

ADAM KISIEL, JAKUB KISIEL, ROBERT MALMUR, MACIEJ MROWIEC*

RETENCYJNE ZBIORNIKI JAKO ELEMENTY NOWOCZESNYCH ROZWIĄZAŃ SIECI KANALIZACYJNYCH

RETENTION TANKS AS KEY ELEMENTS OF MODERN DRAINAGE SYSTEMS

Streszczenie

W niniejszym artykule przedstawiono aktualny stan i systematykę opublikowanych rozwiązań kanalizacyjnych zbiorników retencyjnych. Podział zbiorników wynikający z hydraulicznego sposobu ich działania uzupełniono schematem ideowym pokazującym konstrukcyjny układ komór każdego z prezentowanych zbiorników. Krótka charakterystyka każdego zbiornika oprócz sposobu jego działania wskazuje na możliwość uzyskania określonych korzystnych efektów eksploatacyjnych, jak również informuje o ograniczeniach ich stosowania wynikających z uwarunkowań terenowych, względnie z zużycia energii elektrycznej.

Słowa kluczowe: retencja, zbiorniki kanalizacyjne, retencja podciśnieniowa

Abstract

The article presents the current state of in the filed of innovative construction wastewater and storm water storage tanks. The classification of the constructions is based on the hydraulic action and is supplemented with schematic diagram showing the details of each tank and a brief description of hydraulic purposes of each construction as well as notices regarding on possible operational advantages and finally the limitations of applications (i.e. due to terrain conditions or energy consumption). Excepting the typical design of the tanks designed for sewer systems the other types have been also presented: 1) vacuum-gravitational tank designed for stations collecting wastewaters from septic tanks; 2) storage tanks designed for storm water transfer to the receiver during backwater conditions – equipped with pump or air compressor with energy-save variant.

Keywords: retention, storage tanks, vacuum storage

* Prof. dr hab. inż. Adam Kisiel, dr inż. Jakub Kisiel, dr inż. Robert Malmur, dr inż. Maciej Mrowiec, Instytut Inżynierii Środowiska, Wydział Inżynierii i Ochrony Środowiska, Politechnika Częstochowska.

1. Wstęp

Uzyskanie oczekiwanej efektywności działania określonego systemu regulacji odpływu ścieków ze zlewni zurbanizowanej, szczególnie tych pochodzących z opadów atmosferycznych, związane jest z realizacją takiej sieci kanalizacyjnej, która by zapewniała wysoką sprawność hydrauliczną i niezawodność jej funkcjonowania.

Takie wymagania stawiane nowoczesnym rozwiązaniom sieci kanalizacyjnych mogą być realizowane tylko przy współdziałaniu określonych co do liczby i sposobu działania zbiorników retencyjnych. Zbiorniki kanalizacyjne ze względu na sposób współdziałania z siecią kanalizacyjną oraz podstawową rolę określane są jako odciążające, deszczowe, oczyszczające, a także kaskadowe, piętrzące, retencyjne stacji zlewnych oraz retencyjno-przerzutowe.

Retencyjne zbiorniki kanalizacyjne opracowane zostały dla zakresu założeń, które dotyczą:

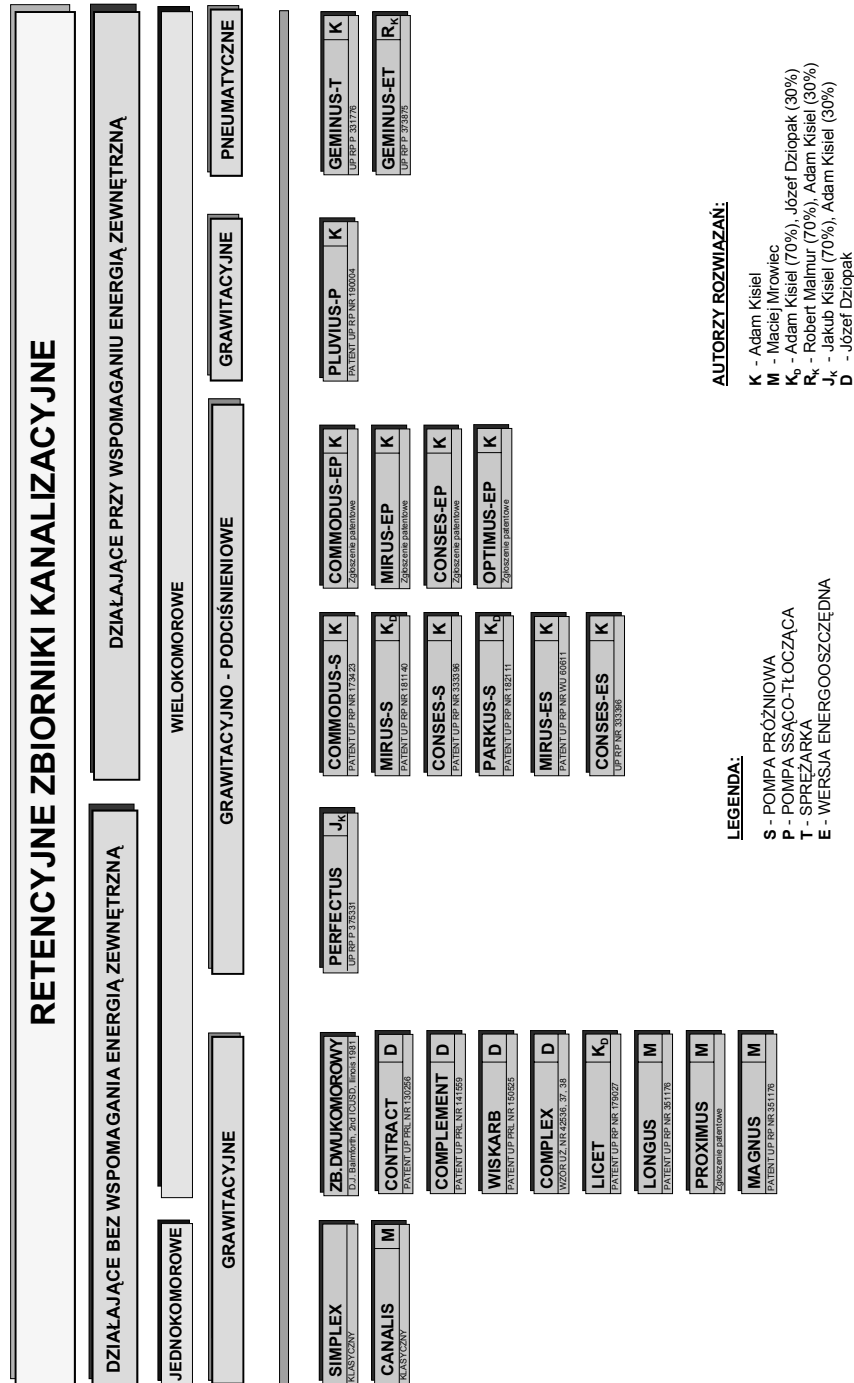
- 1) **odpływu ze zbiornika** (zredukowanego) podczas procesu retencjonowania w nim ścieków, tak aby:
 - dopływ ścieków do oczyszczalni był mało zmienny w czasie,
 - skrócenie czasu trwania procesu retencjonowania ścieków w zbiorniku mogło się przekładać na gotowość zbiornika do kolejnego przyjęcia ścieków w jak najkrótszym czasie,
 - zaprojektowana średnica (powierzchnia przekroju) kolektora odpływowego miała uzasadnienie eksploatacyjne,
- 2) **ograniczenia powierzchni** zajmowanej pod zbiornik oraz **spłycenia ułożenia** pod powierzchnią terenu kolektora odpływowego zbiornika, tak aby:
 - **zwiększyć zakres możliwych zastosowań** w praktyce wybranych rozwiązań zbiorników w zależności od uwarunkowań topograficznych i hydrogeologicznych terenu przeznaczonego pod zbiornik,
 - **zminimalizować koszty** inwestycyjno-eksploatacyjne.

Obecnie opracowane konstrukcje zbiorników retencyjnych można usystematyzować w sposób przedstawiony na rys. 1.

2. Zbiorniki o działaniu grawitacyjnym

Zbiorniki o działaniu grawitacyjnym ze względu na ich kształt stanowią formę bardzo płaskiego prostopadłościanu. Szczególnie odnosi się do jednokomorowych rozwiązań. Dla danego hydrografu dopływu ścieków do zbiornika w ich rozwiązaniach wielokomorowych następuje określona redukcja pojemności retencyjnej w odniesieniu do zbiornika jednokomorowego. Dzieje się tak na skutek tego, że w trakcie napełniania komór retencyjnych zbiornika utrzymywany jest prawie stały maksymalnie dopuszczalny odpływ ścieków ze zbiornika.

Uzyskane zmniejszenie kubatury zbiornika wielokomorowego wykorzystane jest do właściwego ograniczenia powierzchni jego rzutu poziomego, względnie jego spłycenia. Często jednak dokonywane jest odpowiednie zredukowanie zarówno jego powierzchni rzutu poziomego, jak również jego spłycenia. Zbiorniki o działaniu grawitacyjnym rekomendowane mogą być na terenach o takim spadku, który zapewnia zmniejszenie zagłębienia kolektora odpływowego ze zbiornika na długości, która może być uzasadniona eksploatacyjnie.



