

Zbigniew HEIDRICH

Instytut Zaopatrzenia w Wodę i Budownictwa Wodnego, Zakład Zaopatrzenia w Wodę i Oczyszczania Ścieków, Politechnika Warszawska
Water Supply and Construction Institute, Water Supply and Waste Treatment Division, Warsaw Technical University

Kierunki rozwiązań systemów kanalizacyjnych na terenach wiejskich

Trends in designing sewage systems for rural areas

Słowa kluczowe: ochrona środowiska, kanalizacja, oczyszczanie ścieków, oczyszczalnia, sprawność oczyszczania, BZT₅, ChZT, związki biogenne

Key words: environmental protection, sewerage systems, waste treatment, treatment plant, treatment efficiency, BOD₅, COD, biogenic compounds

Stan skanalizowania obszarów wiejskich jest daleki od zadowalającego. Stwierdzenie to dotyczy nie tylko najmniejszych jednostek osadniczych, ale również jednostek osadniczych będących siedzibą władz gminnych. W wielu też przypadkach zastosowane rozwiązania są dalekie od rozwiązań optymalnych, tzn. rozwiązań ujmujących specyfikę kanalizowanego terenu, a przede wszystkim znaczne rozproszenie zabudowy mieszkaniowej. Ta ostatnia cecha terenów wiejskich wskazuje jednoznacznie na to, że w wielu wypadkach jedynym, uzasadnionym ekonomicznie, rozwiązaniem jest zastosowanie przydomowych oczyszczalni ścieków.

Analizując systemy kanalizacyjne stosowane na terenach wiejskich należy oddzielnie rozpatrywać sieci kanalizacyjne i oczyszczalnie ścieków w przypadku zbiorczych systemów oraz przydomowe oczyszczalnie ścieków lub zbiorniki do gromadzenia ścieków w przypadku systemów indywidualnych. Każdorazowo wybór systemu kanalizacyjnego powinien być wynikiem rzetelnej analizy techniczno-ekonomicznej, obejmującej różne systemy kanalizacyjne z uwzględnieniem kosztów realizacji i kosztów eksploatacji.

Przy wyborze systemu odprowadzania ścieków należy wziąć pod uwagę takie rozwiązania, jak:

- jednoznaczna kanalizacja grawitacyjna bez konieczności stosowania pompowni sieciowych,
- kanalizacja grawitacyjna współpracująca z pompowniami sieciowymi oraz przewodami tłocznymi,
- kanalizacja ciśnieniowa,
- kanalizacja podciśnieniowa.

Oczywiste jest, że z wielu punktów widzenia zdecydowanie najkorzystniejsze jest zastosowanie kanalizacji grawitacyjnej, ale pod warunkiem możliwości wykorzystania naturalnych spadków terenu oraz przy nisko położonym poziomie wód gruntowych. Jest to wówczas rozwiązanie charakteryzujące się względnie niskimi kosztami realizacji i praktycznie „zerowymi” kosztami bieżącej eksploatacji.

Wprowadzenie pompowni sieciowych współpracujących z przewodami tłocznymi może się niekiedy okazać tańsze po względem kosztów realizacji od wariantu poprzedniego ze względu na możliwość wyłączenia sieci, ale niesie za sobą określone koszty eksploatacji związane ze zużyciem energii elektrycznej w pompowniach. Należy zwrócić uwagę na konieczność niezawodnego dopływu energii elektrycznej.

Kanalizacja ciśnieniowa i podciśnieniowa to tzw. niekonwencjonalne systemy odprowadzania ścieków. Wybór jednego z tych systemów będzie zawsze stwarzał określone trudności natury techniczno-ekonomicznej oraz z punktu widzenia niezawodności działania systemu. W przypadku kanalizacji ciśnieniowej należy zapewnić niezawodne działanie pompowni przydomowych, co się oczywiście wiąże z ciągłym dopływem energii elektrycznej. To samo zagadnienie dotyczy kanalizacji podciśnieniowej, ale jest odniesione do niewielkiej liczby obiektów, jakimi są pompownie próżniowo-tłoczne. Dla tych elementów systemu może się okazać celowe zastosowanie agregatów prądotwórczych.

