

Katarzyna Pawęska, Krzysztof Pulikowski, Maria Strzelczyk, Agnieszka Rajmund

OSADNIK GNILNY – PODSTAWOWY ELEMENT PRZYDOMOWEJ OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

SEPTIC TANK – BASIC ELEMENT OF HOUSEHOLD TREATMENT PLANT

Streszczenie

Właściwa gospodarka ściekowa na terenach wiejskich jest zagadnieniem trudnym, zwłaszcza, iż w dalszym ciągu widoczna jest dysproporcja pomiędzy stopniem zwodociągowania a skanalizowania gmin. Z roku na rok długość sieci kanalizacyjnej zwiększa się, co świadczy o podejmowaniu przez gminy działań mających na celu poprawę stanu sanitarnego. Zgodnie z Krajowym Programem Oczyszczania Ścieków Komunalnych [Krajowy Program Oczyszczania Ścieków Komunalnych 2010] jeżeli budowa kanalizacji jest nieuzasadniona, gmina powinna rozwiązać problem utylizacji ścieków we własnym zakresie. W pracy przedstawiono podstawowy obiekt przydomowej oczyszczalni ścieków (POŚ) – osadnik gnilny. Odpowiedzialny jest on przede wszystkim za mechaniczne oczyszczanie ścieków z części stałych oraz za wstępną stabilizację (beztlenową) osadów. Autorzy zwrócili uwagę na jakość ścieków doprowadzanych do zbiorników jak również odprowadzanych na kolejne stopnie oczyszczania. W pracy oprócz studiów literaturowych zawarto wyniki kilkuletnich obserwacji parametrów ścieków po mechanicznym oczyszczeniu. Podawane w literaturze skuteczności pracy kształtują się na poziomie 40,0–94,0% dla zawiesiny, 23,3 – 66,0% dla BZT₅. Najniższa redukcja obserwowana była dla związków azotu i fosforu.

Słowa kluczowe: osadnik gnilny, zasada działania, skuteczność pracy

Summary

Proper wastewater management in rural areas is a difficult issue, especially that we can still see a disparity between the level of water service coverage and canalization of municipalities. The length of sewerage network increases

every year, which indicates that municipalities are taking actions to improve sanitary condition. According to the National Program for Municipal Wastewater [Krajowy Program Oczyszczania Ścieków Komunalnych 2010], if the construction of sewage system is not justified, the municipality should solve the problem of waste disposal on their own. The paper presents the basic object at household sewage treatment plant – the septic tank. The septic tank is responsible primarily for the mechanical treatment of wastewater from the solids and for the initial stabilization (anaerobic) sediments. The authors paid attention to the quality of wastewater supplied to the tanks as well as wastewater delivered to the next steps of purification. The article, except study of literature includes results of several year of observations concerning parameters of wastewater after mechanical purification.

According to the literature, the effectiveness of the operation is at the level of 40–94% for the suspension, 23,3–66,0% for BOD₅. The lowest reduction was observed for compounds of nitrogen and phosphorus.

Key words: *septic tank, operations principle, treatment efficiency*

WSTĘP

Jednym z podstawowych zadań gminy jest rozwiązywanie problemu gospodarki ściekami. Istotne jest to w szczególności na terenach wiejskich pozbawionych centralnej kanalizacji. W 2009 r. oczyszczalnie ścieków obsługiwały tylko 64% ludności kraju (w miastach 88%, na wsi, gdzie mieszka ok. 39% ludności kraju, jedynie 27%) [Mały Rocznik Statystyczny 2010]. Łączna długość sieci kanalizacyjnej na terenach wiejskich, na przestrzeni lat 2003-2009 wzrosła o 75% [Studia i analizy statystyczne. Obszary wiejskie w Polsce 2011], co świadczy o podejmowaniu przez władze gmin działań mających poprawić stan sanitarny na tych obszarach. W dalszym jednak ciągu widoczna jest dysproporcja pomiędzy zwodociągowaniem a długością sieci kanalizacyjnej na wsiach. W roku 2009 z sieci wodociągowej, na terenach wiejskich, korzystało 74,7% ludności natomiast z sieci kanalizacyjnej jedynie 21,5% [Studia i analizy statystyczne. Obszary wiejskie w Polsce 2011].