Rys. 1. Podział systemowy kanalizacyjnych zbiorników retencyjnych (K_D – współautorstwo J. Dziopaka tylko uznaniowe za wykorzystanie konstrukcji zbiornika typu CONTRACT)

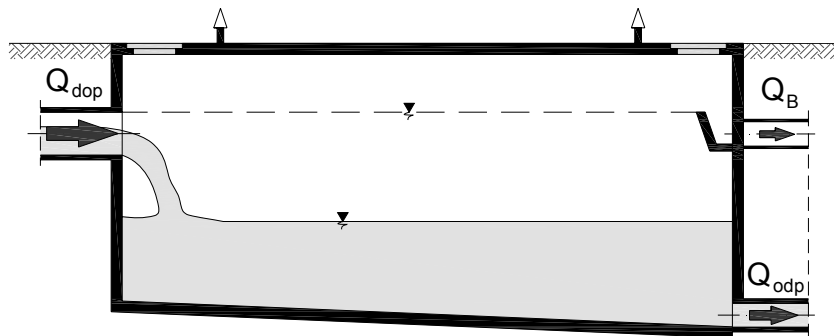
Fig. 1. General classification of the retention tanks (K_D – J. Dziopak as co-author due to usage of the CONTRACT construction)

Należy jednak mieć na uwadze fakt, że w rozwiązaniach wielokomorowych zbiorników zainstalowane muszą być zamknięcia klapowe wymagające bieżącej konserwacji i okresowych remontów. Realizowane jednokomorowe zbiorniki retencyjne na sieciach kanalizacyjnych traktowane są jako wysoko nieefektywne rozwiązania zarówno pod względem hydraulicznym, jak i niezbędnych nakładów inwestycyjnych na ich realizację.

2.1. Zbiorniki jednokomorowe

Zbiornik typu SIMPLEX

Podstawowym rozwiązaniem zbiornika retencyjnego o działaniu grawitacyjnym jest jednokomorowy, klasyczny zbiornik typu SIMPLEX (rys. 2).



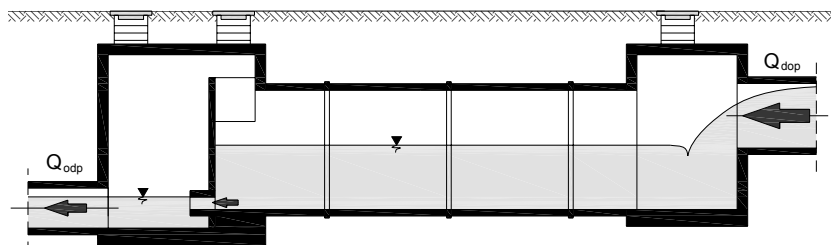
Rys. 2. Jednokomorowy zbiornik typu SIMPLEX

Fig. 2. Single-chamber tank SIMPLEX

Dopływ ścieków odbywa się kanałem zlokalizowanym możliwie wysoko w górnej części zbiornika, natomiast odpływ umożliwia dławiący przewód odprowadzający, który znajduje się w najniższym punkcie budowli. Zbiornik wymaga zapewnienia dużej pojemności retencyjnej komory, w konsekwencji czego jego realizację warunkuje konieczność zajęcia terenu o znacznej powierzchni. Charakteryzuje się on ponadto bardzo niską sprawnością i efektywnością działania, niskim stopniem wykorzystania zdolności retencyjnej przestrzeni akumulującej zbiornika i przepustowości hydraulicznej kanału odpływowego w okresie retencionowania ścieków w zbiorniku. Wynika stąd konieczność projektowania konstrukcji o znacznej objętości i częstego ich płukania w trakcie eksploatacji. Głębokie ułożenie kolektora opływowego dodatkowo podraża koszty realizacji takiego zbiornika.

Zbiornik typu CANALIS

Kolejnym jednokomorowym zbiornikiem jest jego wersja rurowa typu CANALIS [8] – (rys. 3), która nie różni się działaniem hydraulicznym od zbiornika typu SIMPLEX (rys. 2).



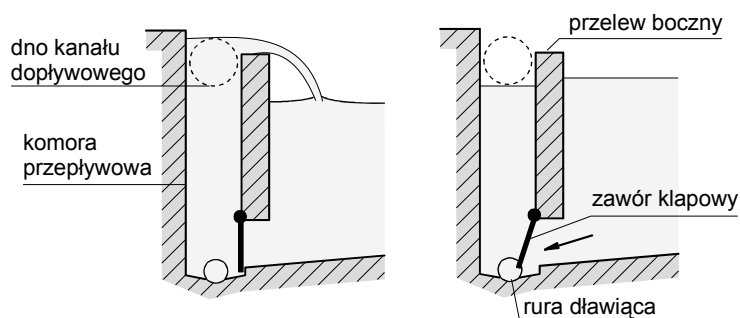
Rys. 3. Jednokomorowy zbiornik typu CANALIS

Fig. 3. Single-chamber tank CANALIS

Ma on jednak odmienną konstrukcję, albowiem jego komorę retencyjną stanowią gotowe odcinki rur łączone szeregowo, o odpowiednio zwiększonej średnicy w stosunku do kolektorów tranzytowych. Warto zwrócić uwagę, że zbiornik typu CANALIS, pomimo iż ma identyczne wady hydraulicznego działania co zbiornik typu SIMPLEX, to jego stosowanie w praktyce ze względu na proste wykonawstwo i zajmowanie niewielkich powierzchni pod budowę może być rekomendowane jako propozycja systemu wielu zbiorników na sieci w miejsce jednego zbiorczego.

2.2. Zbiorniki wielokomorowe

Pierwszym zwiastunem rozwiązań wielokomorowych zbiorników kanalizacyjnych był zaprezentowany na Second International Conference on Urban Storm Drainage, Illinois USA, [1] dwukomorowy zbiornik wyposażony w zamknięcie klapowe, które usytuowane zostało w przydennej strefie ścianki przelewowej, oddzielającej komorę tranzytową przepływu ścieków od komory retencyjnej zbiornika (rys. 4).

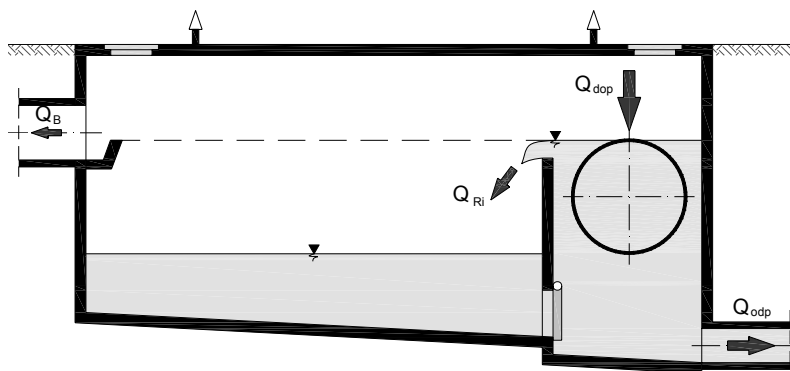


Rys. 4. Szczegół działania zamknięcia klapowego zbiornika retencyjnego

Fig. 4. Detailed scheme of the flap gate, mounted in the storage tank

Zbiornik typu CONTRACT

Dwukomorowy zbiornik typu CONTRACT [2] – (rys. 5) składa się z komory przepływowej oraz grawitacyjnej komory retencyjnej.



Rys. 5. Dwukomorowy zbiornik typu CONTRACT

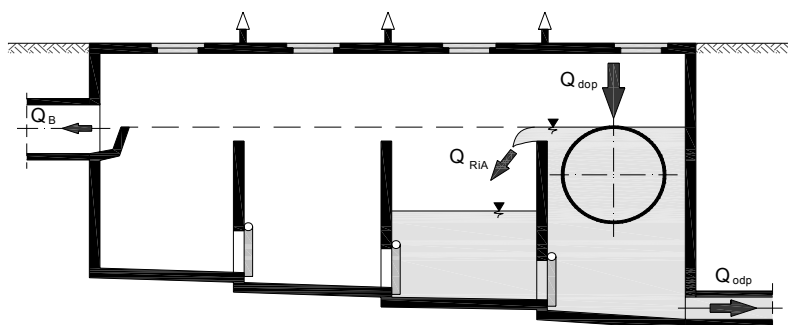
Fig. 5. Two-chamber tank CONTRACT

Ma on zdolność utrzymania prawie stałego odpływu ze zbiornika w trakcie trwania procesu wypełniania jego grawitacyjnej komory retencyjnej ściekami. Dzięki tej własności i w zależności od minimalnego stopnia redukcji przepływu na zbiorniku całkowita pojemność retencyjna zbiornika typu CONTRACT ulega odpowiedniemu pomniejszeniu w stosunku do pojemności retencyjnej zbiornika typu SIMPLEX (rys. 2).

Mniejsza pojemność retencyjna zbiornika typu CONTRACT umożliwia jego szybsze opróżnianie, a także zmniejszenie jego rzutu poziomego przy równoczesnym możliwym spłyceciu ułożenia kolektora odpływowego ze zbiornika. Efektywność wykorzystania przekroju kolektora odpływowego jest tu wyraźnie zwiększona, albowiem czas trwania natężenia przepływu zredukowanego jest tu równy czasowi wypełniania ściekami grawitacyjnej komory retencyjnej zbiornika.

Zbiornik typu COMPLEMENT

Wielokomorowy zbiornik szeregowy typu COMPLEMENT [2] – (rys. 6) ma komorę przepływową i umiejscowione jedna za drugą grawitacyjne komory retencyjne, których liczbę uzasadnia różnorodność eksploatacyjnych hydrogramów dopływu do zbiornika.



