

ROBERT MALMUR, MACIEJ MROWIEC\*

## ZASTOSOWANIE ENERGOOSZCZĘDNEGO ZBIORNIKA RETENCYJNO-PRZERZUTOWEGO DO OCHRONY ZLEWNI PRZED PODTOPIENIAMI

### USAGE OF THE ENERGY-SAVING TRANSFER RESERVOIR FOR THE PROTECTION DRAINAGE AREA BEFORE FLOODS

#### Streszczenie

Intensywne opady deszczu, a także szybkie topnienie śniegu, powodują często podtapianie terenów chronionych i przepełnianie sieci kanalizacyjnych. Sytuacje takie są uciążliwe dla mieszkańców, a także powodują znaczne straty materialne. Jednym z możliwych rozwiązań technicznych zapewniającym niezawodny odpływ ścieków do odbiornika jest przedstawiony w artykule zbiornik retencyjno-przerzutowy, który ma za zadanie gromadzić odpowiednią ilość ścieków, a następnie przerzucić je do odbiorników wodnych, w przypadku gdy nie jest możliwy ich odpływ grawitacyjny. Natomiast grawitacyjne odprowadzanie ścieków do odbiornika realizowane jest przez ich tranzytowy przepływ przez komory zbiornika.

*Słowa kluczowe: zbiorniki przerzutowe, zbiorniki kanalizacyjne, przerzut ścieków, retencja, kanalizacja deszczowa*

#### Abstract

Intensive rainfalls and snow melting often cause floods of protected terrains and overflowing of existing sewage systems. Such situations are burdensome for occupants, and also cause considerable material losses. One of possible technical solutions assuring unfailing outflow of sewages transfer reservoir are draining system to receiver set introduced in paper. In case when gravitational outflow of sewages is not possible, in the beginning at first suitable volume of sewages accumulated by transfer reservoir and then are thrown into the water receiver sets. However gravitational discharge of sewages to water receiver set is realized through the transit chambers of transfer reservoir.

*Keywords: transfer reservoirs, sewage reservoirs, sewage transfer, retention, drainage system*

\* Dr inż. Robert Malmur, dr hab. inż. Maciej Mrowiec, prof. PCz, Instytut Inżynierii Środowiska, Wydział Inżynierii i Ochrony Środowiska, Politechnika Częstochowska.

## 1. Wstęp

Rozwój cywilizacji pozbawił ośrodki miejskie naturalnej retencji, zwłaszcza w odniesieniu do ścieków pochodzących z opadów atmosferycznych. Systemy kanalizacyjne w większości przypadków nie są w stanie odprowadzić ścieków o dużym natężeniu przepływu i dlatego podejmowane są różnego rodzaju zabiegi techniczne, zmierzające do przechwycenia i czasowego zatrzymania tej nadwyżki przepływu.

W aglomeracjach miejskich retencjonowanie ścieków realizowane jest za pośrednictwem różnego rodzaju zbiorników kanalizacyjnych. w okresie nawalnych opadów, czy intensywnych wiosennych roztopów, lokalne podtopienia terenów zurbanizowanych mogą wystąpić przede wszystkim z niedostosowania do takich obciążeń hydraulicznych kanalizacji deszczowej, ale także często z niesprawnie działających przepustów, których zadaniem jest odprowadzanie ścieków pochodzących z opadów atmosferycznych bezpośrednio do odbiornika wodnego [1, 2].

Problem przerzutu ścieków rozwiązywany jest odmiennie w różnych krajach. Znane są rozwiązania w postaci przepompowni stacjonarnych, a także przepompowni ruchomych. Jednak najczęściej odpływ nadmiaru ścieków pochodzących z opadów atmosferycznych odbywa się grawitacyjnie przez kolektory odpływowe łączące przelewy burzowe z ciekim wodnym. Na wylocie kolektorów odpływowych instaluje się najczęściej zwrotny zawór klapowy, mający na celu niedopuszczenie do podtopienia terenów chronionych. Jednak w praktyce nie zawsze zawory takie są stosowane. Tam natomiast, gdzie zostały zainstalowane, często pozbawione są właściwego nadzoru i konserwacji. w konsekwencji ich stan techniczny z reguły uniemożliwia prawidłowe działanie tych zaworów.