Właściwa gospodarka ściekowa na obszarach wiejskich może stanowić problem, przede wszystkim związany ze znacznym rozproszeniem zabudowy co wymusza budowę długich przewodów kanalizacyjnych. Pociąga to za sobą ogromne koszty, na które większość gmin nie stać. Dlatego też, znaczna ilość gmin nie podejmuje starań budowy, czy rozbudowy sieci kanalizacyjnych, a gospodarkę ściekową realizuje przede wszystkim na zbiornikach bezodpływowych i małych przydomowych oczyszczalniach ścieków. Przydomowe oczyszczalnie ścieków (POŚ) są wariantem pod względem ponoszonych kosztów wykonania i późniejszej eksploatacji rozwiązaniami najtańszymi. W tym celu buduje się je jako dwustopniowe obiekty składające się z osadnika gnilnego (stopień mechaniczny) oraz stopnia biologicznego: drenaż rozsączający, filtr

piaskowy, złożę gruntowo-roślinne. Podstawowym urządzeniem każdej przydomowej oczyszczalni ścieków, warunkującym jej długoletnie działanie oraz wymagane Rozporządzeniem Ministra Środowiska poziomy redukcji zawiesiny i BZT₅ [Rozporządzenie Ministra Środowiska 2006] jest wielokomorowy osadnik przepływowy (OG – osadnik gnilny).

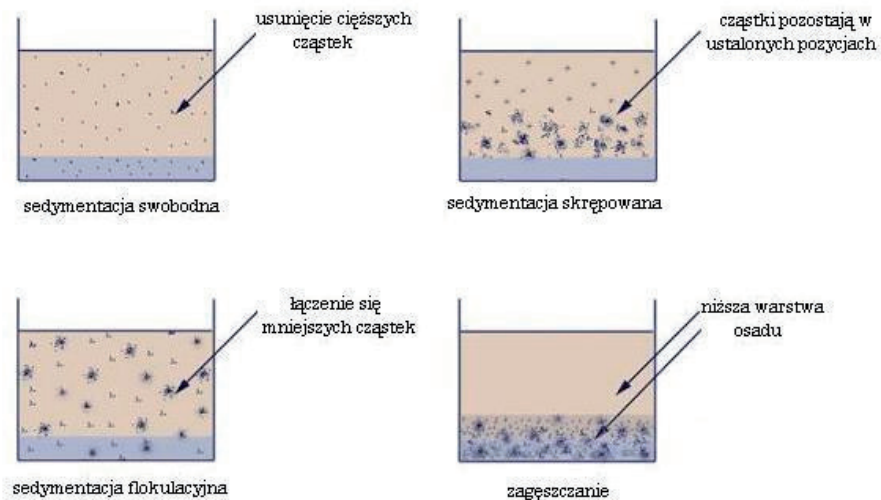
W pracy przedstawiono zasadę działania osadnika gnilnego, efekty pracy uzyskiwane w różnych krajach dla wybranych parametrów stężeń jak również wyniki kilkuletnich obserwacji prowadzonych dla ścieków poddawanych mechanicznemu oczyszczaniu w osadnikach gnilnych.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Osadnik gnilny to zbiornik służący do gromadzenia i oczyszczania ścieków pochodzących z budynków mieszkalnych. Pierwsza znana instalacja tego typu w Stanach Zjednoczonych została oddana do eksploatacji w 1876 r., mimo iż zgłoszenie patentowe na zbiornik tego typu zostało wykonane przez Louis'a Mouras w Vesoul we Francji w 1881. Przegrody, które regulowały przepływ ścieków przez osadnik poprawiając w ten sposób efekty oczyszczania zostały dodane w 1905 r. Na przełomie XIX i XX wieku zaczęto powszechnie stosować osadnik gnilny, a po II-giej wojnie światowej stał się on podstawowym urządzeniem do oczyszczania ścieków stosowanym na terenach nieskanalizowanych [Bounds 1997, Metcalf and Eddy 1991, Seabloom R. i in. 2004].