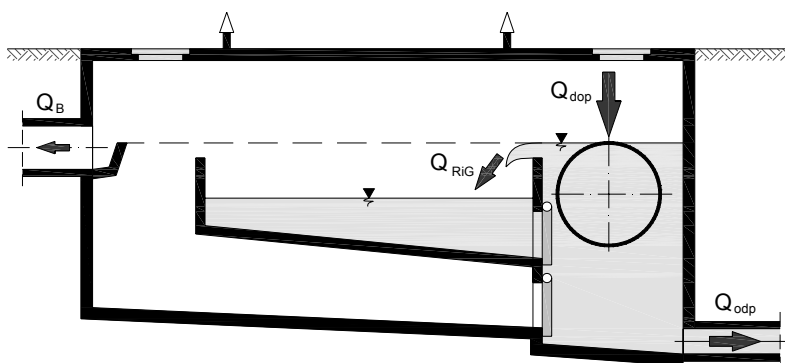
Rys. 6. Wielokomorowy zbiornik typu COMPLEMENT

Fig. 6. Multi-chamber tank COMPLEMENT

Zbiornik typu COMPLEMENT charakteryzuje się tym (w odróżnieniu od zbiornika typu CONTRACT (rys. 5)), że jego pojemność retencyjna podzielona jest na określoną liczbę komór. Dla większości eksploatacyjnych hydrogramów dopływu ścieków do zbiornika wypełnienie częściowe lub całkowite komory następnej możliwe jest tylko po całkowitym wypełnieniu komory poprzedniej. W konsekwencji tak wypełnionej pojemności retencyjnej zbiornika typu COMPLEMENT, przy jego częściowym napełnieniu, opróżnianie następuje szybciej od opróżniania tej samej objętości ścieków zakumulowanych w jednej komorze, jak np. w zbiorniku typu CONTRACT. Należy jednak zwrócić uwagę na powiększoną liczbę zamknięć klapowych, które ze względu na wymogi konserwacji i remontów zmniejszają niezawodność działania tego typu zbiornika oraz zwiększają koszty realizacji i eksploatacji zbiornika.

Zbiornik typu WISKARB

Trzykomorowy zbiornik typu WISKARB [2] – (rys. 7) ma komorę przepływową oraz dwie grawitacyjne komory retencyjne zlokalizowane jedna nad drugą.



Rys. 7. Wielokomorowy zbiornik typu WISKARB

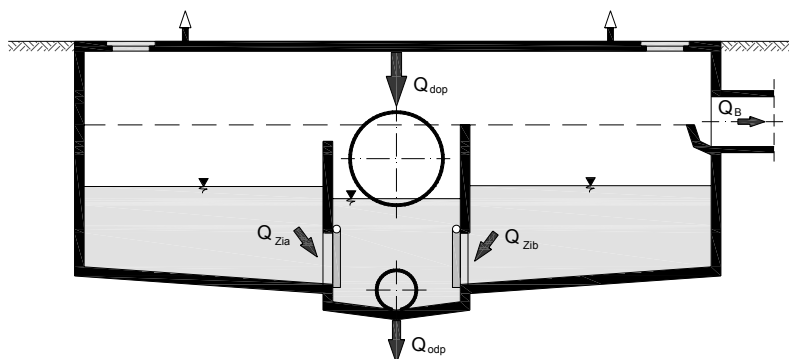
Fig. 7. Multi-chamber tank WISKARB

Górna komora retencyjna zbiornika wypełniana jest ściekami w pierwszej kolejności, a po jej całkowitym napełnieniu ścieki, przepływając przez nią tranzytowo, napełniają retencyjną komorę dolną. Częściowe, względnie całkowite wypełnienie górnej komory retencyjnej umożliwia, lecz w bardzo ograniczonym zakresie, utrzymywanie zwiększonych wartości odpływu ścieków ze zbiornika zarówno w przypadku gdy natężenie dopływu ścieków do zbiornika osiąga wartość mniejszą od natężenia odpływu zredukowanego, jak również gdy rozpoczyna się proces opróżniania tego zbiornika. Efekt ten wynika z faktu, że w pierwszej kolejności opróżniana jest górna komora retencyjna zbiornika.

Zbiornik ten jest najbardziej efektywnym rozwiązaniem przy akumulacji ścieków charakteryzujących się dużą zmiennością przepływów. Osiągnięty efekt kubaturowy wynika z tego, że przy częstym wypełnianiu tylko górnej komory retencyjnej uzyskuje się bardzo korzystne wydłużenie czasu opróżniania pod wysokim ciśnieniem hydrostatycznym. Zbiornik typu WISKARB wymaga jednak realizacji kosztownego stropu stanowiącego dno górnej komory retencyjnej.

Zbiornik typu COMPLEX

Trzykomorowy zbiornik szeregowo-równoległy typu COMPLEX [2] – (rys. 8) ma komorę przepływową, do której obustronnie przylegają dwie grawitacyjne komory retencyjne.



Rys. 8. Wielokomorowy zbiornik typu COMPLEX

Fig. 8. Multi-chamber tank COMPLEX

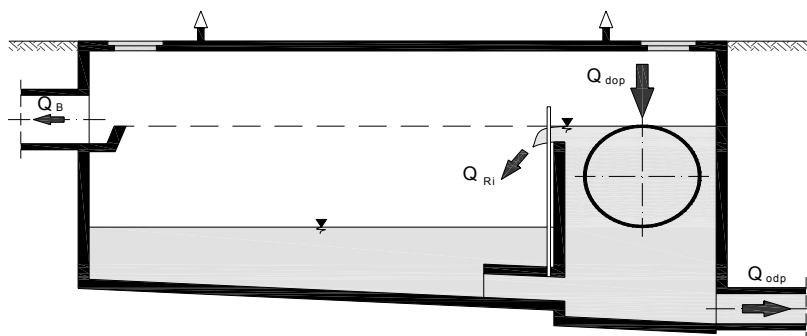
Komory retencyjne wypełniane są ściekami grawitacyjnie w kolejności szeregowej, co oznacza, że całkowite wypełnienie jednej umożliwia dopiero napełnienie drugiej. Opróżnianie grawitacyjnych komór retencyjnych po ich całkowitym napełnieniu następuje jednocześnie przez otwarcie klap zlokalizowanych w przydennej strefie komory przepływowej w ścianach oddzielających ją od obydwu komór retencyjnych zbiornika. Rozwiązanie to wyróżnia się tym, że w procesie opróżniania ścieki bezpośrednio wpływają do komory przepływowej, a nie jak w zbiorniku typu COMPLEMENT (rys. 6) – muszą przepływać tranzytowo przez kolejne szeregowo połączone komory tego zbiornika.

Zbiornik typu LICET

Dwukomorowy zbiornik typu LICET [4] – (rys. 9) tym różni się od dwukomorowego zbiornika typu CONTRACT (rys. 5), że nie ma zamknięcia klapowego otwieranego jednokierunkowo różnicą ciśnienia hydrostatycznego, jakie powstaje przy przepływie ścieków z komory retencyjnej do komory przepływowej.

W miejsce zamknięcia klapowego zbiornik typu LICET ma otwór przepływowy o zróżnicowanej zdolności przepustowej, większej w kierunku przepływu z grawitacyjnej komory retencyjnej do komory przepływowej.

Jego efektywność działania jest lepsza od jednokomorowego zbiornika typu SIMPLEX (rys. 2), zaś w porównaniu ze zbiornikiem typu CONTRACT (rys. 5) znacznie gorsza. Wynika to przede wszystkim z tego, że każdy przepływ tranzytowy będzie wypełniał komorę retencyjną zbiornika, co w przypadku zbiornika z zamknięciem klapowym jest uniemożliwione.



Rys. 9. Dwukomorowy zbiornik typu LICET

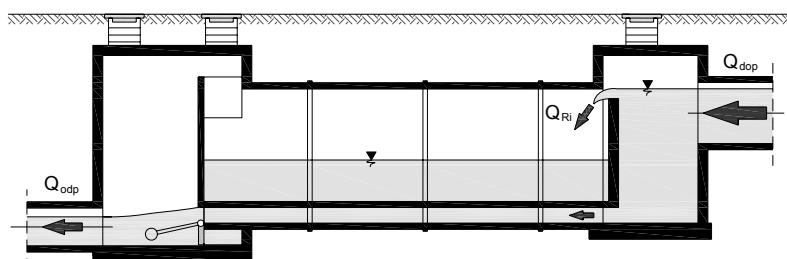
Fig. 9. Two-chamber tank LICET

Zbiorniki rurowe LONGUS, MAGNUS i PROXIMUS

Zbiorniki te stanowią rozwinięcie podstawowej konstrukcji zbiornika typu CANALIS (rys. 4) w celu zwiększenia sprawności ich hydraulicznego działania. Wyposażone zostały w dodatkowe komory, uzyskując miano wielokomorowych zbiorników (rys. 1), dzięki czemu ich efektywność działania stała się porównywalna z innymi rozwiązaniami tego typu.

Zbiornik typu LONGUS

Zbiornik typu LONGUS [8] – (rys. 10) ma dodatkową przegrodę oddzielającą komorę wlotową od komory retencyjnej, która w strefie przydennej ma wlot do przewodu tranzytowego o mniejszej średnicy, ułożonego na całej długości komory retencyjnej. Odpływ z komory retencyjnej do komory wylotowej umożliwia otwór spustowy znajdujący się w najniższym punkcie komory zbiornika.



