wysokości niż 450 mm, w związku z tym studzienki rozdzielcze zostały dodatkowo wyposażone w nadbudowy typu SL-REHR 450 [www.sotralentz.pl. 2015.]. Drenaż rozsączający został zaprojekt-

wany z rur rozszczepiających PVC o średnicy 110 mm [www.sotralentz.pl, 2015]. Dla drenażu rozszczepiającego zaprojektowano również podsypkę wysokości 0,20 m oraz nadsypkę wysokości 0,10 m. W projekcie zastosowano także geowłókninę, która będzie oddzielała warstwę nadsypki i gruntu rodzimego. Rury rozszczepiające zostały zakończone studzienką zamykającą drenaż rozszczepiający typu SL-RBOU 450 [www.sotralentz.pl, 2015].

W tabeli 7 zestawiono elementy dla pierwszego wariantu, z których zaprojektowano przydomowe oczyszczalnie ścieków z drenażem rozszczepiającym dla miejscowości Kawęczyn.

Tabela 7. Zestawienie ilościowe elementów zaprojektowanych przydomowych oczyszczalni ścieków z drenażem dla miejscowości Kawęczyn

Table 7. Statement of quantitative elements of the household sewage treatment plants with drainage designed for the village Kawęczyn

Nazwa elementu Name of element	Ilość Amount
Osadnik gnilny typu EUROBLOK 3000, $V = 3 \text{ m}^3$ Septic tank of type EUROBLOK 3000, $V = 3 \text{ m}^3$	16 szt. pcs.
Studzienka rozdzielcza typu SL-RR 450 Distribution chamber of type SL-RR 450	16 szt. pcs.
Nadbudowa studzienki typu SL-REHR 250 Chamber superstructure of type SL-REHR 250	32 szt. pcs.
Studzienka zamykająca typu SL-RBOU 450 Closing chamber of type SL-RBOU 450	16 szt. pcs.
Rury drenażowe PVC ϕ 110 mm Drainage pipes PVC ϕ 110 mm	726 m
Rury PVC ϕ 110 mm Pipes PVC ϕ 110 mm	32 m
Geowłóknina Geotextile	726 m

Wykorzystując wzory od (8) do (18), dla drugiego wariantu obliczono pojemność osadników gnilnych, parametry złożeń biologicznych i osadników wtórnych oraz wymiary studni chłonnych dla poszczególnych posesji. Wyniki obliczeń zestawiono w tabelach 8, 9, 10 i 11.

Do obliczeń parametrów złoża biologicznego przyjęto następujące wartości: $q = 0,15 \text{ m}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, $R = 1$, $F_w = 120 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$, $S_p = 0,036 \text{ kg BZT}_5 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, $S_R = 0,0045 \text{ kg BZT}_5 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$.

Analizując wyniki zestawione w tabeli 8, można stwierdzić, że pojemność osadników gnilnych w przydomowych oczyszczalniach ścieków ze złożem biologicznym dla poszczególnych posesji również nie przekracza zalecanej minimalnej pojemności czynnej osadnika, wynoszącej 3 m^3 . W związku z tym również i w tym wariantcie dla wszystkich posesji dobrano osadniki gnilne typu EUROBLOK 3000 o pojemności minimalnej wynoszącej 3 m^3 [www.sotralentz.pl, 2015].

Następnie analizując wyniki zestawione w tabeli 9 i 10, dla wszystkich posesji dobrano złożo biologiczne typu BIOCLERE B10 wraz z osadnikiem wtórnym [www.eko-finn.pl, 2015]. Złożo znajduje się w obudowie wraz ze studzienką dolną SU, która pełni rolę osadnika wtórnego. Wypełnienie złoża stanowią kształtki HUFO z polipropylenu.