W chwili obecnej brak jest jednoznacznych wskazówek co do wyboru

najwłaściwszego rozwiązania systemu odprowadzania ścieków z jednostek osadniczych o różnej wielkości i gęstości zaludnienia oraz różnym ukształtowaniu terenu. Wydaje się, że tam, gdzie nie jest możliwe zastosowanie jednoznacznej kanalizacji grawitacyjnej, powinna być preferowana kanalizacja podciśnieniowa, ale z zaworami opróżniającymi o przelocie nie mniejszym niż 3/4 cala, ze względu na sposób korzystania z kanalizacji.

Przy wymiarowaniu systemu odprowadzania ścieków należy przyjmować jednostkową średnią dobową ilość ścieków nie większą niż $0,12 \text{ m}^3/(\text{M}\cdot\text{d})$ oraz jednostkową godzinową ilość ścieków $0,012 \text{ m}^3/(\text{M}\cdot\text{h})$. Jednocześnie należy pamiętać o tym, że podane ilości ścieków obejmują nie tylko ścieki powstające w gospodarstwach domowych, ale również ścieki odprowadzane z zakładów i obiektów o charakterze usługowym. Biorąc powyższe pod uwagę, można przyjąć, że ilość ścieków odprowadzanych z jednego gospodarstwa nie powinna przekraczać odpowiednio: $0,5 \text{ m}^3/\text{d}$ oraz $0,05 \text{ m}^3/\text{h}$.

Drugim elementem zbiorczych systemów kanalizacyjnych są oczyszczalnie ścieków. Są to obiekty, które obsługują zazwyczaj nie więcej niż 10 000 mieszkańców. Wynikają z tego określone wymagania dotyczące jakości ścieków oczyszczonych. Jeżeli odbiornikami ścieków oczyszczonych nie będą jeziora i ich dopływy oraz sztuczne zbiorniki retencyjne, to zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 8 lipca 2004 roku (DzU nr 168, poz. 1763) wymagania dotyczące jakości ścieków oczyszczonych odniesione są tylko do BZT₅, ChZT i zawiesin

ogólnych. To też narzuca preferencja dla układów technologicznych, bardzo oszczędnych z punktu widzenia kosztów realizacji i eksploatacji. Wobec braku konieczności usuwania związków azotu i fosforu (związków biogennych) możliwe byłoby do zastosowania następujące układy technologiczne oczyszczalni ścieków:

- oczyszczalnie mechaniczno-biologiczne z wykorzystaniem złóż biologicznych,
- oczyszczalnie mechaniczno-chemiczno-biologiczne z różnymi rozwiązaniami części biologicznej,
- oczyszczalnie mechaniczno-biologiczne z wykorzystaniem reaktorów o działaniu sekwencyjnym typu SBR.

Nie zaleca się stosowania, dla wiejskich jednostek osadniczych, układów przepływowych, których zastosowanie zawsze będzie się wiązało z zapewnieniem wysoko wyspecjalizowanej obsługi.

Oczyszczalnie ze złożami biologicznymi powinny być preferowane na terenach wiejskich jednostek osadniczych ze względu na bardzo prostą obsługę i bardzo niskie koszty eksploatacji, a w szczególności koszty zużycia energii elektrycznej (Heidrich i in. 2004). Należy jednak wziąć pod uwagę to, że zastosowanie złóż biologicznych będzie poprzedzone osadnikiem Imhoffa, którego koszt realizacji stanowi 25–50% ogólnych kosztów budowy tego rodzaju oczyszczalni ścieków, natomiast złoża biologiczne 15–20%. Warto podać, że stosując złoża biologiczne jednostkowa objętość wypełnienia stanowi zaledwie 0,1 m³/M (Wytyczna ATV... 2002). Zastąpienie osadników Imhoffa nowymi urządzeniami do wstępnego oczyszczania ścieków

znacznie zwiększyłyby atrakcyjność tego typu rozwiązania technologicznego.