Rys. 10. Rurowy zbiornik retencyjny typu LONGUS

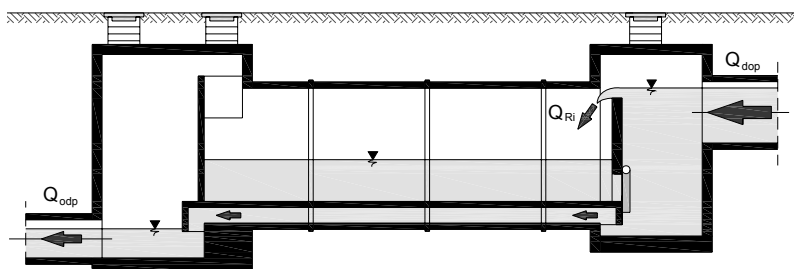
Fig. 10. Tubular detention tank LONGUS

Natężenie odpływu ścieków przez otwór spustowy regulowane jest zaworem pływakowym, którego zadziałanie zależy od poziomu ścieków w komorze wylotowej. Wprowadzona innowacja zapewnia wykorzystanie w pełni zdolności akumulacyjnej zbiornika i przepustowości hydraulicznej kanału odpływowego.

Zaprezentowana na rysunku 10 konstrukcja jest tylko jednym z kilku możliwych wariantów wykonania zbiornika. Szczególnie dużo zmian można dokonywać w zakresie wzajemnego wysokościowego usytuowania kanału dopływowego, korony przelewu szczytowego i kanału odpływowego względem otworu spustowego.

Zbiornik typu PROXIMUS

W zbiorniku typu PROXIMUS [8] – (rys. 11) istotą rozwiązania jest to, że retencyjna komora, którą także stanowi rura o dużej średnicy, ułożona jest w odwrotnym spadku do kierunku przepływu. Umożliwia to zlokalizowanie zamknięcia klapowego w komorze wlotowej zbiornika. Przewód tranzytowy przepływu ułożony jest tu również na dnie komory retencyjnej. Jest on zatem ułożony w takim samym odwrotnym spadku co rura komory retencyjnej.



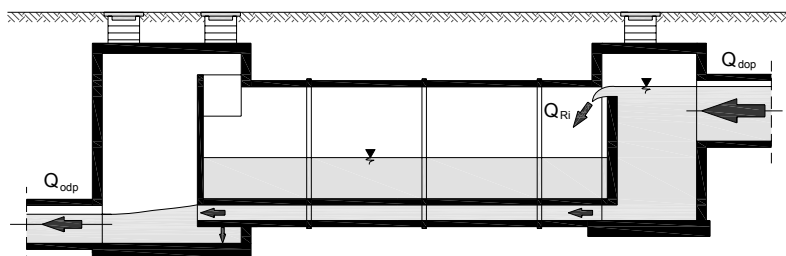
Rys. 11. Rurowy zbiornik typu PROXIMUS

Fig. 11. Tubular detention tank PROXIMUS

Niesione ze ściekami deszczowymi zanieczyszczenia, głównie zawiesina, powodować będą powstawanie osadów przy wlocie do kanału tranzytowego, dlatego komora wlotowa zbiornika typu PROXIMUS powinna jednocześnie służyć jako osadnik, dodatkowo podczyszczając ścieki, lub funkcjonować jako rodzaj studni chłonnej, jeśli pozwalają na to warunki gruntowo-wodne.

Zbiornik typu MAGNUS

Zbiornik typu MAGNUS [8] – (rys. 12) stanowi rozwinięcie podstawowej konstrukcji zbiornika typu CANALIS (rys. 3) w celu zwiększenia sprawności ich hydraulicznego działania. Wyposażony został w dodatkowe komory, uzyskując miano wielokomorowego zbiornika, dzięki czemu jego efektywność działania stała się porównywalna z innymi rozwiązaniami tego typu. Zbiornik nie ma zamknięcia mechanicznego, które by uniemożliwiało swobodny odpływ cieczy akumulowanej w rurowej komorze retencyjnej. Przewód tranzytowy przepływu ułożony na dnie komory retencyjnej zapewnia w tym rozwiązaniu, przy maksymalnym napełnieniu komory wlotowej, przeprowadzenie przepływu o natężeniu mniejszym od natężenia odpływu zredukowanego. Całkowite jego wypełnienie powoduje, że krótkotrwały odpływ ze zbiornika, stanowiący sumę przepływu tranzytowego i swobodnego wypływu z komory retencyjnej, jest z kolei nieco większy od natężenia odpływu zredukowanego.



Rys. 12. Rurowy zbiornik typu MAGNUS

Fig. 12. Tubular detention tank MAGNUS

Wszystkie typy zbiorników rurowych niezależnie od uzyskiwanej efektywności ich działania są rozwiązaniami, które cechuje: prostota wykonawstwa, samonośność konstrukcyjna oraz maksymalne ograniczenie terenu pod realizację zbiornika.

3. Zbiorniki o działaniu grawitacyjno-podciśnieniowym

Zbiorniki o działaniu grawitacyjno-podciśnieniowym wyraźnie poprawiają efektywność działania zbiorników pod względem hydraulicznym, utrzymując obecnie prawie stały maksymalnie dopuszczalny odpływ (bliski natężeniu zredukowanemu) zarówno w czasie napełniania komór retencyjnych zbiornika, jak również w trakcie opróżniania komory podciśnieniowej. Możliwość lokalizacji komory podciśnieniowej na poziomie zwierciadła ścieków w dopływie do zbiornika oraz to, że wysokość komory podciśnieniowej ograniczona jest tylko prawami wynikającymi z parowania danej cieczy w warunkach podciśnienia oraz ograniczeniem zachowania poddźwiękowego przepływu powietrza w przewodach odpowietrzających i napowietrzających tę komorę mogą zapewnić jej użytkową wysokość prawie do 4,5 m. Taka możliwość pozwala na bardzo znaczącą redukcję powierzchni jego rzutu poziomego oraz spłylenie ułożenia kolektora odpływowego. Realizacji tego typu rozwiązań nie ogranicza płaskie ukształtowanie terenu ani te warunki hydrogeologiczne, które uniemożliwiały stosowanie zbiorników o działaniu grawitacyjnym. Zbiorniki o działaniu grawitacyjno-podciśnieniowym wymagają korzystania z energii elektrycznej niezbędnej do działania urządzeń, które zapewniają odprowadzanie powietrza o określonej wydajności objętościowej z zamkniętej objętości komory podciśnieniowej na zewnątrz do atmosfery.

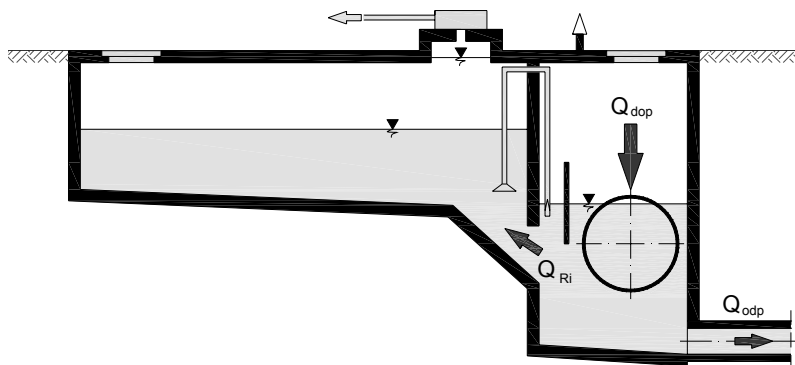
Zatem jest to również dodatkowe urządzenie oprócz zamknięcia klapowego, które wymaga właściwej dbałości eksploatacyjnej.

3.1. Wielokomorowe zbiorniki z pojedynczą pompą próżniową

Zbiornik typu COMMODUS-S

Zbiornik typu COMMODUS-S [3] – (rys. 13) składa się z grawitacyjnej komory przepływowej i podciśnieniowej komory retencyjnej.

Podciśnieniowa retencja ścieków realizowana jest za pośrednictwem elektrycznej pompy próżniowej przy współdziałaniu regulatora, który koryguje prędkość podnoszenia się i opadania zwierciadła ścieków w komorze podciśnieniowej.



Rys. 13. Wielokomorowy zbiornik grawitacyjno-podciśnieniowy typu COMMODUS-S

Fig. 13. Multi-chamber tank COMMODUS-S operated as gravitational-vacuum

Zbiornik ma zdolność wyrównywania odpływu ścieków zarówno w trakcie trwania procesu napełniania komory podciśnieniowej, jak również w czasie jej opróżniania. Wyrównuje on także odpływ ścieków ze zbiornika w tych przedziałach czasowych, podczas których natężenie dopływu do zbiornika osiąga wartości mniejsze od natężenia zredukowanego odpływu.

W zbiorniku typu COMMODUS-S możliwe jest uzyskanie maksymalnego spłykania ułożenia kolektora odpływowego, a także maksymalnego zmniejszenia powierzchni zajętej pod realizację tego zbiornika w odniesieniu do każdego rozwiązania wielokomorowego zbiornika o działaniu grawitacyjnym.

Zbiornik typu MIRUS-S

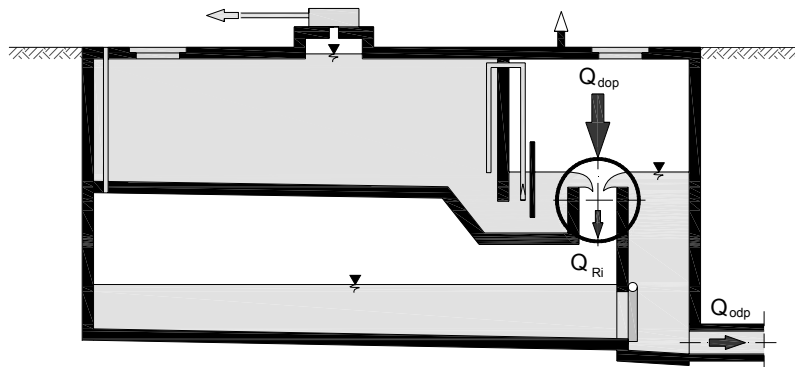
Trzykomorowy zbiornik typu MIRUS-S [3] – (rys. 14) jest szczególnym połączeniem zbiornika typu COMMODUS-S (rys. 13) ze zbiornikiem typu CONTRACT (rys. 5).