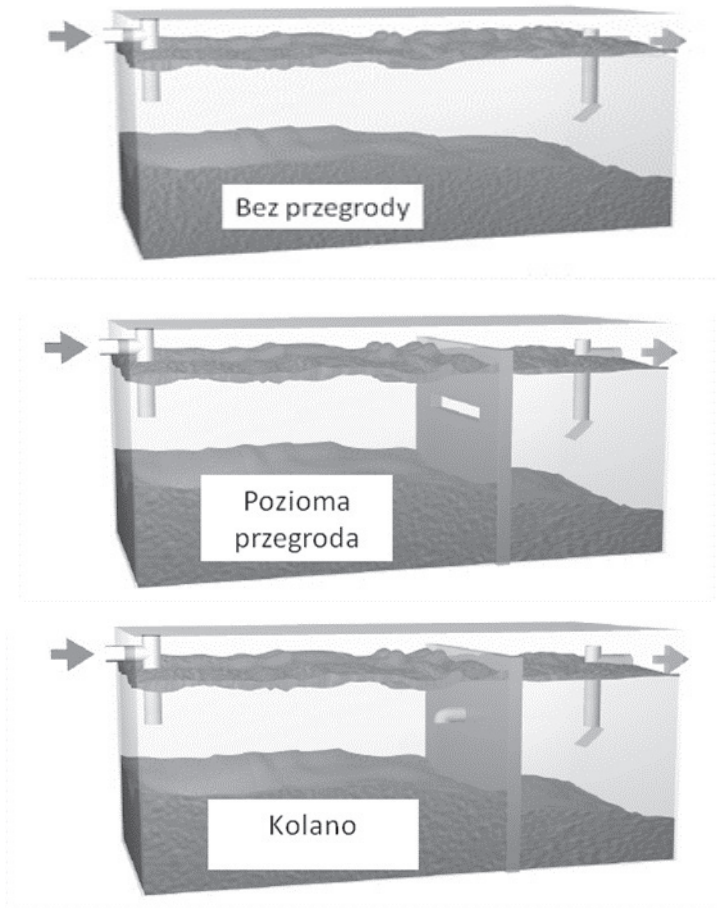
Podstawowym procesem zachodzącym w osadniku jest sedymentacja. Polega ona na rozdzieleniu cięższej fazy stałej od ciekłej pod wpływem siły grawitacji. W osadniku charakterystyczne są 4 fazy sedymentacji (rys. 1).

Na prawidłowy przebieg procesu sedymentacji wpływ ma prędkość przepływu oraz brak zawirowań. Dąży się do tego poprzez niewielkie dopływy ścieków do osadnika, wytłumienie energii oraz równomierne rozproszanie strumienia wlotowego i nadpiętrzenia ścieków w osadniku [Jowett E.C. 2007]. Drugim równie ważnym procesem zachodzącym w osadniku, prowadzącym do redukcji zanieczyszczeń jest proces flotacji – wynoszenia zawiesin hydrofobowych na powierzchnię fazy płynnej za pomocą pęcherzyków powietrza (gazu) lub na skutek działania sił wyporu. Najczęstszymi substancjami ulegającymi redukcji na skutek tego procesu są: oleje i tłuszcze, które na powierzchni ścieków tworzą odkładający się kożuch. Na jego powierzchni rozwijają się wegetatywne grzyby pleśniowe [Seabloom R. i in. 2004, Rothe N. K., Lowe K.S. 2007, Kalenik M. 2009]. W wyniku zachodzenia procesu sedymentacji na dnie zbiornika odkładają się osady, które dzięki odpowiednio długiemu czasowi przetrzymania w osadniku, temperaturze 8–12°C oraz działalności bakterii ulegają stabilizacji beztlenowej (fermentacja psychrofilowa).