Niezabezpieczone zamknięciem wyloty kolektorów zrzutowych, względnie niesprawnie działające zawory klapowe, były w ostatnich latach przyczyną licznych podtopień terenów i dzielnic mieszkalnych w wielu miastach Polski, a straty materialne powstałe w wyniku tych podtopień były znaczne.

Na terenach miejskich problematyka ograniczania skutków podtopień wynikających z nawalnych deszczów czy intensywnych roztopów może być realizowana przez budowę odpowiednich zbiorników retencyjnych na sieci kanalizacyjnej, których zadaniem byłaby stosowna redukcja natężenia przepływu ścieków. Na terenach podmiejskich, z reguły o wolno stojącej zabudowie, odwodnienie zlewni może być realizowane także powierzchniowo, dzięki systemowi rowów melioracyjnych. w każdym przypadku, jeżeli ścieki opadowe odprowadzane będą bezpośrednio do odbiornika wodnego, to stosowne zabezpieczenia w postaci klap instalowanych za wałem przeciwpowodziowym od strony rzeki muszą być poddawane bieżącej kontroli i konserwacji. Nie zmienia to faktu, że podczas wezbrania w rzece niemożliwy byłby do nich dostęp, jeżeli zaszłaby taka potrzeba.

W przypadku długotrwałych opadów deszczu, którym towarzyszą z reguły wysokie stany napełnień w odbiornikach wodnych, prawidłowe działanie zaworu zwrotnego zabezpiecza sieć kanalizacyjną przed napływem do niej wody z odbiornika, ale i równocześnie uniemożliwia grawitacyjny odpływ ścieków ze zlewni chronionej. Wystąpienie w rzece takich stanów napełnień, przy których grawitacyjny odpływ nie jest możliwy, wymusza potrzebę budowy właściwego systemu przerzutowego ścieków z terenu chronionego do odbiornika wodnego.

Przeгляд stosowanych sposobów przerzutu ścieków opadowych z chronionej zlewni do odbiornika w okresach jego wysokich napełnień nie wyłonił rozwiązania uniwersalnego i niezawodnego, które mogłoby mieć szerokie zastosowanie w praktyce.

Podjęty został zatem problem opracowania takiego rozwiązania hydraulicznego sposobu odprowadzania ścieków pochodzących z opadów atmosferycznych do odbiornika, które zapewniłoby ich swobodny, grawitacyjny odpływ w okresach stanów niskich i średnich napień w rzece, a w okresie wezbrań ich wymuszony przerzut. Takim rozwiązaniem sposobu przerzutu ścieków opadowych do odbiornika wodnego są zbiorniki retencyjno-przerzutowe [3, 4, 5]. Wspólną cechą rozwiązań tych zbiorników jest to, że są zlokalizowane od strony terenu odwadnianego. Takie rozwiązanie zapewnia ewentualne awaryjne naprawy, nawet wówczas gdy w odbiorniku – rzece występują wysokie stany napień. Zbiorniki retencyjno-przerzutowe można stosować w następujących przypadkach [6]:

- w systemie kanalizacji rozdzielczej u wylotów głównych kolektorów sieci deszczowej;
- w systemie kanalizacji ogólnospławnej u wylotów kanałów burzowych;
- w systemie kanalizacji ogólnospławnej u wylotów kanałów burzowych z jednoczesnym przepompowaniem ścieków bytowo-gospodarczych i przemysłowych na oczyszczalnię ścieków;
- w przypadku kolektorów odprowadzających ścieki oczyszczone z oczyszczalni.