Może on działać w dwóch wariantach: w pierwszym wypełniana jest retencyjna komora podciśnieniowa, a po jej całkowitym napełnieniu retencyjna komora grawitacyjna; w drugim, obie komory retencyjne wypełniane są jednocześnie. Ma on identyczną właściwość wyrównywania odpływu ścieków ze zbiornika co zbiornik typu COMMODUS-S, pod warunkiem że w komorze podciśnieniowej znajdują się akumulowane ścieki.

Zbiornik typu CONSES-S

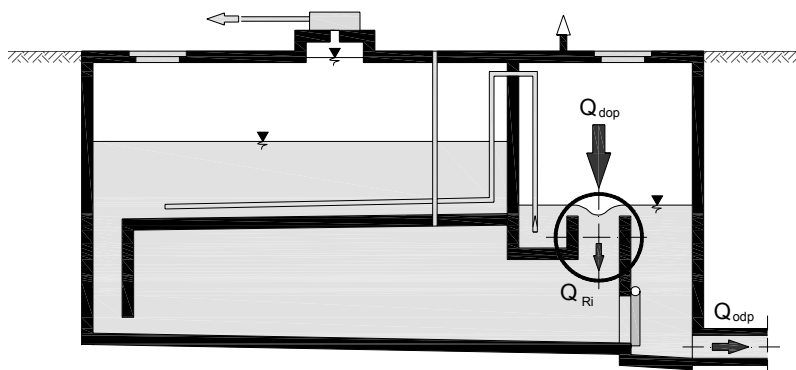
Trzykomorowy zbiornik typu CONSES-S [3] – (rys. 15) tym różni się od zbiornika typu MIRUS-S (rys. 14), że wypełnianie ściekami retencyjnej komory podciśnieniowej następuje pionowym przewodem z retencyjnej komory grawitacyjnej.

Uzyskuje on założoną sprawność i efektywność tylko przy całkowicie wypełnionych obydwu komorach retencyjnych, grawitacyjnej i podciśnieniowej. Jego stosowanie w praktyce uzasadnione zatem będzie tylko dla tych przypadków, które gwarantują jego całkowite napełnianie.



Rys. 14. Wielokomorowy zbiornik grawitacyjno-podciśnieniowy typu MIRUS-S

Fig. 14. Multi-chamber tank MIRUS-S operated as gravitational-vacuum



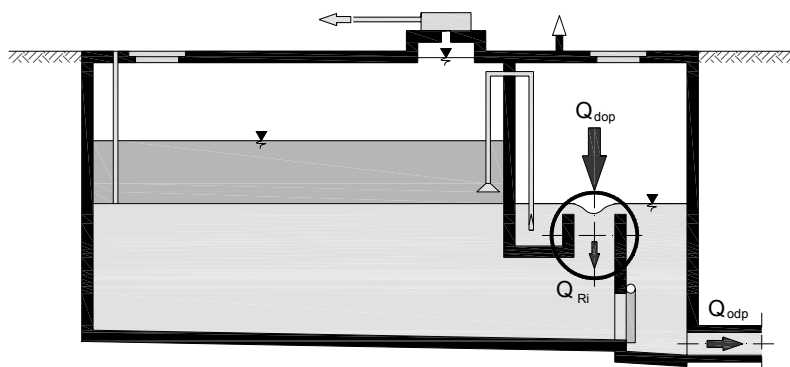
Rys. 15. Wielokomorowy zbiornik grawitacyjno-podciśnieniowy typu CONSES-S

Fig. 15. Multi-chamber tank CONSES-S operated as gravitational-vacuum

Zbiornik typu PARKUS-S

Trzykomorowy zbiornik typu PARKUS-S [3] – (rys. 16) stanowi również połączenie zbiornika typu CONTRACT (rys. 5) ze zbiornikiem typu COMMODUS-S (rys. 13) z tą różnicą, że retencyjna komora podciśnieniowa nie jest rozdzielona stropem od retencyjnej komory grawitacyjnej jak w przypadku zbiornika typu MIRUS-S (rys. 14).

Zbiornik typu PARKUS-S wypełniany jest podobnie jak zbiornik typu CONTRACT aż do całkowitego wypełnienia retencyjnej komory grawitacyjnej. Przy konieczności dalszego retencjonowania ścieków włączana jest pompa próżniowa i ścieki akumulowane są podciśnieniowo w zamkniętej przestrzeni nad retencyjną komorą grawitacyjną. Rozwiązanie to nie wymaga rozdzielania obydwu komór retencyjnych stropem i dlatego uważane jest za oszczędne w konstrukcji. Umożliwione jest dzięki temu proste adaptowanie istniejących zbiorników do podciśnieniowej akumulacji.

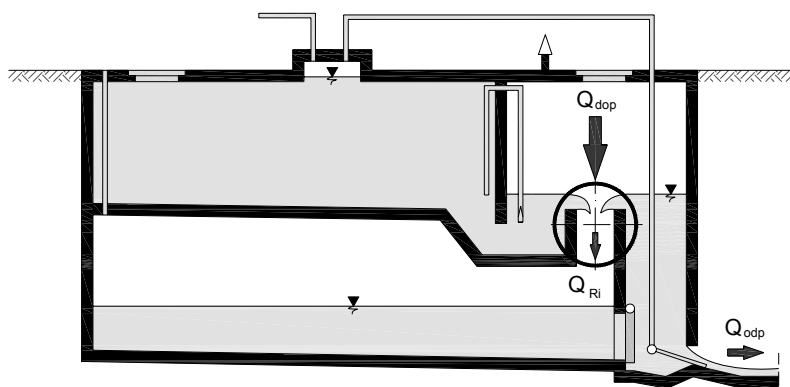


Rys. 16. Wielokomorowy zbiornik grawitacyjno-podciśnieniowy typu PARKUS-S

Fig. 16. Multi-chamber tank PARKUS-S operated as gravitational-vacuum

3.2. Energooszczędne zbiorniki z układem pomp próżniowych

Zbiornik typu MIRUS-ES



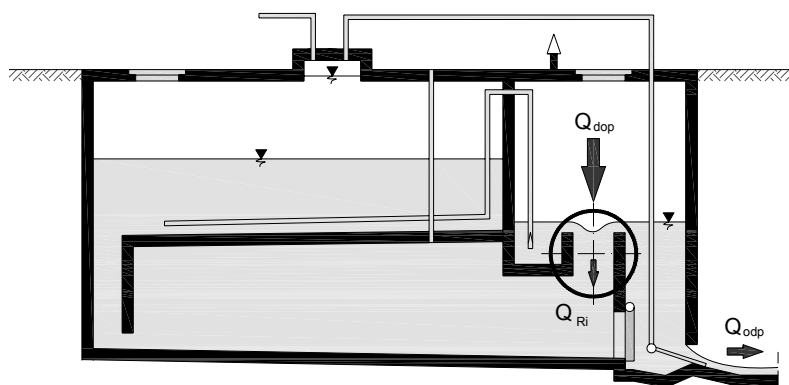
Rys. 17. Wielokomorowy, energooszczędny zbiornik grawitacyjno-podciśnieniowy typu MIRUS-ES

Fig. 17. Energy-saved multi-chamber tank MIRUS-ES operated as gravitational-vacuum

Trzykomorowy energooszczędny zbiornik typu MIRUS-ES (rys. 17) ma identyczną konstrukcję jak zbiornik typu MIRUS-S (rys. 14). Zbiornik ten ma pompę podciśnieniową o małej wydajności objętościowej powietrza. Zasadnicza pompa próżniowa o wydajności objętościowej jak w zbiorniku typu MIRUS-S jest i w tym przypadku włączana tylko po całkowitym wypełnieniu ściekami grawitacyjnej komory retencyjnej i częściowym komory podciśnieniowej, jeżeli zaistnieje konieczność kontynuowania akumulacji ścieków w zbiorniku. Pojemność komory podciśnieniowej jest ściśle uzależniona od instalowanej pompy podciśnieniowej o małej wydajności objętościowej i na odwrót. W większości eksploatacyjnych przypadków dopływu ścieków do zbiornika następuje niecałkowite wypełnienie jego pojemności retencyjnej i włączenie pompy o dużej wydajności objętościowej jest zbyteczne.

Zbiornik typu CONSES-ES

Trzykomorowy, energooszczędny zbiornik typu CONSES-ES (rys. 18) ma z kolei identyczną konstrukcję jak zbiornik typu CONSES-S (rys. 15). Różni się jednak hydraulicznym sposobem działania oraz tym, że wyposażony jest w pompę podciśnieniową o małej wydajności powietrza.