Tabela 8. Zestawienie obliczonych pojemności osadników gnilnych dla przydomowej oczyszczalni ścieków ze złożem biologicznym w miejscowości Kawęczyn

Table 8. Statement of calculated volume of the septic tanks for household sewage treatment plant with bio filter in Kawęczyn

Nr posesji No. property	M [-]	Jednostkowa objętość części przepływowej osadnika gnilnego The unitary volume of flow part of the septic tank [dm ³ ·M ⁻¹]	Jednostkowa objętość części fermentacyjnej osadnika gnilnego The unitary volume of part fermentation of the septic tank [dm ³ ·M ⁻¹]	Jednostkowa objętość czynna osadnika gnilnego wraz z rezerwą 20% The unitary volume of active of the septic tank with a reserve of 20% [dm ³ ·M ⁻¹]	Objętość czynna osadnika gnilnego Active volume of the septic tank [dm ³]
2	4	50	160	252	1008
3	5	50	160	252	1260
4	5	50	160	252	1260
5	5	50	160	252	1260
6	3	50	160	252	756
7	5	50	160	252	1260
8	6	50	160	252	1512
9	4	50	160	252	1008
9a	5	50	160	252	1260
11	5	50	160	252	1260
12a	6	50	160	252	1512
14	2	50	160	252	504
15	3	50	160	252	756
16	4	50	160	252	1008
17	5	50	160	252	1260
17a	5	50	160	252	1260

Tabela 9. Zestawienie wyników obliczeń parametrów złoża biologicznego dla miejscowości Kawęczyn

Table 9. Statement of the results of calculations parameters of the bio filter for Kawęczyn

Nr posesji No. property	M [-]	A [kg BZT ₅ ·m ⁻³ ·d ⁻¹]	L_{BZT5} [kg BZT ₅ ·M ⁻¹ ·d ⁻¹]	V_w^M [m ³ ·M ⁻¹]	V_w [m ³]	S_m [kg·m ⁻³]	η [-]	Q [m ³ ·m ⁻² ·h ⁻¹]	F [m ²]	A' [g BZT ₅ ·m ⁻² ·d ⁻¹]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	4	0,24	0,0405	0,17	0,676	0,135	0,78	0,85	0,101	0,5
3	5	0,24	0,0405	0,17	0,845	0,135	0,78	0,85	0,126	0,4
4	5	0,24	0,0405	0,17	0,845	0,135	0,78	0,85	0,126	0,4
5	5	0,24	0,0405	0,17	0,845	0,135	0,78	0,85	0,126	0,4
6	3	0,24	0,0405	0,17	0,507	0,135	0,78	0,85	0,076	0,7

Tabela 9, cd.
Table 9, cont.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	5	0,24	0,0405	0,17	0,845	0,135	0,78	0,85	0,126	0,4
8	6	0,24	0,0405	0,17	1,014	0,135	0,78	0,85	0,151	0,3
9	4	0,24	0,0405	0,17	0,676	0,135	0,78	0,85	0,101	0,5
9a	5	0,24	0,0405	0,17	0,845	0,135	0,78	0,85	0,126	0,4
11	5	0,24	0,0405	0,17	0,845	0,135	0,78	0,85	0,126	0,4
12a	6	0,24	0,0405	0,17	1,014	0,135	0,78	0,85	0,151	0,3
14	2	0,24	0,0405	0,17	0,338	0,135	0,78	0,85	0,050	0,1
15	3	0,24	0,0405	0,17	0,507	0,135	0,78	0,85	0,076	0,7
16	4	0,24	0,0405	0,17	0,676	0,135	0,78	0,85	0,101	0,5
17	5	0,24	0,0405	0,17	0,845	0,135	0,78	0,85	0,126	0,4
17a	5	0,24	0,0405	0,17	0,845	0,135	0,78	0,85	0,126	0,4

Tabela 10. Zestawienie wyników obliczeń parametrów osadników wtórnych dla miejscowości Kawęczyn

Table 10. Statement of results of the calculation parameters secondary settling tanks for Kawęczyn

Nr posesji No. property	M [-]	V_p [m ³]	F_o [m ²]
2	4	0,301	0,287
3	5	0,378	0,36
4	5	0,378	0,36
5	5	0,378	0,36
6	3	0,224	0,213
7	5	0,378	0,36
8	6	0,448	0,427
9	4	0,301	0,287
9a	5	0,378	0,36
11	5	0,378	0,36
12a	6	0,448	0,427
14	2	0,147	0,14
15	3	0,224	0,213
16	4	0,301	0,287
17	5	0,378	0,36
17a	5	0,378	0,36