Wprowadzenie oczyszczania chemicznego pomiędzy oczyszczaniem mechanicznym i biologicznym powoduje znaczne zmniejszenie wymaganej pojemności reaktorów biologicznych. Rozwiązanie to polega na tym, że po wstępnym mechanicznym oczyszczeniu, polegającym na zastosowaniu procesów cedzenia i sedymentacji zawiesin mineralnych, realizowanych na kratkach lub sitach i w piaskownikach, ścieki poddawane są oczyszczaniu chemicznemu z wykorzystaniem procesu pełnej koagulacji objętościowej. Rolę komory szybkiego mieszania (mieszalnika) może z powodzeniem spełniać piaskownik, bowiem panuje w nim ruch burzliwy, a czas zatrzymania ścieków nie przekracza 1 minuty. Komora flokulacji, o czasie zatrzymania 20 minut, może być wbudowana w miejsce rury centralnej osadnika o przepływie pionowym, pełniącym rolę osadnika pokoagulacyjnego o czasie zatrzymania ścieków nieprzekraczającym 1 godziny. Oczyszczanie biologiczne może być realizowane z zastosowaniem reaktora typu SBR, którego zastosowanie nie wymaga stosowania osadnika wtórnego. Reaktor SBR będzie przeznaczony wyłącznie do usuwania związków węgla organicznego i w związku z tym może pracować przy względnie dużym obciążeniu osadu czynnego dochodzącym do 0,2 kg BZT₅(kg s.m.d). Zastosowanie omawianego układu technologicznego oczyszczalni ścieków wymagać będzie jednostkowej pojemności urządzeń technologicznych około 40 dm³/M (Heidrich 2004a). Jest to układ względnie prosty z punktu widzenia eksploatacji,

jednakże wymagający fachowej obsługi związanej z zapewnieniem ciągłości dawkowania koagulantu oraz nadzorowania pracy reaktora SBR. Warto wspomnieć, że dotychczasowe doświadczenia wykazały, iż dawka koagulantu nie będzie przekraczała 75 g/m^3 (np. koagulant PIX-113), a realizacja pełnego procesu koagulacji objętościowej spowoduje obniżenie BZT_5 mniej więcej 75%. Koszty eksploatacji związane z wprowadzeniem koagulantu można szacować na poziomie nieprzekraczającym $0,02\text{--}0,03 \text{ zł/m}^3$ (Heidrich 2004a).

Trzeci z proponowanych układów zbiorczych oczyszczalni ścieków dla terenów wiejskich bazuje na mechanicznym oczyszczaniu z zastosowaniem krat bądź sit i ewentualnie piaskowników oraz biologicznym oczyszczaniu z zastosowaniem reaktorów o działaniu sekwencyjnym typu SBR (Wytyczna ATV... 1997). Reaktory tego rodzaju powinny być poprzedzone zbiornikiem retencyjnym, a ich liczba nie powinna być mniejsza od dwóch. Takie wymagania wiążą się z rytmem pracy reaktorów, gdzie w każdym cyklu oczyszczania (liczba cykli od 2 do 4 w ciągu doby) występuje faza sedymentacji, dekantacji oraz faza tzw. martwa (odprowadzanie osadu nadmiernego), kiedy to nie dostarcza się ścieków do reaktora. Wówczas to ścieki podlegają właściwemu oczyszczaniu w drugim reaktorze bądź też są gromadzone w zbiorniku retencyjnym. To rozwiązanie charakteryzuje duża odporność na zmienny dopływ ścieków w sensie ilościowym i jakościowym. Oczyszczalnie tego typu mogą być stosowane na potrzeby jednostek osadniczych bez ograniczania licz-