Rysunek 1. Rodzaje sedymencji [Seabloom R. i in. 2004]
Figure 1. Types of sedimentation [Seabloom R. i in. 2004]

W Polsce osadniki w przydomowych oczyszczalniach ścieków są stosowane do mechanicznego oczyszczania. Dla prawidłowo zachodzących procesów oczyszczania istotny jest czas przetrzymania ścieków w osadniku. Zaleca się, aby wynosił on w granicach 2,5 – 4 dni co gwarantuje mechaniczne oczyszczenie – rezultatem jest obniżenie wartości BZT₅, ChZT oraz zawiesin ogólnych. Wydłużenie czasu przetrzymania ścieków w osadniku do 10 dni skutkuje pełnym biologicznym oczyszczeniem ścieków w procesach beztlenowych [Heidrich Z. i in. 1997]. Minimalna pojemność osadnika gnilnego wg normy PN – EN 12566 – 1:2004/A1 to 2,0 m³, jednakże istnieją także zalecenia aby jego objętość wynosiła co najmniej 3,0 m³ [Heidrich Z. 1998, Heidrich Z. 1984, Osmulska-Mróż B. 1995]. Osadniki powinny być wykonywane jako długie i płytkie zbiorniki. Taka konstrukcja zapewnia krótszą trajektorię opadania cząstki zawiesin co zwiększa prawdopodobieństwo zakumulowania jej w osadzie [Seabloom R. W. i in. 2004]. Do niedawna w literaturze fachowej powszechna była teoria, iż wielkość redukcji zanieczyszczeń w zbiorniku zależy od ilości komór [Kuczewski K. 1993]. Z badań między innymi Seabloom'a, Jowett'a, Rothe'a [Roth N. K., Lowe K.S. 2007, Seabloom R. W. i in. 2004, Jowett E. C. 2007] wynika, iż ilość komór nie wpływa znacząco na wysokość redukcji zawiesin w osadniku. Największy procent osadu znajduje się zawsze w strefie dopływowej (rys. 2). Kształt przegrody również nie wpływa na wzrost skuteczności oczyszczania w osadniku [Roth N. K., Lowe K.S. 2007, Seabloom R.W. i in. 2004, Jowett E.C. 2007].



Rysunek 2. Rozkład osadu w osadniku gnilnym [Rothe N.K., Lowe K.S. 2007]
Figure 2. The distribution of sludge in septic tank [Rothe N.K., Lowe K.S. 2007]

W Stanach Zjednoczonych w ostatnich latach przedstawiono nowe rozwiązanie osadnika gnilnego. Zaprojektowano zbiornik pozbawiony części wypełnionej powietrzem (przewietrzanie). Osadnik wykonano jako długi, wąski i płytki zbiornik. Szczególna konstrukcja miała doprowadzić do wymuszenia zatopionego przepływu laminarnego w celu poprawy akumulacji części stałych w osadniku. Analiza pracy osadnika wykazała, iż największa warstwa kożucha powstawała w strefie dopływowej tam, gdzie dopuszczono do gromadzenia się powietrza. Cechą charakterystyczną tego rozwiązania była znacznie mniejsza ilość powstałego osadu w porównaniu z konwencjonalnymi osadnikami z częścią powietrzną [Jowett E.C. 2007, Seabloom R. W. i in. 2004].

W badaniach przeprowadzonych przez autorów pracy monitoringiem objęto pięć osadników gnilnych o pojemności od 20 do 55 m³. Były to zbiorniki jedno, dwu i trzykomorowe pracujące jako pierwszy stopień oczyszczania ścieków na terenach wiejskich. W ściekach odpływających z monitorowanych osadników w okresie badawczym III 2010 – III 2011 analizie poddano podstawowe parametry zanieczyszczeń: BZT₅ (metoda respirometryczna), ChZT_{Cr} (metoda spektrofotometryczna z wcześniejszą mineralizacją próbki), zawiesina (metoda pośrednia), azot ogólny (metoda spektrofotometryczna z wcześniejszą mineralizacją próbki), fosfor ogólny (metoda spektrofotometryczna z wcześniejszą mineralizacją próbki), pH (potencjometrycznie, bezpośrednio w analizowanej próbce). Próbkę ścieków po mechanicznym oczyszczeniu pobierano na wylocie z osadnika średnio raz w miesiącu.

