



Zbiornik retencyjno-przerzutowy jako nowe rozwiązanie przerzutu ścieków opadowych do odbiorników wodnych

Robert Malmur, Maciej Mrowiec
Politechnika Częstochowska

1. Wstęp

Występujące w Polsce w ostatnich latach intensywne opady deszczu w miesiącach letnich, a także szybkie topnienie śniegu, powodują często podtapianie terenów chronionych i przepelnianie istniejących sieci kanalizacyjnych. Wysokie stany napełnienia w odbiornikach wodnych lub brak możliwości odpowiedniego retencjonowania ścieków może być również przyczyną wystąpienia podobnych zagrożeń. Problemy te stworzyły potrzebę szukania nowych rozwiązań retencjonowania ścieków deszczowych oraz sposobów przerzutu ścieków opadowych ze zlewni zurbanizowanych do odbiorników wodnych [9].

Najczęściej odpływ nadmiaru ścieków deszczowych odbywa się grawitacyjnie poprzez kolektory odpływowe, łączące przelewy burzowe z ciekim wodnym [3]. Jako zabezpieczenie przed podtapianiem terenów odwadnianych stosuje się tutaj zawory zwrotne na wylocie kolektora odpływowego [1].

W przypadku, gdy nie możliwy jest odpływ grawitacyjny ścieków, który spowodowany może być np.: wysokim stanem napełnienia odbiornika wodnego podczas wezbrań, ścieki opadowe można odprowadzać przez zastosowanie tak zwanych zbiorników przerzutowych [8, 10].

Zbiorniki retencyjno-przerzutowe mają za zadanie gromadzić odpowiednią objętość ścieków, a następnie przerzucić je do odbiorników wodnych, w przypadku, gdy nie możliwy jest ich odpływ grawitacyjny.

Natomiast grawitacyjne odprowadzanie ścieków do odbiornika, realizowane jest przez umożliwienie ich tranzytowego przepływu przez komory zbiornika retencyjno-przerzutowego. Konstrukcja zbiornika retencyjno-przerzutowego uniemożliwia przepływ wód z odbiornika do sieci kanalizacyjnej podczas trwania wezbrań np. w rzece [5, 12].

2. Stosowane sposoby przerzutu ścieków do odbiornika wodnego

Problem przerzutu ścieków rozwiązywany jest odmiennie w różnych krajach. Znane są rozwiązania w postaci przepompowni stacjonarnych, a także jak np. w Chinach przepompowni ruchomych. Jednak najczęściej odpływ nadmiaru ścieków pochodzących z opadów atmosferycznych odbywa się grawitacyjnie poprzez kolektory odpływowe łączące przelewy burzowe z ciekami wodnym. Skierowanie ścieków bezpośrednio do odbiornika wodnego podczas intensywnych opadów atmosferycznych dokonywane jest przez przelew burzowy. Celem zastosowania przelewów burzowych jest odciążenie oczyszczalni ścieków, a także niedopuszczenie do konieczności stosowania zbyt dużych średnic przewodów kanalizacyjnych [2, 3]. Systemy takie zdają egzamin w sytuacjach, gdy w cieku wodnym nie występują wysokie stany napełnienia lub wtedy, gdy istniejąca sieć kanalizacyjna jest położona stosunkowo wysoko względem odbiornika wodnego. Wówczas to ścieki płynące ciekami wodnym nie mają możliwości cofnięcia się do kolektora odpływowego.

Na wylocie kolektorów odpływowych instaluje się najczęściej zwrotny zawór klapowy, mający na celu niedopuszczenie do podtopienia terenów chronionych. Zawory klapowe uniemożliwiają bowiem wytworzenie się w sieci kanalizacji deszczowej cofki, pochodzącej od wysokich stanów wód w rzece [4]. Jednak w praktyce nie zawsze zawory takie są stosowane, natomiast tam, gdzie zostały zainstalowane, często pozbawione są właściwego nadzoru i konserwacji. W konsekwencji tego ich stan techniczny z reguły uniemożliwia prawidłowe działanie tych zaworów [1].

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.