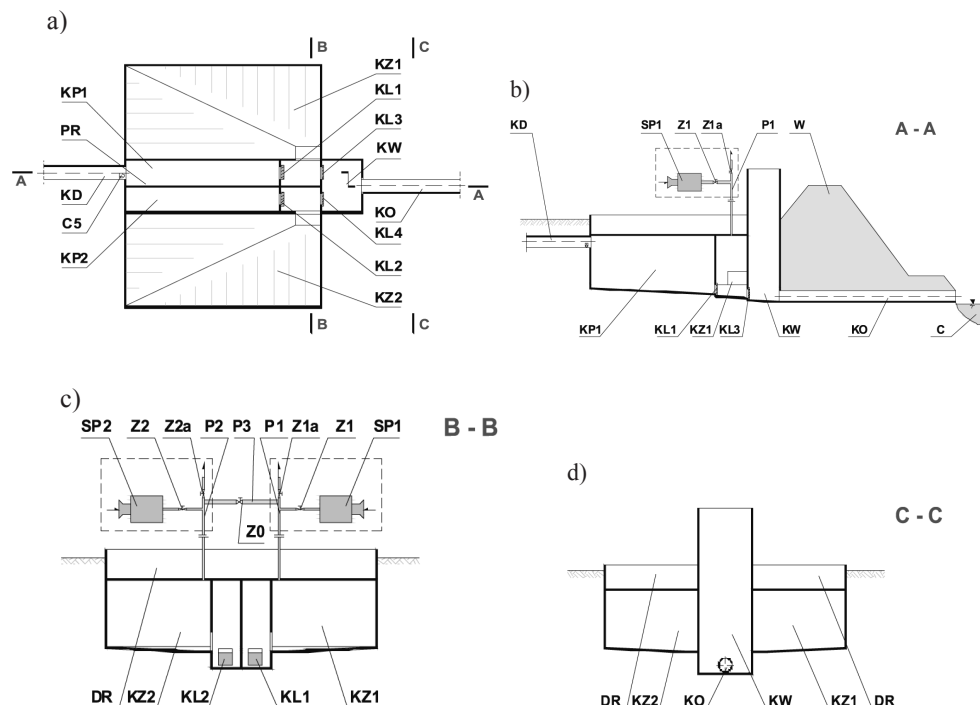
W niniejszym artykule przedstawiono jedynie zbiornik retencyjno-przerzutowy typu GEMINUS-ET w wersji energooszczędnej. Przerzut ścieków za pomocą takiego zbiornika odbywa się przez zastosowanie układu sprężarek i odpowiednie połączenie układów tłoczących. Natomiast efekt energooszczędnego działania zbiornika uzyskiwany jest podczas procesu wyrównania ciśnienia powietrza w obydwu odciętych od atmosfery komorach zbiorczych zbiornika.

## 2. Budowa zbiornika retencyjno-przerzutowego w wersji energooszczędnej

Zbiornik retencyjno-przerzutowy typu GEMINUS-ET posiada komorę przepływową, połączoną w górnej strefie z kanałem dopływowym cieczy, i komorę przelewową. Komora przepływowa i komora przelewowa oddzielone są od siebie przegrodą z przelewem szczytowym (rys. 1a). Krawędź przelewu szczytowego zajmuje położenie nieco niższe od górnego punktu obrysu kolektora dopływowego. Komora przepływowa połączona jest przez zamknięcie klapowe z gazoszczelną komorą zbiorczą, a komora przelewowa przez kolejne zamknięcie klapowe z drugą gazoszczelną komorą zbiorczą. Obie komory zbiorcze przez następne zamknięcia klapowe połączone są z komorą wieżową. Komora wieżowa o wysokości większej od rzędnej korony wału przeciwpowodziowego jest połączona z ciekim wodnym za pośrednictwem kolektora odpływowego (rys. 1d).

Zamknięcia klapowe działają samoczynnie, bowiem otwierane są parciem hydrostatycznym. Umożliwiają one tylko jednokierunkowy przepływ cieczy od dopływu do odbiornika.

W stropie komór zbiorczych osadzony jest przewód rurowy, łączący za pośrednictwem zaworów odcinających strefę podstropową tych komór ze sprężarkami lub atmosferą. Jeden zawór odcinający odcina komorę zbiorczą od przewodu sprężarki, natomiast drugi zawór odcina tę komorę od atmosfery i podobnie jest w drugiej komorze zbiorczej (rys. 1b). Przewody rurowe połączone są ze sobą dodatkowym przewodem przez zawór odcinający (rys. 1c). Układ przewodów rurowych oraz odpowiednie sterowanie zaworami odcinającymi umożliwia wykorzystanie ciśnienia sprężonego powietrza zatrzymanego we wcześniej opróżnionej komorze zbiorczej do częściowego opróżnienia komory drugiej bez udziału sprężarki.