by obsługiwanym mieszkańców. Przyjmując, że obciążenie osadu czynnego wyniesie $0,2 \text{ kg BZT}_5 (\text{kg s.m.}\cdot\text{d})$, a stężenie osadu $3,5 \text{ kg s.m./m}^3$, jednostkowa pojemność reaktorów powinna wynosić około $90 \text{ dm}^3/\text{M}$ (Heidrich 2004a), bez uwzględnienia pojemności zbiornika retencyjnego. Należy wziąć pod uwagę, że rozwiązanie to charakteryzować będzie względnie wysokie zużycie energii elektrycznej, które w oczyszczalniach obsługujących do 1000 mieszkańców kształtować się będzie na poziomie powyżej 2 kWh/m^3 , a w oczyszczalniach obsługujących 10 000 mieszkańców – nie mniej niż $0,6 \text{ kWh/m}^3$.

Osobnym, aczkolwiek bardzo istotnym problemem w przypadku stosowania zbiorczych oczyszczalni ścieków jest przeróbka i zagospodarowanie osadów. Sucha masa powstających osadów wynosić będzie od 45 kg s.m./d dla $\text{RLM} = 10\ 000$ do 450 kg s.m./d dla $\text{RLM} = 100\ 000$. Stosowane powinny być dwa podstawowe procesy, a mianowicie stabilizacja i odwadnianie. Proces stabilizacji beztlenowej jest stosowany w oczyszczalniach ze złożami biologicznymi, gdyż w tym przypadku fermentacja psychrofilowa jest realizowana w komorach fermentacyjnych osadników Imhoffa. W oczyszczalniach ścieków pracujących według technologii osadu czynnego konieczne jest stosowanie stabilizacji tlenowej, przy czym czas stabilizacji powinien wynosić 15–20 dni i powinien być dostosowany do wieku osadu charakteryzującego pracę reaktorów z osadem czynnym. Osad ustabilizowany w warunkach beztlenowych lub tlenowych powinien być poddany procesowi odwadniania

w warunkach sztucznych. Orientacyjnie można podać, że wówczas gdy liczba mieszkańców obsługiwanych przez oczyszczalnię ścieków nie przekracza 3750, zaleca się stosowanie urządzeń typu DRAIMAD, a powyżej tej liczby mieszkańców – pras taśmowych, np. typu MONOBELT. Zawartość substancji w odwodnionym osadzie wynosi na ogół 18–22% s.m. Wynika z tego, że ilość osadu odwodnionego będzie wynosiła od 0,225 m³/d do 2,25 m³/d dla jednostek osadniczych od 1000 do 10 000 mieszkańców. Odwodniony osad może być wykorzystywany na cele nieprzemysłowe, w tym w rolnictwie, pod warunkiem spełnienia odpowiednich badań bakteriologicznych i parazytologicznych oraz dopuszczalnej zawartości metali ciężkich. Wymagania określone w aktualnie obowiązujących przepisach dotyczą nie tylko osadu, ale również terenu, gdzie przewiduje się wykorzystanie osadu.

W przypadku znacznego rozproszenia zabudowy na terenach wiejskich, powodującego, że jednostkowa długość sieci kanalizacyjnej przekracza kilkanaście metrów na mieszkańca, zaleca się stosowanie indywidualnych sposobów gromadzenia lub unieszkodliwiania ścieków. Ścieki mogą być gromadzone w zbiornikach bezodpływowych i okresowo wywożone do punktowo zlewnych na terenie oczyszczalni ścieków lub świadomie oczyszczane w przydomowych oczyszczalniach ścieków. W tym drugim przypadku najczęściej będą stosowane osadniki gnilne współpracujące z drenazem rozsączającym, ale pod warunkiem spełnienia następujących warunków:

- ilość odprowadzanych ścieków nie przekroczy 5 m³/d,
- wstępne oczyszczanie ścieków gwarantuje obniżenie BZT₅ o 20% i stężenie zawiesin ogólnych o 50%,
- poziom wód podziemnych znajduje się co najmniej 1,5 m pod poziomem ułożenia drenów drenażu rozsączającego.