Osobnym zagadnieniem jest problem terenów przylegających do rzek bądź sztucznych zalewów, w których na skutek spiętrzenia wyso-

kość słupa wody znajduje się na znacznie wyższym poziomie niż rzędne terenu. Tereny takie położone w depresji w odniesieniu do stałego napełnienia występującego za ochraniającymi je obwałowaniami są pozbawione naturalnych warunków odpływu wód z powierzchni własnej zlewni. W takich przypadkach budowa odpowiednich stacji przerzutu wód do odbiornika wodnego jest absolutną koniecznością. W praktyce realizowane są najczęściej przepompownie w punktach zrzutu ścieków.

W każdym przypadku, jeżeli wody powierzchniowe (zwane również ściekami pochodzącymi z opadów atmosferycznych) odprowadzane będą bezpośrednio do odbiornika wodnego (rzeki), 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 jest do nich dostęp, jeżeli na przykład zaszłaby taka potrzeba [3].

Wystąpienie w rzece takich stanów napełnień, przy których grawitacyjny odpływ nie jest możliwy, wymusza potrzebę budowy właściwego systemu przerzutowego ścieków terenu chronionego do odbiornika wodnego.

3. Nowoczesne systemy przerzutu ścieków opadowych do odbiorników wodnych

Mało efektywne i często zawodne dotychczas stosowane rozwiązania przerzutu ścieków stały się podstawowymi przesłankami do podjęcia pracy nad nowymi, bardziej skutecznymi rozwiązaniami tego problemu.

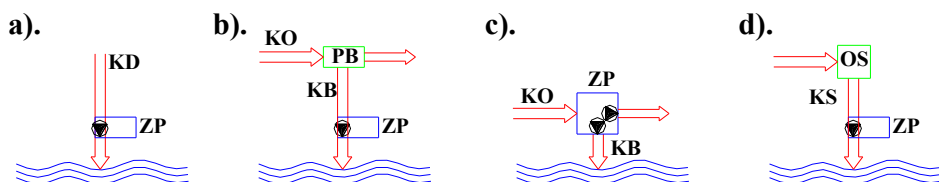
Zbiorniki retencyjno-przerzutowe ścieków opadowych przejęły zadanie efektywnego przerzutu ścieków pochodzących z opadów atmosferycznych do odbiornika wodnego. Przerzuty ścieków następują wówczas, gdy uniemożliwiony jest okresowo lub całkowicie ich grawitacyjny odpływ.

Okresowe uniemożliwienie odpływu ścieków pochodzących z opadów atmosferycznych może być spowodowane wysokimi stanami napełnienia w rzece, które również występują w okresie intensywnych opadów. Natomiast całkowite, gdy odwadniane tereny są depresyjne w stosunku do wysokich stanów napełnienia w odbiorniku, utrzymujących się w wyniku spiętrzenia jego wód [3].

Zbiorniki retencyjno-przerzutowe można zatem stosować w następujących przypadkach [5]:

- w systemie kanalizacji rozdzielczej u wylotów głównych kolektorów sieci deszczowej (rys. 1a),
- w systemie kanalizacji ogólnospławnej u wylotów kanałów burzowych (rys. 1b),
- w systemie kanalizacji ogólnospławnej u wylotów kanałów burzowych z jednoczesnym przepompowaniem ścieków sanitarnych na oczyszczalnię ścieków (rys. 1c),
- w przypadku kolektorów odprowadzających ścieki oczyszczone z oczyszczalni (rys. 1d).

Jednym z nowych rozwiązań przetrzutu ścieków opadowych do odbiorników jest zbiornik, który został przedstawiony w niniejszym artykule.