Rys. 1. Przykładowe rozwiązanie zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS-ET: a) rzut z góry, b) przekrój a – A, c) przekrój B – B, d) przekrój C – C; KZ1, KZ2 – komory zbiorcze, KP1 – komora przepływowa, KP2 – komora przelewowa, KW – komora wieżowa, KD – kanał dopływowy, KO – kanał odpływowy, KL1-KL4 – zamknięcia klapowe, PR – przegroda z przelewem, w – wał przeciwpowodziowy, C – odbiornik wodny (rzeka), Z1, Z1a, Z2, Z2a, Z0 – zawory odcinające, SP1, SP2 – sprężarki powietrza, P1, P2, P3 – przewody tłoczne, DR – dodatkowa komora retencyjna, C5 – czujnik przepływu

Fig. 1. Example solution transfer reservoir GEMINUS-ET: a) top view, b) cross section A – A, c) cross section B – B, d) cross section C – C; KZ1, KZ2 – storage chambers, KP1 – flow-through chamber, KP2 – overflow chamber, KW – tower chamber, KD – inlet channel, KO – outlet channel, KL1-KL4 – check valves, PR – partition wall with weir, w – fluid levee, C – water receiver, Z1, Z1a, Z2, Z2a, Z0 – shut-off valves, SP1, SP2 – pressure compressors, P1, P2, P3 – air pressure pipes, DR – additional retention chamber, C5 – flow sensor

### 2.1. Opis działania zbiornika retencyjno-przerzutowego

Przy niskich i średnich stanach napełnienia cieku wodnego zachowane są warunki do grawitacyjnego odpływu do odbiornika cieczy dopływającej kolektorem do zbiornika retencyjno-przerzutowego. W takich przypadkach ciecz płynie tranzytowo komorą przepływową i przez otwartą klapę do pierwszej komory zbiorczej, dalej przez kolejną otwartą klapę do komory wieżowej, a stąd kolektorem odpływowym do cieku wodnego.

Przy stanach wysokich napełnień w cieku wodnym, kiedy niemożliwy jest grawitacyjny odpływ ścieków opadowych, ciecz dopływająca kolektorem dopływowym do komory przepływowej zbiornika przez otwartą klapę napełnia pierwszą komorę zbiorczą. Podczas

wypełniania komory zbiorczej odpowiednie zawory odcinające na przewodzie tłocznym są otwarte, umożliwiając odpływ powietrza z tej komory do atmosfery.

Proces napełniania pierwszej komory zbiorczej zakończony zostaje przy całkowitym jej wypełnieniu cieczą, natomiast komora przepływowa wypełniona jest wówczas do poziomu rzędnej korony przelewu szczytowego. Osiągnięcie takich stanów napełnienia spowoduje włączenie pierwszej sprężarki oraz zamknięcie odpowiednich zaworów odcinających na przewodzie tłocznym, przyczyniając się do odcięcia od atmosfery całkowicie wypełnionej cieczą komory zbiorczej. Rozpocznie się zatem proces opróżniania tej komory.

Wzrost ciśnienia powietrza wtłaczanego przez sprężarkę do wnętrza opróżnianej komory zbiorczej będzie powodować odpływ cieczy z tej komory do komory wieżowej. Po opróżnieniu pierwszej komory zostaje wyłączona sprężarka i zamknięty odpowiedni zawór odcinający, dzięki czemu utrzymane jest sprężone powietrze (ciśnienie) w opróżnionej komorze.

Proces opróżniania pierwszej komory zbiorczej oraz proces napełniania drugiej komory zbiorczej rozpoczynają się równocześnie. Ponieważ w tej fazie działania zbiornika kłapa zamyka otwór dopływowy do pierwszej komory zbiorczej, dopływająca ciecz do zbiornika przez przelew szczytowy napełnia komorę przelewową i dalej drugą komorę zbiorczą. Podczas napełniania drugiej komory zbiorczej odpowiednie zawory odcinające na przewodzie tłocznym są otwarte, umożliwiając odpływ powietrza z tej komory do atmosfery. Napełnianie drugiej komory zbiorczej i komory przepływowej dokonywane jest jednocześnie. Istotne jest dla prawidłowego działania zbiornika, by proces opróżniania w każdym przypadku jednej z komór zbiorczych zbiornika odpowiednio wyprzedzał proces napełniania drugiej komory.