Jeżeli warunki te nie będą spełnione, istnieje możliwość zastosowania nadziemnego kopca filtracyjnego z umieszczonym w nim drenazem rozsączającym, z odprowadzaniem ścieków do gruntu, lub też filtru piaskowego o przepływie pionowym, z odprowadzeniem ścieków do wód powierzchniowych (Heidrich 1998, Błazejewski 2003, Heidrich 2004b). W przypadku istnienia potencjalnego odbiornika ścieków oczyszczonych możliwe jest też rozwiązanie przydomowych oczyszczalni ścieków z zastosowaniem osadników gnilnych, współpracujących ze złożami biologicznymi lub urządzeniami osadu czynnego. Pod tym względem oferta jest bardzo bogata, ale spośród różnych rozwiązań oczyszczalni ścieków należałoby preferować urządzenia typu BIOCLERE. Typoszereg nowoczesnych urządzeń BIOCLERE pozwala na efektywne i energooszczędne oczyszczanie ścieków od jednej rodziny do 1000 mieszkańców. Urządzenia BIOCLERE produkowane są w Polsce na licencji fińskiej. Proces biologicznego oczyszczania ścieków odbywa się na złożu zraszanym, którego wypełnienie stanowią specjalne kształtki HUFO.

Jak z tego wynika istnieje wiele możliwości rozwiązania problemu usuwania i unieszkodliwiania ścieków powstających na terenach wiejskich. Osta-

teczny wybór rozwiązania powinien być wynikiem rzetelnie wykonanej analizy ekonomicznej, której podsumowaniem powinien być wskaźnik efektywności określony z wykorzystaniem metody bieżącej wartości netto lub metody rocznego kosztu oczekiwanego w przeliczeniu na jednego mieszkańca lub 1 m³/d oczyszczanych ścieków (Błażejewski 2003).

Literatura

- BŁAŻEJEWSKI R. 2003: Kanalizacja wsi. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział Wielkopolski, Nr PZITS 820/2003.
- HEIDRICH Z. 1998: Przydomowe oczyszczalnie ścieków. Wydawnictwo COIB, Warszawa.
- HEIDRICH Z. 2004a: Aspekty techniczno-ekonomiczne stosowania różnych koagulantów w procesie wstępnej koagulacji objętościowej. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 12.
- HEIDRICH Z. 2004b: Zasady projektowania przydomowych oczyszczalni ścieków. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 10.
- HEIDRICH Z., HALICKA A., SZWAROCKI P. 2004: Nowe spojrzenie na zastosowanie złóż biologicznych w miejskich oczyszczalniach ścieków. Materiały XIV Konferencji Naukowo-Technicznej pt. „Aktualne problemy gospodarki wodno-ściekowej”, Częstochowa.
- Wytyczna ATV M 210 P 1997: Sekwencyjne reaktory porcjowe – SBR. Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa.
- Wytyczna ATV-DVWK-A 281P 2004: Wymiarowanie złóż zraszanych i zanurzanych. Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa.

Summary

Trends in designing sewage systems for rural areas. The paper presents feasible solutions concerning removing and neutralising wastewaters produced in rural areas. When analysing the sewage systems used for rural districts, one must consider the sewerage networks independently from treatment plants, household sewage treatment plants or, for instance, sewage tanks (emptied cesspools). One has also to consider principles used for selecting sewage systems and treatment plants as well as the principles applied for assessment such selection decisions. These principles are also covered by the paper.

Author's address:

Zbigniew Heidrich
Politechnika Warszawska
Instytut Zaopatrzenia w Wodę i Budownictwa Wodnego, Zakład Zaopatrzenia w Wodę i Oczyszczania Ścieków
ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa
Poland