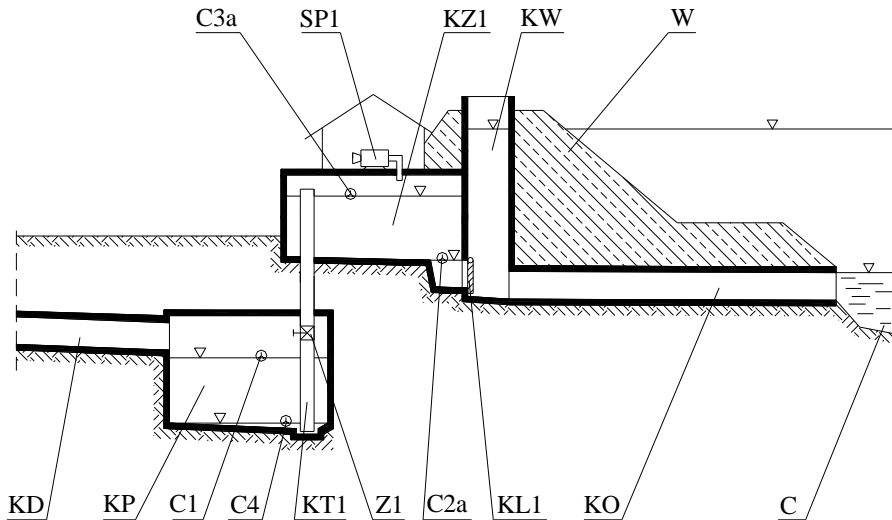
Rys. 1. Schematy podstawowych układów zbiorników współdziałających z różnymi układami sieci kanalizacyjnych; ZP – zbiornik przetrzutowy; ZO – kanał ogólnospławny; KB – kanał burzowy; KD – kolektor deszczowy; PB – przelew burzowy; OS – oczyszczalnia ścieków; KS – kolektor odprowadzający oczyszczone ścieki

Fig. 1. Schemes of basic systems of reservoirs interacting with different systems of sewage systems; ZP – transfer reservoir, ZO – all sewage channel, KB – storm channel, KD – rain collector, PB – storm overflow, OS – wastewater treatment plant, KS – discharge of treated wastewater

4. Budowa zbiornika retencyjno-przerzutowego

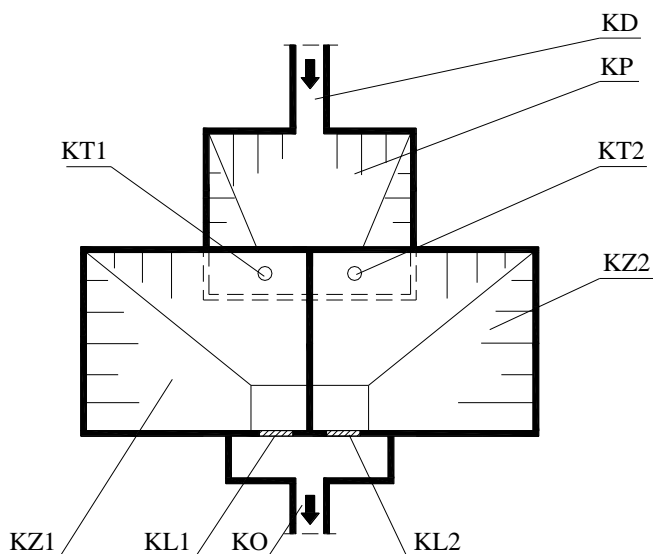
Zbiornik retencyjno-przerzutowy ścieków opadowych zbudowany jest przy korycie odbiornika wodnego, do którego mają być odprowadzone ścieki. Konstrukcja tego zbiornika zlokalizowana jest tuż przy wale przeciwpowodziowym, bądź w ten wał jest wkomponowana [6, 7]. Zbiorniki tego typu mogą być stosowane w sytuacji, kiedy odbiornik wodny usytuowany jest wyżej niż istniejąca kanalizacja i nie możliwe było by bezpośrednio odprowadzenie ścieków do odbiornika.

Ścieki do zbiornika doprowadzane są kolektorem dopływowym (KD) do komory przepływowej (KP) (rys. 2). Na końcu komory przepływowej (KP) zbudowane jest niewielkie zagłębienie, do którego wprowadzone są kanały tłoczące (KT1) i (KT2). Kanały te łączą komorę przepływową (KP) z komorami pompowymi (KZ1), (KZ2) (rys. 3) przez otwory zrobione w przedniej części tych komór. Wysokość kanałów tłoczących (KT1), (KT2) sięga prawie stropu komór pompowych (KZ1), (KZ2). Kanały tłoczące (KT1), (KT2) mają wbudowane w górnej części komory przepływowej (KP) zawory odcinające (Z1), (Z2). Komory pompowe (KZ1), (KZ2) połączone są z komorą wieżową (KW) przez jednokierunkowe zawory klapowe (KL1), (KL2), samoczynnego działania, skierowane przepływem w stronę komory wieżowej (KW).