Całkowite wypełnienie cieczą drugiej komory zbiorczej jest możliwe dzięki utrzymaniu sprężonego powietrza (ciśnienia) pozostającego w pierwszej komorze zbiorczej po jej opróżnieniu.

Osiągnięcie całkowitego napełnienia w drugiej komorze zbiorczej spowoduje zamknięcie zaworów odcinających i odcięcie tej komory od atmosfery. Równoczesne otwarcie zaworu odcinającego na przewodzie łączącym oba przewody tłoczne umożliwi przepływ sprężonego powietrza z pierwszej komory zbiorczej, które zostało tu zatrzymane po całkowitym jej opróżnieniu, do komory drugiej. Zapoczątkowany zostaje proces częściowego opróżnienia komory zbiorczej za pośrednictwem sprężonego powietrza, którego ciśnienie wyrównywane jest w obu odciętych od atmosfery komorach zbiorczych.

Wzrost ciśnienia powietrza w drugiej komorze zbiorczej powoduje przepływ cieczy z tej komory do komory wieżowej. Wyrównanie ciśnienia powietrza w obu odciętych od atmosfery komorach zbiorczych doprowadza do częściowego opróżnienia drugiej komory. w dalszym etapie, do całkowitego opróżnienia tej komory z cieczy niezbędne jest włączenie drugiej sprężarki z jednoczesnym otwarciem i zamknięciem odpowiednich zaworów odcinających.

Po całkowitym opróżnieniu drugiej komory zbiorczej wyłączona zostaje sprężarka i jednocześnie zamknięty odpowiedni zawór odcinający, dzięki czemu w tej komorze również zachowane jest sprężone powietrze (ciśnienie).

Podczas pneumatycznego opróżniania drugiej komory zbiorczej ciecz dopływająca do zbiornika napełnia ponownie pierwszą komorę zbiorczą, która zawsze podczas działania sprężarki jest otwarta do atmosfery. Zasada ta obowiązuje również w sytuacji odwrotnej, to znaczy, gdy następuje pneumatyczne opróżnianie pierwszej komory zbiorczej za pośrednictwem sprężarki.

Osiągnięcie stanu całkowitego napełnienia w pierwszej komorze zbiorczej spowoduje odcięcie jej od atmosfery. Równocześnie nastąpi otwarcie odpowiedniego zaworu, umożliwiające przepływ sprężonego powietrza z drugiej komory zbiorczej do komory pierwszej. Tak zapoczątkowany zostaje ponowny proces częściowego opróżniania komory zbiorczej przez wyrównywanie ciśnienia powietrza w obu odciętych od atmosfery komorach zbiorczych.

Wzrost ciśnienia powietrza w pierwszej komorze zbiorczej spowoduje przepływ cieczy z tej komory do komory wieżowej. Po zakończeniu procesu wyrównywania ciśnienia powietrza zostaje ponownie włączona pierwsza sprężarka oraz otwarte i zamknięte odpowiednie zawory odcinające. Sprężarka opróżnia już tylko częściowo napełnioną komorę zbiorczą do czasu całkowitego jej opróżnienia. w tym czasie dopływającą do zbiornika ciecz przejmuje znowu druga komora zbiorcza. Takie naprzemienne napełnianie i opróżnianie komór zbiorczych zbiornika pozwala na przerzucenie dopływającej do niego cieczy do odbiornika wodnego niezależnie od stanu jego napełnienia.

Jeżeli dopływ cieczy do zbiornika zaniknie, to można wówczas rozważyć dwa warianty zakończenia procesu jej przerzutu do odbiornika:

- w pierwszym wariantcie czujnik umieszczony w dopływie do zbiornika włączy obie sprężarki i spowoduje całkowite opróżnienie obydwu komór zbiorczych,
- w drugim wariantcie częściowo jeszcze napełnione cieczą komory zbiorcze będą opróżnione grawitacyjnie dopiero po odpowiednim obniżeniu się poziomu napełnienia w cieku wodnym.