Rys. 18. Wielokomorowy, energooszczędny zbiornik grawitacyjno-podciśnieniowy typu CONSES-ES

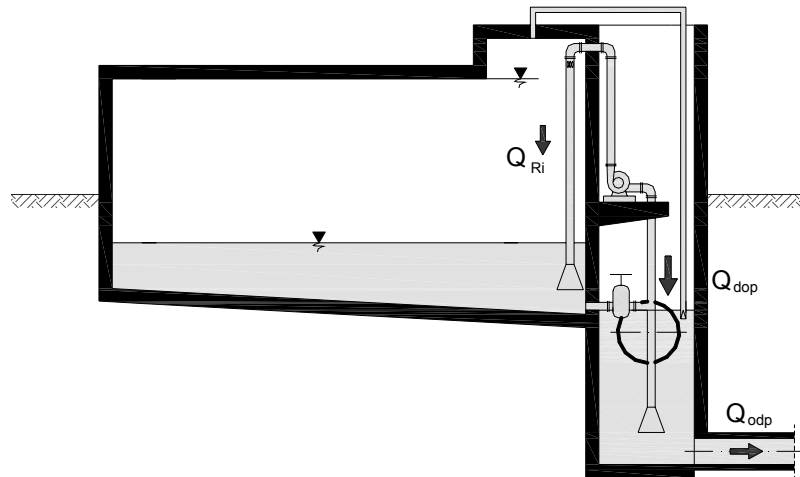
Fig. 18. Energy-saved multi-chamber tank CONSES-ES operated as gravitational-vacuum

Podczas wypełniania grawitacyjnej komory retencyjnej zbiornika typu CONSES-ES następuje równoczesna akumulacja ścieków w retencyjnej komorze podciśnieniowej za sprawą działania pompy próżniowej o małej wydajności objętościowej. Całkowite wypełnienie retencyjnej komory grawitacyjnej i częściowe komory podciśnieniowej w większości przypadków eksploatacyjnych kończy proces wypełniania zbiornika. W przypadku konieczności dalszej akumulacji ścieków włączana jest pompa próżniowa o większej wydajności objętościowej i dopełniana ściekami jest komora podciśnieniowa. Podobnie jak w zbiorniku typu MIRUS-ES (rys. 17) istnieje relacja między instalowaną pompą próżniową o mniejszej wydajności a pojemnością komory podciśnieniowej.

3.2. Energooszczędne wielokomorowe zbiorniki z układem pomp ssąco-tłoczających

Zbiornik typu COMMODUS-EP

Zbiornik dwukomorowy typu COMMODUS-EP [6] – (rys. 19) ma identyczny układ komór co zbiornik typu COMMODUS-S (rys. 13). Oba zbiorniki różnią się jednak zasadniczo co do sposobu napełniania komory podciśnieniowej. W tym przypadku komora podciśnieniowa napełniana jest za pośrednictwem układu pomp, uruchamianych kolejno czujnikami w miarę wzrostu dopływu ścieków do zbiornika. Powietrze z wypełnianej komory podciśnieniowej odprowadzane jest do atmosfery przez regulator, który steruje procesem jej opróżniania po wyłączeniu pomp i otwarciu zamknięcia przewodu spustowego.



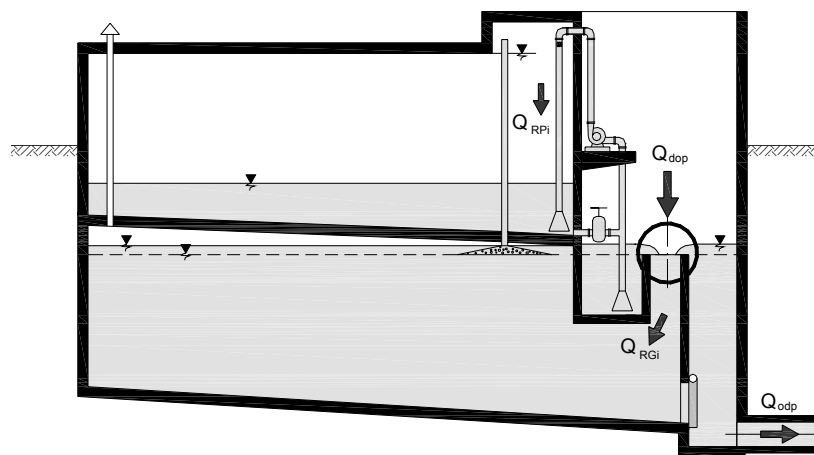
Rys. 19. Wielokomorowy, energooszczędny zbiornik grawitacyjno-podciśnieniowy z układem pomp ssąco-tłoczących typu COMMODUS-EP

Fig. 19. Energy-saved multi-chamber tank COMMODUS-EP operated as gravitational-vacuum and equipped with pumps

Opróżnianie retencyjnej komory podciśnieniowej następuje tylko w przypadku całkowitego wypełnienia zbiornika lub zaniku do niego dopływu. Dla większości eksploatacyjnych dopływów do tego zbiornika sposób jego napełniania wnosi wymierne oszczędności w zużyciu energii elektrycznej w porównaniu z jej niezbędnym zużyciem dla analogicznego dopływu w przypadku napełniania zbiornika typu COMMODUS-S.

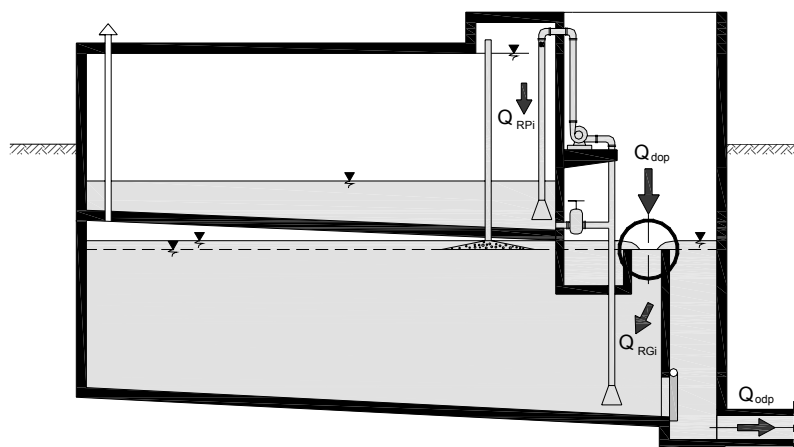
Zbiornik typu MIRUS-EP

Zbiornik dwukomorowy typu MIRUS-EP [6] – (rys. 20) ma trzy komory identycznie usytuowane jak w zbiorniku typu MIRUS-S (rys. 14). Komora podciśnieniowa napełniana jest za pośrednictwem systemu pomp ssąco-tłoczących, których działanie sterowane jest czujnikami stanów napełnień w komorach zbiornika. Z wypełnianej ściekami komory podciśnieniowej powietrze odprowadzane jest do atmosfery przez przewód regulatora, który z kolei w trakcie procesu opróżniania steruje natężeniem odpływu ścieków z tej komory. W trakcie napełniania komory podciśnieniowej zamknięcie przewodu spustowego jest zamknięte, natomiast wyłączenie pomp powoduje równoczesne otwarcie tego zamknięcia i rozpoczęcie procesu opróżniania komory podciśnieniowej. Napełnianie obydwu komór następuje równocześnie, przy czym napełnianie komory podciśnieniowej realizowane jest za pośrednictwem pompy ssąco-tłoczącej o niewielkiej wydajności. Dobór pompy o małej wydajności jest tu również związany z pojemnością akumulacyjną komory podciśnieniowej, a zasada działania zbiornika jest identyczna jak zbiornika typu MIRUS-ES (rys. 18).



Rys. 20. Wielokomorowy, energooszczędny zbiornik grawitacyjno-podciśnieniowy z układem pomp ssąco-tłoczących typu MIRUS-EP

Fig. 20. Energy-saved multi-chamber tank MIRUS-EP operated as gravitational-vacuum and equipped with pumps



Rys. 21. Wielokomorowy, energooszczędny zbiornik grawitacyjno-podciśnieniowy z układem pomp ssąco-tłoczących typu CONSES-EP

Fig. 21. Energy-saved multi-chamber tank CONSES-EP operated as gravitational-vacuum and equipped with pumps

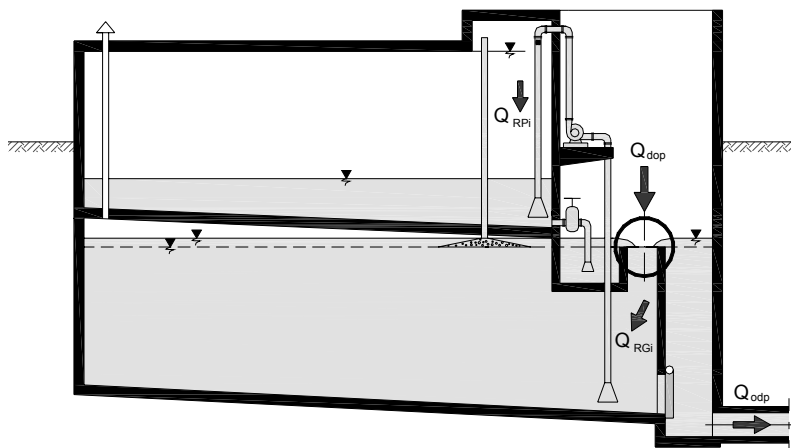
Zbiornik typu CONSES-EP

Zbiornik energooszczędny typu CONSES-EP [6] – (rys. 21) ma trzy komory o konstrukcji i rozmieszczeniu komór przypominających zbiornik typu MIRUS-S (rys. 14). Jego działanie jest jednak typowe dla działania zbiornika typu CONSES-S (rys. 15), ponieważ napełnianie i opróżnianie komory podciśnieniowej dokonywane jest za pośrednictwem

retencyjnej komory grawitacyjnej. Działanie systemu pomp ssąco-tłoczących sterowane jest tu również czujnikami stanu napełnień komór w zbiorniku. Wlot do regulatora zlokalizowany jest w strefie stropowej retencyjnej komory grawitacyjnej, natomiast jego wylot w strefie stropowej podciśnieniowej komory retencyjnej. Zbiornik ten może być wypełniany także na dwa identyczne sposoby jak zbiornik typu MIRUS-EP (rys. 20).