Rys. 2. Zbiornik retencyjno-przerzutowy ścieków opadowych
Fig. 2. Transfer reservoir of stormwater

Na stropie komór pompowych (KZ1), (KZ2) zamontowane są dwie pompo-sprężarki (SP1), (SP2) połączone przewodami z przestrzenią podstropową tych komór. Pompo-sprężarki (SP1), (SP2) są jednakowej budowy, a ich wydajność jest co najmniej równa obliczeniowemu dopływowi maksymalnemu Q_{dopmax} , występującemu dla danej zlewni. Komory pompowe (KZ1), (KZ2) wykonane są jako gazoszczelne, mają jednakową objętość i zbudowane są obok siebie.



Rys. 3. Rzut z góry zbiornika retencyjno-przerzutowego

Fig. 3. Top view of the transfer reservoir

Komora wieżowa (KW) jest wyższa od pozostałych komór i wznosi się na wysokość, co najmniej równą wysokości korony wału przeciwpowodziowego (W) cieku wodnego (C). Ścieki z komory wieżowej (KW) odprowadzane są do cieku wodnego (C) kolektorem odpływowym (KO). Kolektor odpływowy (KO) ułożony jest stycznie do dna cieku wodnego (C) pod wałem przeciwpowodziowym (W), a wylot kolektora umieszczony jest pod zwierciadłem wody w odbiorniku wodnym (C).

W komorach pompowych (KZ1), (KZ2) i komorze przepływowej (KP) wbudowane są czujniki poziomu ścieków (C1), (C2a), (C2b), (C3a), (C3b), (C4) sterujące pracą pompo-sprężarek (SP1), (SP2). Czujnik (C1) zamontowany jest w komorze przepływowej (KP) na wysokości kilku centymetrów poniżej dna kolektora dopływowego (KD), natomiast czujnik (C4) znajduje się przy dnie tej komory, na wysokości około 5 cm powyżej dolnej części kanałów tłoczących (KT1), (KT2). Czujniki (C2a), (C2b), (C3a), (C3b) wbudowane są w komorach pompowych (KZ1), (KZ2). Dolne czujniki (C2a), (C2b) znajdują się na górnym poziomie zaworu klapowego (KL1), (KL2), a czujniki górne (C3a), (C3b) są na wysokości około 5 cm poniżej górnej części kanałów tłoczących (KT1), (KT2).

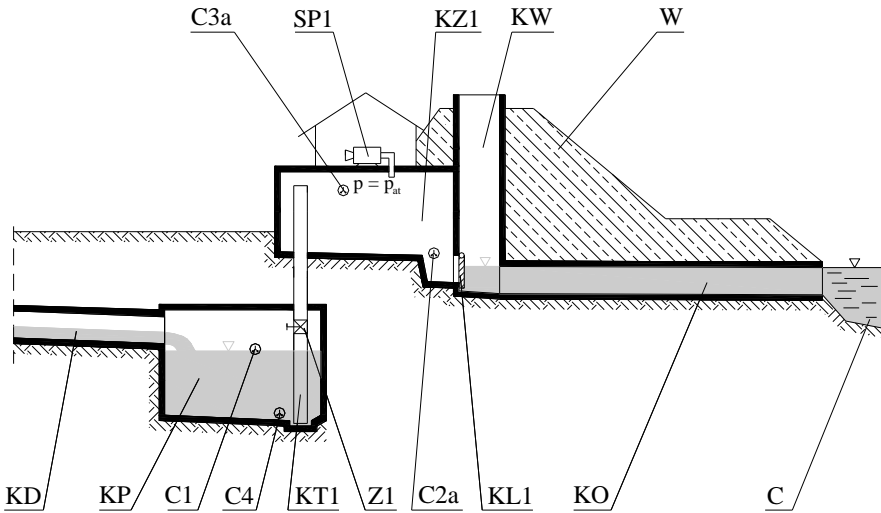
Istotnym elementem konstrukcyjnym zbiornika jest to, że komora przepływowa zbudowana jest poniżej komór pompowych. Rozwiązanie takie sprawia, że ścieki doprowadzane są do komory przepływowej, a stamtąd przez kanały tłoczne do komór pompowych. W zależności od poziomu ścieków w odbiorniku wodnym, ścieki z komór pompowych odprowadzane są grawitacyjnie, bądź też pod ciśnieniem.