WYNIKI I DYSKUSJA

Ciągła modyfikacja konstrukcji, wprowadzanie między innymi koszy filtracyjnych zabezpieczających odpływ ma na celu zwiększenie efektów pracy osadnika oraz zapewnienie jak najdłuższego okresu eksploatacji. Szacowanie skuteczności oczyszczania ścieków powinno korespondować z dwoma wartościami stężeń zanieczyszczeń w ściekach dopływających i odpływających. Ścieki bytowe dopływające do osadnika charakteryzują się wysokim BZT₅ oraz zawiesiną. W swoich badaniach nad jakością ścieków bytowych po osadniku gnilnym Rothe i Lowe [Rothe N. K., Lowe K. S. 2007] przeprowadzili analizy oznaczeń jednocześnie na dopływie i odpływie z osadnika. Badania nad efektami oczyszczania ścieków w osadnikach prowadziły również Kalisz i Sałbut [Kalisz L., Sałbut J. 1996]. Średni skład surowych ścieków bytowych poddawanych mechanicznemu oczyszczaniu w osadnikach gnilnych przedstawiono w tab. 1.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie warunków jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków oczyszczonych do wód i do ziemi [Rozporządzenie Ministra Środowiska 2006] osadnik gnilny powinien zapewnić redukcję zawiesiny co najmniej na poziomie 50% oraz BZT₅ na poziomie 20%. Jest to warunek poprawnego funkcjonowania drugiego stopnia przydomowych oczyszczalni ścieków – drenażu rozsaczającego lub filtra piaskowego.

W badaniach przeprowadzanych w Polsce [Kalisz L., Sałbut J. 1996] w porównaniu z innymi osadnikami uzyskiwano na odpływie wyższe wartości stężeń dla wybranych wskaźników zanieczyszczeń w szczególności dla zawiesiny i BZT₅. Skład ścieków po mechanicznym oczyszczeniu w osadniku gnilnym przedstawiono w tab. 2. Obserwacja jakości dopływu i odpływu ścieków z osadnika może pozwolić na określenie efektów redukcji.

Tabela 1. Tabelaaryczne zestawienie składu ścieków surowych dopływających do osadników gnilnych dla wybranych wskaźników zanieczyszczeń
Table 1. The tabular summary of the composition of the raw wastewater flowing to the septic tanks for the selected indicators of pollution

Średnie wartości wskaźników zanieczyszczeń The average values of pollutant	Źródło danych Source						
	1	2	3	4	5	6	7
BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]	343	-	450	371	-	-	240
ChZT [mg O ₂ /dm ³]	-	-	1050	-	-	-	660
Zawiesina og. [mg/dm ³]	293	-	503	338	-	-	557
Azot og. [mg N/dm ³]	63	-	70,4	-	-	-	86
Fosfor og. [mg P/dm ³]	19	-	17,3	-	-	-	15,4

według: 1 - Rothe, Lowe 2007, 2 - U. S. EPA Onsite Wastewater Treatment Systems 2002, 3 - Crites i Tchobanoglous 1998, 4- Bounds 1997, 5 - EPA, Code of Practice, Wastewater Treatment systems 2007, 6 - Metcalf and Eddy 1991, 7 - Kalisz L., Saibut J. 1996.