Tabela 11. Zestawienie dobranych studni chłonnych dla miejscowości Kawęczyn

Table 11. Statement of chosen the absorbing wells for Kawęczyn

Nr posesji No. prop- erty	M [-]	Średnica studni chłonnej The diameter of the absorbing well [m]	H_w [m]
1	2	3	4
2	4	1,5	1,2
3	5	1,5	1,2
4	5	1,5	1,2
5	5	1,5	1,2
6	3	1,5	1,2
7	5	1,5	1,2
8	6	1,5	1,8
9	4	1,5	1,2
9a	5	1,5	1,2
11	5	1,5	1,2
12a	6	1,5	1,8
14	2	1,5	1,2
15	3	1,5	1,2
16	4	1,5	1,2
17	5	1,5	1,2
17a	5	1,5	1,2

W złożu BIOCLERE zastosowano dwie pompy typu KP-150 firmy GRUNDFOS. Pompy służą do podawania ścieków na złożo biologiczne i do przetłaczania co 2 godziny osadu do osadnika gnilnego.

Studnię chłonną, która będzie odprowadzać ścieki oczyszczone do gruntu, dobrano z perforowanych kręgów betonowych typu WI-POL, o średnicy 1,5 m [www.wipol.pl, 2015] (tab. 11). W studniach tych zastosowano dolną i górną warstwę filtracyjną. Dolna warstwa o miąższości 1,0 m będzie wykonana z drobnego żwiru, natomiast górna o miąższości 0,5 m – z piasku. W tabeli 12 zestawiono elementy dla drugiego wariantu, z których zaprojektowano przydomowe oczyszczalnie ścieków ze złożem biologicznym i studnią chłonną dla miejscowości Kawęczyn.

Tabela 12. Zestawienie ilościowe elementów zaprojektowanych przydomowych oczyszczalni ścieków ze złożem biologicznym i studnią chłonną dla miejscowości Kawęczyn

Table 12. Statement of quantitative elements of the household sewage treatment plants with bio filter and absorbing well designed for the village Kawęczyn

Nazwa elementu Name of element	Ilość Amount
Osadnik gnilny typu EUROBLOK 3000, $V = 3 \text{ m}^3$ Septic tank of type EUROBLOK 3000, $V = 3 \text{ m}^3$	16 szt. pcs.
Złożo biologiczne typu BIOCLERE B10 Bio filter of type BIOCLERE B10	16 szt. pcs.
Studnia chłonna z perforowanych kręgów betonowych ϕ 150 mm typu WI-POL Absorbing well from perforated concrete rings ϕ 150 mm of type WI-POL	16 szt. pcs.
Rury PVC ϕ 160 mm Pipes PVC ϕ 160 mm	43 mb.

Koszty budowy przydomowych oczyszczalni ścieków dla miejscowości Kawęczyn obliczono za pomocą programu do kosztorysowania NORMA PRO. W tabeli 13 zestawiono poszczególne rodzaje kosztów budowy przydomowych oczyszczalni ścieków dla zaprojektowanych wariantów.

Tabela 13. Zestawienie kosztów budowy dla zaprojektowanych wariantów przydomowych oczyszczalni ścieków możliwych do wybudowania w miejscowości Kawęczyn

Table 13. Statement of the construction costs for the designed variants of possible household sewage treatment plants to be built in the village Kawęczyn

Warianty Variants	Koszty robocizny brutto Gross labor costs [zł]	Koszty materiałów brutto Gross material costs [zł]	Koszty sprzętu brutto Gross hardware costs [zł]	Koszty całkowite brutto Gross total costs [zł]
Przydomowe oczyszczalnie ścieków z drenażem rozsączającym Household sewage treatment plant with drainage	47 984	143 335	27 829	219 147
Przydomowe oczyszczalnie ścieków ze złożem biologicznym Household sewage treatment plant with bio filter	60 832	466 651	63 436	590 918

Analizując koszty zestawione w tabeli 13, można stwierdzić, że w przypadku przydomowych oczyszczalni ścieków z drenażem rozsączającym koszty robocizny stanowią 22%, koszty materiałów 65%, natomiast koszty sprzętu 13% całkowitych kosztów budowy. Natomiast biorąc pod uwagę przydomowe oczyszczalnie ścieków ze złożem biologicznym, widać, że koszty robocizny stanowią 10%, koszty materiałów 79%, a koszty sprzętu 11% całkowitych kosztów budowy.