5. Zasada działania zbiornika retencyjno-przerzutowego

Ścieki z kanalizacji dopływają kolektorem dopływowym (KD) do komory przepływowej (KP) wypełniając ją do poziomu czujnika (C1) (rys 4). W momencie osiągnięcia tego poziomu włącza się pompo-sprężarka (SP1) stroną ssącą. Pompo-sprężarka (SP1) opróżnia komorę pompową (KZ1) z powietrza znajdującego się w tej komorze, a następnie kanałem tłoczącym (KT1), przy otwartym zaworze odcinającym (Z1), zaczyna wysysać ścieki z komory przepływowej (KP). Zawory klapowe (KL1), (KL2) są zamknięte na skutek parcia słupa wody z komory wieżowej (KW). Ścieki tłoczone kanałem tłoczącym (KT1) wypełniają komorę pompową (KZ1) do czasu osiągnięcia poziomu czujnika (C3a) (rys. 5). Sygnał z czujnika (C3a) powoduje przełączenie pompo-sprężarki (SP1) z ssania na tłoczenie i zamknięcie zaworu odcinającego (Z1) w kanale tłoczącym (KT1). W przestrzeni podstropowej komory pompowej (KZ1) następuje wzrost ciśnienia, powodując otwarcie zaworu klapowego (KL1) i wytlaczanie ścieków do komory wieżowej (KW).

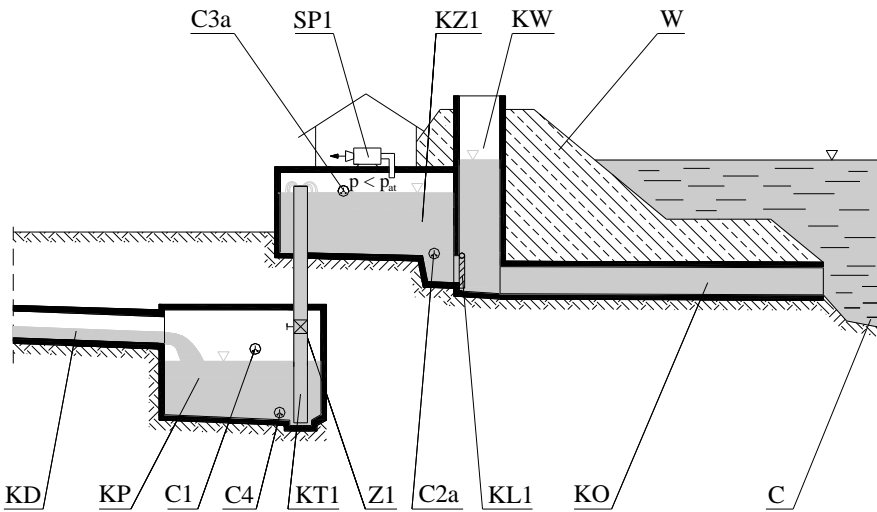
Przy niskim stanie napełnienia w cieklu wodnym (C), ścieki same swoim naporem otwierają zawór klapowy (KL1) i przepływają tranzytem przez komorę wieżową (KW), kolektor odpływowy (KO) i wpadają do odbiornika wodnego (C). Natomiast przy podwyższonych stanach, ścieki nie mogą swoim naporem otworzyć zaworu klapowego (KL1) i dlatego uzasadnione staje się użycie pompo-sprężarki (SP1) (rys. 6).

Wydajność pompo-sprężarki (SP1) jest tak dobrana, że umożliwia opróżnianie komory pompowej (KZ1) o natężeniu odpływu nieco większym od dopływu miarodajnego. Pompo-sprężarka (SP1) opróżnia komorę pompową (KZ1) do momentu osiągnięcia poziomu czujnika (C2a) (rys. 7).