Zbiornik typu OPTIMUS-EP

Zbiornik typu OPTIMUS-EP [10] – (rys. 22) zbudowany jest identycznie jak zbiornik typu MIRUS-S (rys. 14). Ma on zatem trzy komory – dwie retencyjne, grawitacyjną i podciśnieniową, oraz grawitacyjną komorę przepływową. Wyposażony jest on w układ pomp ssąco-tłoczących, których rura ssąca znajduje się w retencyjnej komorze grawitacyjnej. W zbiorniku tym w pierwszej kolejności napełniana jest cieczą grawitacyjną komora retencyjna i dopiero po jej całkowitym napełnieniu rozpoczyna się proces akumulacji podciśnieniowej komory retencyjnej.



Rys. 22. Wielokomorowy, energooszczędny zbiornik grawitacyjno-podciśnieniowy z układem pomp ssąco-tłoczących typu OPTIMUS-EP

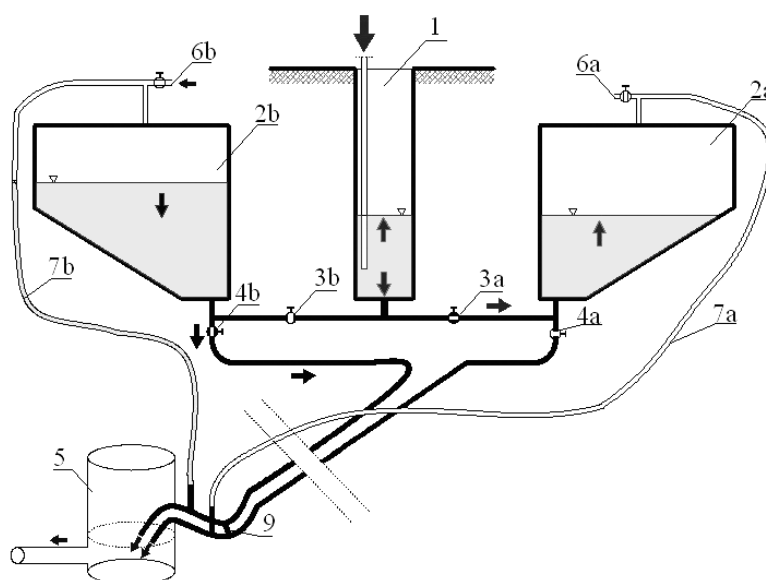
Fig. 22. Energy-saved multi-chamber tank OPTIMUS-EP operated as gravitational-vacuum and equipped with pumps

Podciśnieniowa akumulacja ścieków w zbiorniku typu OPTIMUS-EP uwzględnia zmienność przepływu podlegającego retencjonowaniu przez odpowiednie sterowanie jednostkami pompowymi. W przyjętym rozwiązaniu ścieki wypełniające podciśnieniową komorę retencyjną czerpane są przez pompy z retencyjnej komory grawitacyjnej, dzięki czemu czas pracy pomp nie jest zbyt krótki i nie zachodzi również potrzeba ich natychmiastowego ponownego włączenia.

4. Zbiorniki o specjalnym przeznaczeniu

Zbiornik typu PERFEKTUS

Retencyjny zbiornik przeznaczony dla stacji zlewnej typu PERFEKTUS [6] – (rys. 23) przeznaczony jest do gwarantowanego ciągłego odbioru ścieków dowożonych przez tabor asenizacyjny i sterowanego odprowadzania tych ścieków do oczyszczalni. Ma on trzy komory, które stanowią: dwie grawitacyjno-podciśnieniowe komory retencyjne o naprzemiennym działaniu w procesach grawitacyjnej akumulacji w nich ścieków i podciśnieniowym ich odprowadzaniu do oczyszczalni oraz komorę rozdziału ścieków nazwaną studnią rozdziału.



Rys. 23. Retencyjny zbiornik przeznaczony dla stacji zlewnych typu PERFEKTUS

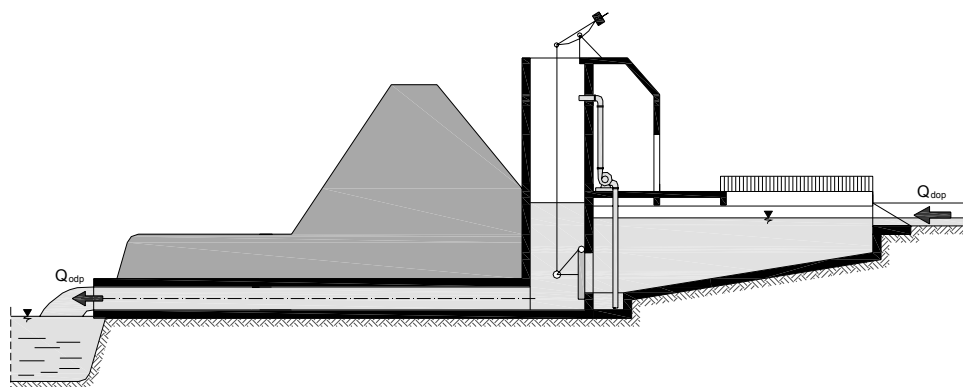
Fig. 23. Storage tank PERFEKTUS designed for central septic stations

Napełnianie komór retencyjnych możliwe jest przez odpowiednie całkowite otwarcie lub zamknięcie odpowiedniej pary zasuw, które mogą być zastąpione pojedynczym zaworem o odpowiednio zmodyfikowanym działaniu. Wypełniana komora retencyjna, którą stanowi zamknięty i szczelny zbiornik, odprowadza powietrze zamknięte w swym wnętrzu do atmosfery za pośrednictwem przewodu, którego wylot zanurzony jest w cieczy. Przy grawitacyjnym odprowadzaniu ścieków do oczyszczalni sugerowane jest wprowadzenie wylotu przewodu odpowietrzającego we wznoszące się syfonowo ukształtowanie zakończenie rurociągu odpływowego komory retencyjnej. Opróżnianie komór retencyjnych zbiornika sterowane jest dopływem do niej powietrza.

Zbiornik typu PLUVIUS-P

Zbiornik retencyjno-przerzutowy typu PLUVIUS-P [7] – (rys. 24) ma dwie komory: retencyjną ścieków oczyszczonych, względnie pochodzących z opadów atmosferycznych

oraz komorę wieżową połączoną przewodem odpływowym z odbiornikiem, który przeważnie stanowi ciek wodny. Zbiornik retencyjno-przerzutowy zlokalizowany jest przy wale przeciwpowodziowym rzeki od strony chronionego. Komora wieżowa podczas wezbrań wypełniana jest na zasadzie naczyń połączonych do aktualnego poziomu napełnienia w rzece. Komora retencyjna połączona jest z komorą wieżową za pośrednictwem zamknięcia klapowego otwieranego tylko w kierunku przepływu w stronę odbiornika.



Rys. 24. Zbiornik retencyjno-przerzutowy typu PLUVIUS-P

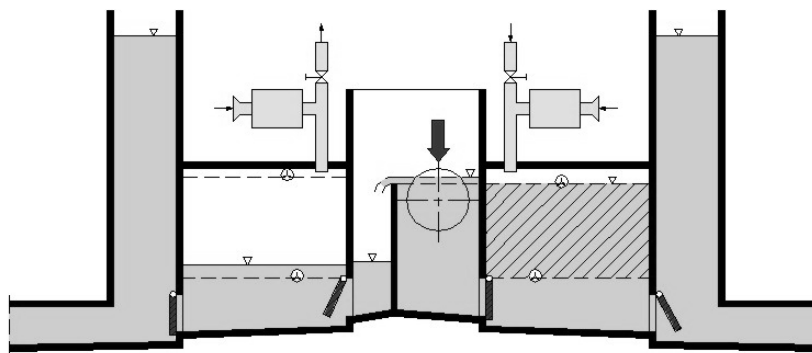
Fig. 24. Storage-transfer tank PLUVIUS-P

Umożliwiony jest zatem grawitacyjny przepływ cieczy przez zbiornik w czasie, gdy stany napełnień w odbiorniku nie są wyższe od możliwego maksymalnego napełnienia w retencyjnej komorze zbiornika. W przypadku wysokich stanów w odbiorniku wodnym opróżnianie wypełnionej komory retencyjnej zbiornika odbywa się za pomocą pompy ssąco-tłoczącej, której działanie sterowane jest czujnikami stanów napełnienia.

Zbiornik typu GEMINUS-T

Zbiornik retencyjno-przerzutowy typu GEMINUS-T [7] ma komorę przepływową, połączoną w górnej strefie z kanałem dopływowym cieczy, i komorę przelewową (rys. 25). Komora przepływowa i komora przelewowa oddzielone są od siebie przegrodą z przelewem szczytowym. Krawędź przelewu szczytowego zajmuje położenie nieco niższe od górnego punktu obrysu kolektora dopływowego lub rowu dopływowego. Komora przepływowa połączona jest przez zamknięcie klapowe z gazoszczelną komorą zbiorczą, a komora przelewowa poprzez zamknięcie klapowe z drugą gazoszczelną komorą zbiorczą. Obie komory zbiorcze przez zamknięcia klapowe są połączone z komorą wieżową. Komora wieżowa o wysokości większej od rzędnej korony wału przeciwpowodziowego jest połączona z ciekim wodnym za pośrednictwem kolektora odpływowego.

W stropie komory zbiorczej osadzony jest przewód rurowy łączący za pośrednictwem zaworów odcinających strefę podstropową tej komory ze sprężarką lub atmosferą. Zawór odcina komorę zbiorczą od przewodu sprężarki, natomiast zawór odcina tę komorę od atmosfery. Również w stropie komory zbiorczej osadzony jest przewód rurowy, łączący za pośrednictwem zaworów odcinających strefę podstropową tej komory ze sprężarką lub atmosferą. Odcinają one komorę, odpowiednio, od sprężarki i atmosfery.