Tabela 2. Zestawienie jakości ścieków odpływających z osadników gnilnych dla wybranych wskaźników zanieczyszczeń
Table 2. The summary of wastewater quality running of septic tanks for selected indicators of pollution

Średnie wartości wskaźników zanieczyszczeń The average values of pollutant	Źródło danych Source						
	1	2	3	4	5	6	7
BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]	156	-	155	156	-	-	184
ChZT [mg O ₂ /dm ³]	-	-	298	-	-	-	460
Zawiesina og. [mg/dm ³]	58	-	30	84	-	-	304
Azot og. [mg N/dm ³]	55,4	-	68	50	-	-	44
Fosfor og. [mg P/dm ³]	10	-	16	-	-	-	14,5

według: 1 - Rothe, Lowe 2007, 2 - U. S. EPA Onsite Wastewater Treatment Systems 2002, 3 - Crites i Tchobanoglous 1998, 4- Bounds 1997, 5 - EPA, Code of Practice, Wastewater Treatment systems 2007, 6 - Metcalf and Eddy 1991, 7 - Kalisz L., Saibut J. 1996.

Obiekty monitorowane w Polsce [Kalisz L., Sałbut J. 1996] nie spełniły dopuszczalnych norm redukcji zawiesiny. Poziom redukcji wyniósł 45,4% i różnił się znacząco od wyników uzyskanych przez Heinricha [Heidrich Z. i in. 1997, Heidrich Z. Stańko G. 2007]. Najlepsze efekty pracy osiągnęły osadniki badane przez Crites i Tchobanoglous [Crites R., Tchobanoglous G. 1998], związki biogenne usuwane były w tych zbiornikach ze skutecznością mniejszą niż 10% (tab. 3).

Tabela 3. Skuteczność oczyszczania zanieczyszczeń, dla wybranych wskaźników zanieczyszczeń

Table 3. The effectiveness of treatment of pollutants for selected indicators of pollutants

Wskaźnik zanieczyszczeń Indicator of pollution	Źródło danych Source								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BZT ₅	55%	30 - 50%	66%	58%	25 - 40%	25 - 50%	57%	53%	23,3%
ChZT	-	60 - 80%	72%	-	-	20 - 40%	-	-	30,3%
Zawiesina og.	80%	-	94%	75%	≤ 80%	40 - 70%	85%	88%	45,4%
Azot og.	12%	-	3%	-	≤ 40%	10 - 15%	44%	56%	48,8%
Fosfor og.	47%	-	8%	-	0%	10%	-	-	5,8%

według: 1 - Rothe, Lowe 2007, 2 - U. S. EPA Onsite Wastewater Treatment Systems 2002, 3 - Crites i Tchobanoglous 1998, 4- Bounds 1997, 5 – Heidrich i in. 1997, 6 – Osmulka-Mróż 1995, 7 - EPA, Code of Practice, Wastewater Treatment systems 2007, 8 - Metcalf and Eddy 1991, 9 - Kalisz L., Sałbut J. 1996

W badaniach przeprowadzonych przez autorów pracy monitoringiem objęto pięć osadników gnilnych o pojemności od 20 do 55 m³. Były to zbiorniki dwukomorowe (obiekt nr 1), trzykomorowe (obiekt 2, 3) oraz zbiorniki jedнокomorowe (obiekt 4, 5). W ściekach odpływających oznaczono podstawowe parametry zanieczyszczeń, których średnie wartości zestawiono w tab. 4.

Ścieki po mechanicznym oczyszczeniu odpływające z obserwowanych zbiorników charakteryzowały się wyższymi wartościami wskaźników zanieczyszczeń niż podawane w literaturze [Crites R., Tchobanoglous G. 1998, Kalisz L., Sałbut J. 1996, Rothe N. K., Lowe K. S. 2007]. W osadniku pracującym na obiekcie 5 (osadnik jedнокomorowy) notowano najniższe stężenia zanieczyszczeń dla wszystkich analizowanych wskaźników, podczas gdy najwyższe średnie stężenie azotu i fosforu ogólnego wystąpiło w ściekach odpływających z osadnika trzykomorowego (obiekt 3). Na jakość ścieków odprowadzanych z obiektów na drugi stopień oczyszczania miały wpływ czas przetrzymania ścieków w zbiorniku oraz częstotliwość wywozu osadów. Najczęstszym obserwowanym błędem był brak kontroli wysokości poziomu osadu w zbiorniku, który skutkowało podwyższonymi wartościami zawiesiny ogólnej na odpływie z osadnika.