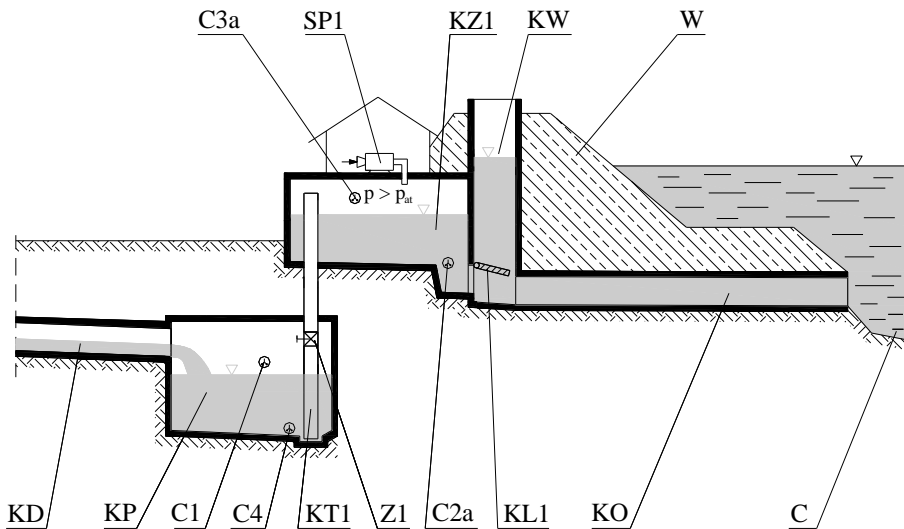
Rys. 4. Wypełnienie komory przepływowej (KP) do poziomu czujnika (C1) w zbiorniku retencyjno-przerzutowym

Fig. 4. Filling the flow chamber (KP) up to the level of the sensor (C1) in the transfer reservoir

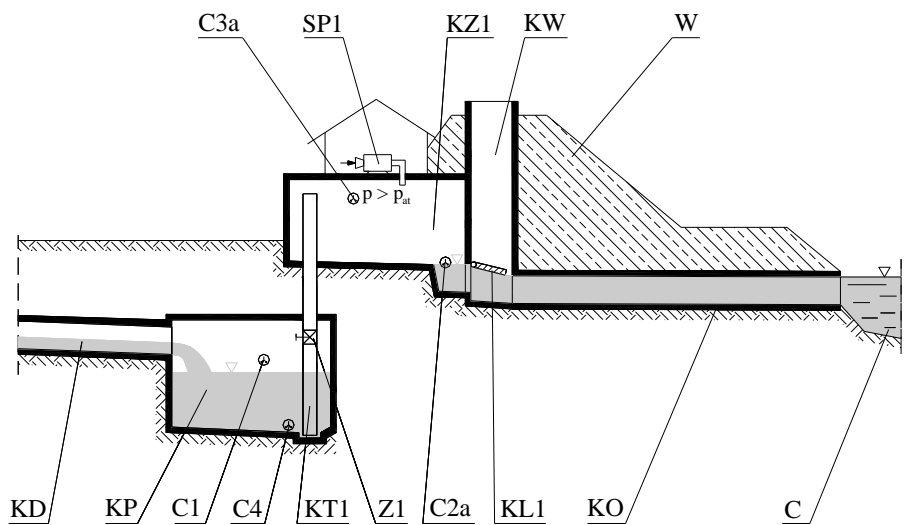


Rys. 5. Wypełnianie komory pompowej (KZ1) do poziomu czujnika (C3a) w zbiorniku retencyjno-przerzutowym

Fig. 5. Filling the pump chamber (KZ1) up to the level of the C3a sensor in the transfer reservoir



Rys. 6. Pneumatyczny przepływ ścieków w zbiorniku retencyjno-przerzutowym
Fig. 6. Pneumatic flow of sewage in the transfer reservoir



Rys. 7. Opróżnienie komory pompowej (KZ1) do poziomu czujnika (C2a) w zbiorniku retencyjno-przerzutowym.
Fig. 7. Emptying the pump chamber (KZ1) to the level of the sensor (C2a) in the transfer reservoir

Sygnal z czujnika (C3a) powoduje również, włączenie pompo-sprężarki (SP2) stroną ssącą w komorze pompowej (KZ2). W czasie, kiedy opróżniana jest komora pompowa (KZ1), ścieki z komory przepływowej (KP) wsysane są do komory pompowej (KZ2) przez kanał tłoczący (KT2), przy otwartym zaworze odcinającym (Z2).

Komorą pompową (KZ2) napełniana jest do czasu osiągnięcia poziomu czujnika (C3b), kiedy to pompo-sprężarka (SP2) przełącza się na tłoczenie. Zawór odcinający (Z2) w kanale tłoczącym (KT2) zamyka się nie pozwalając na zbędne straty powietrza. W tym samym czasie komora pompowa (KZ1) została opróżniona do poziomu czujnika (C2a) i ponownie może przyjmować ścieki. Praca komór pompowych (KZ1), (KZ2) przebiega naprzemiennie, to znaczy kiedy jedna jest napełniana to druga jest opróżniana. Pompo-sprężarki (SP1), (SP2) działają do momentu, kiedy ścieki w komorze przepływowej (KP) osiągną poziom czujnika (C4).