Rys. 25. Zbiornik retencyjno-przerzutowy typu GEMINUS-T

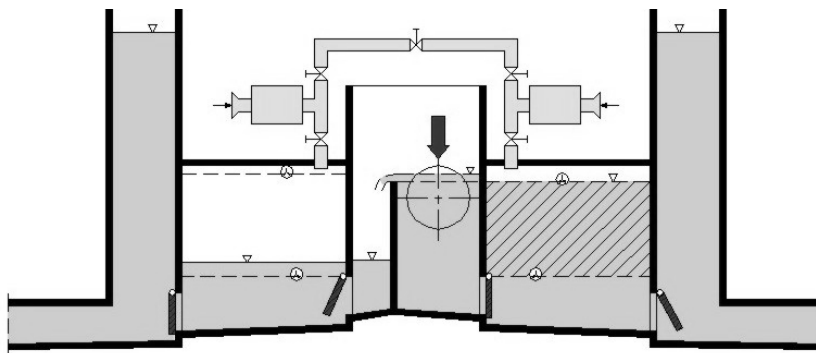
Fig. 25. Storage-transfer tank GEMINUS-T

Działanie zaworów odcinających oraz sprężarek jest sterowane czujnikami poziomu cieczy w komorach zbiorczych. Dwa czujniki, sygnalizujące założony minimalny poziom cieczy w komorach zbiorczych są umieszczone na wysokości górnych krawędzi zamknięć klapowych. Kolejne dwa czujniki sygnalizujące maksymalny poziom cieczy w komorach zbiorczych są umieszczone w komorze zbiorczej na poziomie korony przelewu szczytowego przegrody. Maksymalne i minimalne poziomy napełnienia ciekłą komór zbiorczych określają ich pojemność retencyjną oraz są uzasadnionym praktycznym ich ograniczeniem, zapewniającym poprawność i niezawodność przebiegu procesów napełniania i opróżniania tych komór. Działanie zaworów odcinających umożliwia również czujnik sygnalizujący zanik dopływu cieczy do zbiornika. Czujnik ten jest usytuowany w strefie przydennej kanału dopływowego lub rowu dopływowego u wlotu do komory przepływowej. Jego zadaniem jest opróżnienie niecałkowicie napełnionej jednej z komór zbiorczych.

Zbiornik typu GEMINUS-ET

Rozwiązanie zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-ET [7] jest prawie identyczne jak zbiornika GEMINUS-T. Różnicę stanowi jedynie niezbędne wzajemne połączenie sprężarek z komorami zbiorczymi. W stropie komory zbiorczej osadzony jest przewód rurowy łączący strefę podstropową tej komory ze sprężarką lub atmosferą poprzez zawory odcinające.

W drugiej komorze zbiorczej również osadzony jest przewód rurowy, który podobnie łączy strefę podstropową tej komory ze sprężarką lub atmosferą przez zawory odcinające. Zawory odcinają komory zbiorcze od przewodów sprężarki, natomiast zawory odcinają te komory od atmosfery. Przewody rurowe połączone są z kolei ze sobą przewodem przez zawór odcinający. Układ przewodów rurowych (rys. 26) oraz odpowiednie sterowanie zaworami odcinającymi umożliwia wykorzystanie ciśnienia sprężonego powietrza zachowanego we wcześniej opróżnionej komorze zbiorczej do częściowego opróżnienia komory drugiej bez udziału sprężarki.



Rys. 26. Zbiornik retencyjno-przerzutowy typu GEMINUS-ET

Fig. 26. Storage-transfer tank GEMINUS-ET

5. Podsumowanie

Od ponad 15 lat można obserwować wyraźny przyrost nowych rozwiązań kanalizacyjnych zbiorników retencyjnych zróżnicowanych zarówno pod względem wzajemnego układu komór retencyjnych, jak również co do sposobu ich działania: grawitacyjnego lub grawitacyjno-podciśnieniowego. Znane w literaturze fachowej rozwiązanie klasyczne w postaci jednokomorowego zbiornika o działaniu grawitacyjnym (typ SIMPLEX) było niejako jedyną propozycją do 1981 r. Wówczas to właśnie D.J. Balmforth zaprezentował dwukomorowy retencyjny zbiornik o identycznej budowie i działaniu jak 11 lat później opisany przez J. Dziopaka zbiornik typu CONTRACT. W 1992 roku Dziopak przedstawił swoje rozwiązania i liczba wielokomorowych zbiorników o działaniu grawitacyjnym wrosła o cztery nowe typy: CONTRACT, COMPLEMENT, COMPLEX i WISKARB. Natomiast w 1998 r. A. Kisiel zaprezentował nową generację wielokomorowych rozwiązań zbiorników o działaniu grawitacyjno-podciśnieniowym o wyraźnie lepszej hydraulicznej efektywności działania oraz zwiększonej możliwości stosowania w praktyce niż wnosili to rozwiązania wielokomorowych zbiorników o działaniu grawitacyjnym. Były to zbiorniki typu: COMMODUS-S, MIRUS-S, CONSES-S oraz PARKUS-S. Działanie zbiorników grawitacyjno-podciśnieniowych uwarunkowane jest jednak zapewnieniem dostarczenia energii elektrycznej niezbędnej dla pracy pomp próżniowych. W 2000 roku opracowany został kolejny dwukomorowy zbiornik typu LICET. Tak więc liczba wielokomorowych zbiorników wzrosła do dziewięciu. W rozwiązaniach energooszczędnych zbiorników o działaniu grawitacyjno-podciśnieniowym powstało sześć kolejnych propozycji wyróżniających się jedynie odmiennym sposobem działania, a nie konstrukcją. Należały do nich zbiorniki z pompami próżniowymi: MIRUS-ES i CONSES-ES oraz z pompami ssąco-tłoczącymi: COMMODUS-EP, MIRUS-EP, CONSES-EP, a także OPTIMUS-EP. Zbiorniki rurowe [8] jedno- i wielokomorowe stanowią rozwiązania szczególne ze względu na prostotę wykonawstwa. Należą do nich zbiorniki typu: CANALIS, LONGUS, MAGNUS i PROXIMUS. Tak więc liczba zbiorników retencyjnych z uwzględnieniem jednokomorowych wzrosła do dwudziestu rozwiązań. Do zbiorników o specjalnym przeznaczeniu zali-

czono zbiornik retencyjny stacji zlewnej typu PERFEKTUS [6] oraz zbiorniki przerzutowe typu PLUVIUS-P, GEMINUS-T oraz GEMINIUS-ET [7].

Autorzy niniejszej publikacji sądzą, że obecne rozwiązania w niedalekiej przyszłości wzbogacone zostaną o kolejne wersje. W nauce bowiem nie istnieje pojęcie rozwiązania ostatecznego. Zaprzeczałoby to przecież rozwojowi nauki i postępowi technicznemu.

Literatura

- [1] Balmforth D.J., *Storm water in combined sewerage systems developments in the United Kingdom*, 2nd International Conference on Urban Storm Drainage, Urbana, Illinois USA, June 14–19, 1981, 304-313.
- [2] Dziopak J., *Analiza matematyczna i modelowanie wielokomorowych zbiorników kanalizacyjnych*, Monografia 125, Politechnika Krakowska, Kraków 1992.
- [3] Kisiel A., *Hydrauliczna analiza działania grawitacyjno-podciśnieniowych zbiorników retencyjnych*, Monografia 238, Politechnika Krakowska, Kraków, 1998.
- [4] Kisiel A., Dziopak J., *Dwukomorowy, grawitacyjny zbiornik typu LICET w grawitacyjnych systemach kanalizacji*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna 9/2000, Warszawa, 354-359.
- [5] Kisiel A., Malmur R., Kisiel J., *Badanie efektywności hydraulicznego działania zbiorników przerzutowych ścieków opadowych oraz podciśnieniowych zbiorników zrzutu ścieków dowożonych do oczyszczalni*, Raport Końcowy Projektu Badawczego Komitetu Badań Naukowych Nr 7 T09D 048 21 zrealizowanego w Instytucie Inżynierii Środowiska Politechniki Częstochowskiej, 2003.
- [6] Kisiel J., *Hydrauliczna analiza współdziałania stacji zlewnej z oczyszczalnią ścieków*, praca doktorska, Częstochowa 2006.
- [7] Malmur R., *Teoretyczno-eksperymentalna analiza hydraulicznego działania zbiorników retencyjno-przerzutowych*, praca doktorska, Częstochowa 2006.
- [8] Mrowiec M., *Teoretyczno-eksperymentalna analiza hydraulicznego działania rurowych zbiorników retencyjnych w kanalizacji deszczowej*, praca doktorska, Częstochowa 2003.
- [9] Kisiel A., *Kanalizacyjny zbiornik retencyjny typu COMMODUS-EP z komorą podciśnieniową napelnianą układem pomp ssąco-tłoczących*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna 6/2005, Warszawa 2005, 8-11.
- [10] Kisiel A., *Trzykomorowe kanalizacyjne zbiorniki retencyjne typu MIRUS-EP i CONSES-EP z komorą podciśnieniową napelnianą układem pomp ssąco-tłoczących*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna 5/2005, Warszawa 2005, 10-13.
- [11] Kisiel A., *Zbiornik retencyjny cieczy typu OPTIMUS-EP z podciśnieniową komorą napelnianą układem pomp ssąco-tłoczących*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna 12/2005, Warszawa 2005, 7-10.