PODSUMOWANIE

Analizując tabelę 13, można stwierdzić, że koszty budowy przydomowych oczyszczalni ścieków z drenażem rozsączającym dla wsi Kawęczyn są ponad dwukrotnie niższe od kosztów budowy oczyszczalni ze złożem biologicznym. Mogłoby się wydawać, że przy tak dużej rozbieżności cen lepszym rozwiązaniem jest budowa przydomowych oczyszczalni ścieków z drenażem rozsączającym. Koszt budowy jest ważnym czynnikiem, jednak przy wyborze rodzaju przydomowych oczyszczalni ścieków niewskazane jest, żeby sugerować się jedynie ceną. W takich rozważaniach należy wziąć pod uwagę jeszcze inne czynniki, na przykład skuteczność oczyszczania ścieków. Dzięki zastosowaniu recyrkulacji w złożu biologicznym uzyskuje się lepszą skuteczność redukcji zanieczyszczeń niż w drenażu rozsączającym. Jakość ścieków oczyszczonych w drenażu rozsączającym nie jest wystarczająco dobra, by stosować drenaż w miejscach płytkiego występowania wód podziemnych, przykrytych gruntami przepuszczalnymi. W przypadku oczyszczalni z drenażem rozsączającym nie ma możliwości kontroli skuteczności oczyszczania ścieków.

Procesy, które zachodzą w oczyszczalni ze złożem biologicznym, odbywają się w układzie zamkniętym i nie mają wpływu na obiekty znajdujące się w otoczeniu. Budowa oczyszczalni ze złożem biologicznym wymaga znacznie mniejszej powierzchni terenu niż w przypadku oczyszczalni z drenażem rozsączającym. Ponadto dodatkową wadą oczyszczalni z drenażem rozsączającym jest ograniczenie możliwości zagospodarowania terenu. Powierzchnia, na której zostanie wybudowany drenaż rozsączający, nie może być wykorzystana jako parking lub droga dla ciężkich pojazdów. Teren nad ciągami rozsączającymi można obsadzić roślinnością, ale nie może ona mieć zbyt rozbudowanego systemu korzeniowego.

Eksploatacja oczyszczalni ze złożem biologicznym polega na przepłukiwaniu wypełnienia złoża oraz ewentualnej wymianie części mechanicznych, które narażone są na zużycie. Mankamentem tego systemu, w przeciwieństwie do oczyszczalni z drenażem rozsączającym, jest zużycie energii elektrycznej podczas eksploatacji. Dodatkowym kosztem eksploatacji jest stosowanie biopreparatów, które poprawiają efekt redukcji zanieczyszczeń w oczyszczalni. Drenaż rozsączający również wymaga stosowania biopreparatów, a także częstego płukania ciągów rozsączających. Po dłuższej eksploatacji podłoże gruntowe pod ciągami rozsączającymi może ulec zakolmatowaniu. W takiej sytuacji należy przeprowadzić prace konserwacyjne, które związane są z dodatkowymi kosztami. Prace te wymagają demontażu ciągów rozsączających, wymiany podłoża gruntowego, przepłukania rurociągów rozsączających i żwiru oraz ponownego montażu rurociągów rozsączających.

Biorąc pod uwagę wszystkie czynniki za i przeciw, uznano, że zastosowanie przydomowych oczyszczalni ścieków ze złożem biologicznym będzie korzystniejszym rozwiązaniem niż zastosowanie przydomowych oczyszczalni ścieków z drenażem rozsączającym. Dzięki zastosowaniu oczyszczalni ze złożem biologicznym uzyskuje się lepszą jakość oczyszczonych ścieków, co jest bardzo istotne z uwagi na ochronę wód podziemnych. Dodatkowym atutem przydomowych oczyszczalni ścieków ze złożem biologicznym jest mała powierzchnia potrzebna do ich budowy.

WNIOSKI

1. Zasady projektowania przydomowych oczyszczalni ścieków z drenażem rozsączającym lub złożem biologicznym nie są skomplikowane. Decydujący wpływ we wsi Kawęczyn na wymiary drenażu oraz sposób jego rozmieszczenia ma podłoże gruntowe. Natomiast zaprojektowanie przydomowych oczyszczalni ścieków ze złożem biologicznym wymaga wykonania większej liczby obliczeń niż w przypadku projektowania przydomowych oczyszczalni ścieków z drenażem rozsączającym. Decydującym parametrem o wymiarach złoża biologicznego jest powierzchnia właściwa wypełnienia złoża.