Tabela 4. Zestawienie jakości ścieków odpływających z osadników gnilnych w okresie badawczym III 2010 – III 2011**Table 4.** The summary of wastewater quality running of septic tanks in research period III 2010 – III 2011

Średnie wartości wskaźników zanieczyszczeń The average values of pollutant	Obiekt 1 Object 1	Obiekt 2 Object 2	Obiekt 3 Object 3	Obiekt 4 Object 4	Obiekt 5 Object 5
BZT ₅ [mgO ₂ /dm ³]	218,0	99,2	317,14	192,8	95,0
ChZT _{Cr} [mgO ₂ /dm ³]	415,0	693,3	632,3	270,8	141,3
Zawiesina [mg/dm ³]	337,0	316,0	232,0	291,0	154,0
Azot ogólny [mgN/dm ³]	66,0	53,2	236,6	90,4	45,2
Fosfor ogólny [mgP/dm ³]	5,7	5,6	15,4	8,2	4,9
pH	8,2-7,5	6,7-8,4	7,1-8,5	7,4-7,9	7,3-8,1

WNIOSKI

1. Stosowanie urządzeń do mechanicznego oczyszczania ścieków w przydomowych oczyszczalniach wymagane jest przepisami zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska dotyczącymi redukcji zawiesin przed wprowadzeniem ścieków do gruntu [Rozporządzenie Ministra Środowiska 2006]. Wybór przydomowej oczyszczalni ścieków przeznaczonych na tereny bez centralnej kanalizacji związany jest zawsze z budową osadnika gnilnego. Dostępność różnego rodzaju konstrukcji sprawia, że często wybierany jest zbiornik, który nie spełni wymogów minimalnej redukcji wskaźników zanieczyszczeń. Związane jest to przede wszystkim z minimalną pojemnością części przepływowej.

2. Konstrukcja wielokomorowych osadników stosowanych powszechnie w Polsce w ujęciu ostatnich badań wydaje się mało zasadna [Jowett E. C. 2007, Rothe N. K., Lowe K. S. 2007]. Płytkie zbiorniki bez części powietrznej stosowane w Stanach Zjednoczonych charakteryzują się wyższą skutecznością pracy, a ich wymiary pozwalają na ograniczenie wstępnych robót ziemnych związanych z posadowieniem zbiornika [Jowett E. C. 2007]. Badania prowadzone przez Jowetta wskazują na wolniejszy proces tworzenia się warstwy kożucha. Zwraca on uwagę również na wydłużenie czasu pomiędzy opróżnieniami osadnika (nawet dwukrotnie) w porównaniu do konwencjonalnych rozwiązań. Jednakże przystosowanie tego typu rozwiązania dla warunków krajowych powinno być poparte testami, które potwierdzą możliwość adaptacji bardzo płytkiego osadnika bez części powietrznej.

3. Na uwagę zasługują również poziomy redukcji podstawowych wskaźników zanieczyszczeń, które różnią się znacząco od siebie (tab.4). Dyskusyjna jest skuteczność redukcji związków biogenych np. azotu ogólnego, która zmienia się w zakresie 3 – 56%. Osadnik przewidziany jest w głównej mierze do procesu mechanicznego oczyszczania ścieków i dlatego utrzymanie redukcji związków azotu i fosforu na poziomie wyższym niż 40% wydaje się wątpliwe.

4. Pomimo wielu odmiennych stanowisk związanych z liczbą komór, rodzajem przegród, poziomami redukcji wskaźników zanieczyszczeń, osadnik gnilny pozostaje w dalszym ciągu jedynym rozwiązaniem przewidzianym do oczyszczania ścieków na terenach bez centralnej kanalizacji. Poprawnie oszacowana pojemność przepływowa oraz właściwa eksploatacja pozwoli na wydłużenie czasu pracy przydomowych oczyszczalni ścieków.