### 3. Wnioski

Przedstawiony w niniejszym artykule zbiornik retencyjno-przerzutowy cieczy [5] stanowi alternatywne rozwiązanie w stosunku do przepompowni [7, 8]. Zapewnia on oczekiwaną efektywność i niezawodność w działaniu. Jest rozwiązaniem prostym, które umożliwi właściwe jego wkomponowanie w otoczenie naturalnego środowiska. Pozwala na odprowadzenie ścieków pochodzących z opadów atmosferycznych do odbiornika, niezależnie od chwilowego stanu jego napełnienia. Rozwiązanie tego typu może również znaleźć zastosowanie w przerzucie ścieków do zlewni o wyższym położeniu wysokościowym, a także stanowić zbiorczy zbiornik przed oczyszczalnią, z którego ścieki odprowadzane będą do technologicznego procesu ich oczyszczania.

Efektywna wartość częściowego opróżnienia całkowicie napełnionej cieczą komory zbiorczej, uzyskana podczas procesu wyrównania ciśnienia powietrza w obu odciętych od atmosfery komorach, zależy od możliwości równoczesnego napełniania cieczą uprzednio opróżnionej komory. Badania [9] potwierdziły wystąpienie dwóch przypadków przebiegu procesu wyrównywania ciśnienia powietrza, w którym komory zbiorcze zbiornika są odcięte od atmosfery [10]:

- gdy napływ cieczy do uprzednio opróżnionej komory zbiorczej nie będzie możliwy,
- gdy będzie następował napływ cieczy do uprzednio opróżnionej komory zbiorczej.

Energooszczędne działanie zbiornika retencyjno-przerzutowego zależy od aktualnego stanu napełnienia w odbiorniku (rzece), które odpowiada położeniu zwierciadła cieczy w jego komorze wieżowej. Niezależnie od tego, czy rozważany jest zbiornik w wersji energooszczędnej, względnie czy jest to zbiornik w wersji podstawowej, zużycie energii elektrycznej wzrasta wraz z poziomem napełnienia komory wieżowej.



Prawidłowe działanie zbiornika retencyjno-przerzutowego wymaga zapewnienia takiej kolejności działania, by najpierw następowало pełne opróżnienie jednej komory zbiorczej, a dopiero później całkowite napełnienie cieczą drugiej komory.

*Praca naukowa finansowana w ramach badań własnych nr BS-401/301/05*

#### Literatura

- [1] Geiger W., Dreiseitl H., *Nowe sposoby odprowadzania wód deszczowych*, Warszawa 1999.
- [2] Imhoff K., *Kanalizacja miast i oczyszczanie ścieków*, poradnik, Arkady, Warszawa 1982.
- [3] Kisiel A., *Zbiornik przerzutowy ścieków opadowych – GEMINUS-T*, Biuletyn Urzędu Patentowego UP P 331776, Warszawa, 3 marca 1999.
- [4] Kisiel A., *Zbiornik przerzutowy ścieków opadowych – PLUVIUS-P*, UP RP 190004, Warszawa, 14 października 2005.
- [5] Malmur R., Kisiel A., *Energooszczędny zbiornik przerzutowy ścieków opadowych GEMINUS – ET*, Biuletyn Urzędu Patentowego UP P 373875, Warszawa, 23 marca 2005.
- [6] Kisiel A., Mrowiec M., *Zbiornik przerzutowy ścieków deszczowych*, *Gospodarka Wodna* 12/2001, 511-514.
- [7] Fidala-Szope M., *Ochrona wód powierzchniowych przed zrzutami ścieków opadowych z kanalizacji deszczowej i półrozdzielczej*, IOŚ, Warszawa 1997.
- [8] Heidrich Z., *Ekonomiczna efektywność miejskich sieci kanalizacyjnych – metodyka oceny i wskaźniki techniczno-ekonomiczne*, *Ochrona Środowiska*, nr 434/3-4, Wrocław 1984, 20-21.
- [9] Malmur R., *Teoretyczno-eksperymentalna analiza hydraulicznego działania zbiorników retencyjno-przerzutowych*, praca doktorska, Częstochowa, 19 czerwca 2006.
- [10] Malmur R., Kisiel A., *Nowoczesne systemy przerzutu ścieków opadowych do odbiorników wodnych – zbiorniki przerzutowe*, Cz. II, *Energooszczędne efekty wyrównywania ciśnień w komorach zbiorczych zbiornika przerzutowego typu GEMINUS*, XIV Konferencja Naukowa „Aktualne problemy gospodarki wodno-ściekowej”, Ustroń, 27–28 września 2004, 338-348.