Budując tego typu zbiornik przerzutowy należy pamiętać, aby czujnik (C4) znajdował się powyżej dolnej części kanału tłoczącego (KT1), (KT2) zapobiegając niepotrzebnemu wysysaniu powietrza z komory przepływowej (KP). Ścieki z komory przepływowej (KP) po włączeniu pompo-sprężarki sygnałem z czujnika (C1) zostają wysysane z pewnym opóźnieniem spowodowanym tym, że pompo-sprężarka najpierw wysysa powietrze z komory pompowej (KZ1), a dopiero później ścieki. Biorąc pod uwagę ten fakt, należy czujnik (C1) zamontować na takiej wysokości, aby nie dopuścić podczas tego opóźnienia do wypełnienia komory przepływowej (KP) do poziomu dna kolektora dopływowego (KD). Należy także dobrać takie pompo-sprężarki (SP1), (SP2), aby w momencie ich włączenia, czas wysysania powietrza z komór pompowych (KZ1), (KZ2) był jak najkrótszy.

6. Podsumowanie

Dotychczasowe rozwiązania przerzutu ścieków opadowych do odbiorników wodnych w większości miast w Polsce są przestarzałe, zawodne i poza rozbudową wymagają przede wszystkim modernizacji. Zawodność tych systemów przejawia się głównie częstymi podtopieniami istniejących kanalizacji w sytuacji podwyższonych stanów w odbiornikach wodnych [3, 5].

Biorąc pod uwagę ilość prac jakie są do wykonania w zakresie inwestycji komunalnych związanych z odprowadzaniem ścieków, za bardzo ważny i pilny należy uznać problem unowocześnienia metod projektowania i realizacji oraz wprowadzania nowoczesnych, bezpiecznych rozwiązań.

Niezależnie od wielkości zlewni i przyjętego systemu kanalizacji zbiorniki retencyjno-przerzutowe powinny obecnie stanowić jedne z podstawowych elementów współczesnych systemów przetrutu ścieków opadowych do odbiorników wodnych. Budowa tego typu obiektów wymaga znacznych nakładów inwestycyjnych, a właściwa eksploatacja jest możliwa przy zastosowaniu odpowiedniej konstrukcji i wysokiej jakości zespołów ssąco-pompowych, zużywających znaczące ilości energii elektrycznej potrzebnej na podniesienie ścieków z poziomu niższego do wyższego lub do podnoszenia ścieków z równoczesnym ich przetrutem do miejsca zapewniającego grawitacyjny odpływ.

Przedstawiony zbiornik retencyjno-przerzutowy ścieków opadowych z powodzeniem mógłby być zastosowany w modernizacji istniejących systemów kanalizacyjnych, zapewniając niezawodność działania i bardziej efektywne odprowadzanie ścieków, niż systemy stosowane do tej pory. Wszystkie zbiorniki tego typu charakteryzują się podobną budową i zasadą działania, gwarantując, że ścieki mogą być odprowadzane niezależnie od warunków występujących w odbiorniku wodnym. Istotnym elementem w tego typu zbiornikach jest zastosowanie właściwego sposobu sterowania pracą zespołów ssąco-tłoczących.

Zastosowanie zbiornika wymaga dokładnego przeanalizowania danych o zlewni, sieci kanalizacyjnej, urządzeniach i obiektach z nią współdziałających, przy wydatkowaniu minimalnych kosztów na realizację konkretnej inwestycji [11].

Praca naukowa finansowana w ramach BS-PB 401-302/12

Literatura

1. **Błaszczyk W., Roman M., Stamatello H.:** *Kanalizacja*. Arkady, Warszawa, 1974.
2. **Fidala-Szope M., Sawicka-Siarkiewicz H., Koczyk A.:** *Ochrona wód powierzchniowych przed zrzutami burzowymi z kanalizacji ogólnospławnej*. IOŚ, Warszawa, 1999.