BIBLIOGRAFIA

- Błażejowski R. *Kanalizacja wsi*, Warda&Kłosowski Consulting, Warszawa 2003, 351 ss.
- Bounds R., Design and performance of septic tanks. Site Characterization and Design of Onsite Septic Systems ASTM STP 901, American Society for Testing Materials, Philadelphia 1997, 21 ss.
- Code of Practice, Wastewater treatment systems for single house (P.E <10), EPA, 2007, s. 20-25.
- Crites R., Tchobanoglous G., Small and Decentralized Wastewater Management Systems, McGraw Hill, Boston 1998, 1043 ss.
- Heidrich Z. *Przydomowe oczyszczalnie ścieków*. Poradnik. Centralny Ośrodek Informacji Budownictwa, Warszawa 1998, 220 ss.
- Heidrich Z., Kalenik M., Podedworna J., Stańko G., *Sanitacja wsi*, wydawnictwo: Seidel-Przywecki, Warszawa 1997, 374 ss.
- Heidrich Z., Stańko G. *Leksykon przydomowych oczyszczalni ścieków* wydawnictwo: Seidel-Przywecki, Warszawa 2007, 128 ss.
- Heidrich Z. *Wiejskie oczyszczalnie ścieków*. Arkady 1984, 234 ss.
- Jowett E. C. *Comparing the performance of prescribed septic tank to long, narrow flooded designs*, WEFTEC Technical Program 16, San Diego 2007, 13 ss.
- Kalenik M. *Zaopatrzenie w wodę i odprowadzanie ścieków*. SGGW, Warszawa 2009, 282 ss.
- Kalisz L., Sałbut J. *Wykorzystanie makrofitów do oczyszczania ścieków w tzw. oczyszczalniach korzeniowych*, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa 1996, 116 ss.
- Krajowy Program Oczyszczania Ścieków Komunalnych*, Ministerstwo Środowiska, Zarząd gospodarki Wodnej, (aktualizacja), Warszawa 2010, 46 ss.
- Kuczewski K. *Efekty oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych w trzykomorowym osadniku gnilnym*. Zeszyty Prob. PZi TS „Technika Sanitarna Wsi” 672/1993, s. 97-103.
- Mały Rocznik Statystyczny 2010*, Główny Urząd statystyczny, Warszawa 2010, 82 ss.
- Metcalf and Eddy, *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*, McGraw Hill, New York 1991, 1848 ss.
- Osmulska-Mróż Barbara. *Lokalne systemy unieszkodliwiania ścieków*, poradnik, wydawnictwo: Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa 1995, 219 ss.
- Rothe N. K., Lowe K. S., *Wastewater composition and variability as obtained from literature source*, WEFTEC Technical Program 16, San Diego 2007, 13 ss.

Rozporządzenie Ministerstwa Środowiska w sprawie warunków jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego z dnia 24 lipca 2006 r. Dz.U 2006 nr 137 poz. 984

Seabloom R. W., Bounds T. R., Loudon T., *Septic Tank*, University Curriculum Development for Decentralized Wastewater Management, EPA 2004, 45 ss.

U.S. EPA, *Onsite Wastewater Treatment Systems Manual*, Raport No EPA/625/R-00/008, U.S. Environmental Protection Agency 2002, 367 ss.

Studia i analizy statystyczne. Obszary wiejskie w Polsce. Warszawa, GUS Olsztyn 2011, 90 ss.

Dr inż. Katarzyna Pawęska
Instytut Inżynierii Środowiska
e-mail: kpaweska@gmail.com
tel.: 071 3 205 556

Dr hab. inż. Krzysztof Pulikowski prof. nadzw.
Instytut Inżynierii Środowiska
e-mail: krzysztof.pulikowski@up.wroc.pl
tel.: 071 3 20 55 31

Dr inż. Maria Strzelczyk
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy,
Dolnośląski Ośrodek Badawczy
e-mail: m.strzelczyk@itep.edu.pl

Mgr inż. Agnieszka Rajmund
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy,
Dolnośląski Ośrodek Badawczy
e-mail: agnieszka_rajmund@o2.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. inż. Ryszard Ślizowski*