2. Całkowite koszty budowy przydomowych oczyszczalni ścieków dla wsi Kawęczyn ze złożem biologicznym są ponad dwukrotnie wyższe od całkowitych kosztów budowy oczyszczalni z drenażem rozsączającym. Największy wpływ na całkowite koszty budowy oczyszczalni zarówno z drenażem rozsączającym, jak i ze złożem biologicznym mają koszty materiałów. W przypadku przydomowych oczyszczalni ścieków z drenażem rozsączającym najmniejszy wpływ na koszty całkowite budowy mają koszty sprzętu. W przypadku oczyszczalni ścieków ze złożem biologicznym koszty robocizny i koszty sprzętu mają podobny udział procentowy w kształtowaniu całkowitych kosztów budowy.

3. Najkorzystniejszym rozwiązaniem dla wsi Kawęczyn jest wariant przydomowych oczyszczalni ścieków ze złożem biologicznym.

PIŚMIENNICTWO

- Album wzorcowych rozwiązań odprowadzania i unieszkodliwiania ścieków bytowo-gospodarczych z wiejskich gospodarstw zagrodowych (1990). MUZ, Falenty.
- Asenizacja indywidualna (1994). Zeszyty techniczne Francuskiego Ministerstwa Ochrony Środowiska. Biuro Współpracy Polsko-Francuskiej w Dziedzinie Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Drenaże do rozsączania ścieków (1981). Centrum Techniki Komunalnej, Warszawa.
- Heidrich, Z. (1998). Przydomowe oczyszczalnie ścieków. Poradnik. Centralny Ośrodek Informacji Budownictwa, Warszawa.
- Heidrich, Z., Stańko, G. (2007). Leksykon przydomowych oczyszczalni ścieków. Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o. o., Warszawa.
- Kalenik, M. (2013). Skuteczność oczyszczania ścieków w żwirze pod drenażem rozsączającym ścieki. *Rynek Instalacyjny*, 10, 80–83.
- Kalenik, M. (2014). Skuteczność oczyszczania ścieków w gruncie piaszczystym z warstwą naturalnego klinoptylolitu. *Ochrona Środowiska*, 36, 3, 43–48.

- Kalenik, M. (2015). Zaopatrzenie w wodę i odprowadzanie ścieków. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Łomotowski, J., Szpindor, A. (1999). Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków. Arkady, Warszawa
- Osmulka-Mróż, B. (1995). Lokalne systemy oczyszczania ścieków. Poradnik. Wydawnictwo Instytutu Ochrony Środowiska, Warszawa.
- 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.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz.U. nr 0, poz. 1800.
- www.ekofinn.pl (2015). Katalog przydomowych oczyszczalni ścieków ze złożem biologicznym (17.04.2015).
- www.geoportal.gov.pl (2015). Mapy (17.04.2015).
- www.sotralentz.pl (2015). Katalog przydomowych oczyszczalni ścieków z drenażem (17.04.2015)
- www.wipol.pl (2015). Katalog studni chłonnych (17.04.2015).

THE ANALYSIS AND SELECTION OF AN APPROPRIATE OPTION FOR THE CONSTRUCTION OF HOUSEHOLD SEWAGE TREATMENT PLANTS

Abstract. The purpose of this paper is to present how to proceed when choosing the most appropriate variant of household sewage treatment plants that could be built in the villages of dispersed buildings. The scope of work includes the preparation of two variants of the concept of household sewage treatment plants, analyze and choose the most appropriate variant for use in the village Kawęczyn. The paper presents, for what conditions soil-water can be used of household sewage treatment plants under the new Regulation of the Minister of the Environment [2014]. The presented was an analysis of the data collected to design and selected usable in the village Kawęczyn variants of household sewage treatment plants. Design methodology was given for selected variants household sewage treatment plants. The presented was results of hydraulic calculations and chosen were household sewage treatment plants for the analyzed variants. The calculated was cost for designed variants of household sewage treatment plants. The performed an analysis of all the data and selected for the village Kawęczyn variant of household sewage treatment plants with bio filter.

Key words: domestic sewage, septic tank, household sewage treatment plant, drainage, bio filter

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 20.06.2015

Cytowanie: Kalenik, M., Pęczak, P. (2015). Analiza i wybór do budowy odpowiedniego wariantu przydomowych oczyszczalni ścieków. *Acta Sci. Pol., Architectura* 14 (2), 31–51.