3. **Geiger W., Dreiseitl H.:** *Nowe sposoby odprowadzania wód deszczowych (New methods of draining storm water)*. PROJPRZEM, Warszawa, pp. 334 (1999).
4. **Gribbin J.:** *Hydraulics and Hydrology for Stormwater Management*. Delmar Learning, 1996.
5. **Łomotowski J.:** *Wody opadowe a zjawiska ekstremalne*. Monograph, Publisher Seidel-Przywecki Sp. z o. o.. pp. 233 (2011).
6. **Malmur R.:** *Analiza hydraulicznego działania zbiornika retencyjno-przerzutowego*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 13, 2001–2013 (2011).
7. **Malmur R.:** *Zbiornik przerzutowy ścieków opadowych*. The Polish Patent Office, Patent No. 209453. Warszawa, 2011.
8. **Malmur R., Kisiel A., Mrowiec M., Kisiel J.:** *Hydrauliczne sposoby działania zbiornika retencyjno-przerzutowego*. Technical magazine, Published by University of Krakow, No 1-Ś/2008, volume number 18(105), 107–123 (2008)
9. **Mrowiec M.:** *Efektywne wymiarowanie i dynamiczna regulacja kanalizacyjnych zbiorników retencyjnych*. Monograph No 171, Published by University of Czestochowa, pp. 166 (2009).
10. **Mrowiec M., Kamizela T., Kowalczyk M.:** *Occurrence of first flush phenomenon in drainage system of Czestochowa*, Environment Protection Engineering, Volume: 35 Issue: 2, 73–80 (2009).
11. **Mrowiec M., Kisiel A., Malmur R., Kisiel J.:** *Hydrodynamic Modeling of Tubular Detention Reservoirs Using SWMM5*. Polish Journal of Environmental Studies, vol. 16, no. 2A, part III, 2007.
12. **Wolski P., Wolny L.:** *Effect of disintegration and fermentation of sewage sludge on susceptibility to dehydration*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 13, 1697–1706 (2011).
13. **Zawilski M.:** *Prognozowanie wielkości odpływu i ładunków zanieczyszczeń ścieków opadowych odprowadzanych z terenów zurbanizowanych*. Politechnika Łódzka, Łódź, 1997.

Transfer Reservoir as a Modern Solution of Storm Water Transfer to Water Receivers

Abstract

The methods used in the practice of transferring of the excessive wastewater to the water receivers consist in gravitational outflow with the collector build in the section from water outflow point to the river. The cases of frequent flooding of the stormwater system caused by the lack of sufficient gravitational transfer often forced the users to build pumping stations.

The overview of the used methods of stormwater transfer from the protected drainage basin to the water receiver in the periods of high filling levels did not reveal a solution which would be universal, reliable and widely used in the practice with small adaptive modifications. Therefore, the study discussed the problems of developing of the hydraulic solution for the method of transfer of the wastewater from precipitation to the water receiver to ensure unlimited, gravitational outflow in the periods of lower levels and medium filling states in the river (and forced transfer in the period of suddenly rising levels). The idea of these solutions consists in that the facilities of transfer of the stormwater to the water receiver should be located at the protected side of the drainage basin. These solutions would ensure the possibility of emergency repairs even if high filling levels were on the river. Their shape and the way they are embedded in the natural environment cannot negatively affect the landscape planning.

Implementation of the retention reservoirs in the wastewater system is an essential component of the effective process of control of the outflow of the sludge from the drainage basin. It can be (and in many cases should be) supplemented with the components of the system that guarantee a considerable improvement in reliability of operation and ensure the appropriate efficiency of the assumed system of dewatering of the drainage basin. These components also include transfer reservoir, which adopt the responsibility for transfer of the wastewater from precipitation to water receivers e.g. rivers with high filling levels and also transfer of this wastewater from depressed land with respect to the elevated levels in river.

Transfer reservoirs might also be used for moving a part or the whole flow of the wastewater to the drainage basin with lower filling levels in the areas of higher location with respect to the relieved drainage. Transfer reservoirs can also operate together with sewage treatment plants. One of solutions suggested in this case is that one of the transfer reservoirs transfers the wastewater flowing to the plant to the height demanded by the technological process, whereas after treatment, the second reservoir ensures its transfer to the receiver.

Based on these conditions and problems, the authors developed new solution for transfer reservoirs. The present paper presents the design and principle of operation of one of these solutions.