

ZBIORNIK RETENCYJNO-PRZERZUTOWY JAKO SYSTEM ODPROWADZANIA WODY OPADOWEJ

Robert Malmur¹, Maciej Mrowiec¹

¹ Wydział Infrastruktury i Środowiska, Politechnika Częstochowska, ul. J.H. Dąbrowskiego 73, 42-201 Częstochowa, e-mail: rmalmur@is.pcz.czyst.pl

STRESZCZENIE

Intensywne opady deszczu, a także szybkie topnienie śniegu, powodują często podtapianie terenów chronionych i przepełnianie istniejących 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. Zbiornik ten ma za zadanie gromadzić odpowiednią ilość 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 ich tranzytowy przepływ przez komory zbiornika.

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

RANSFER RESERVOIR AS A RAINWATER DRAINAGE SYSTEM

ABSTRACT

Intensive rainfalls and snow melting often cause floods in protected areas and overflow the existing sewage systems. Such cases are particularly burdensome for the inhabitants and cause considerable physical losses. One of the possible constructional solutions to ensure the effective outflow of stormwater are transfer reservoirs located between the draining system and a receiver set discussed in this paper. If gravity outflow of sewage is impossible, the initial part of sewage volume is accumulated in the transfer reservoir and then it is transferred into the water receiver set. However, gravity discharge of sewage to the water receiver set occurs through transfer chambers in the transfer reservoir.

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

WPROWADZENIE

Rozwój cywilizacji spowodował, iż ośrodki miejskie pozbawione zostały naturalnej retencji zwłaszcza w odniesieniu do ścieków pochodzących z opadów atmosferycznych. Istniejące systemy kanalizacyjne w większości przypadków nie są w stanie odprowadzić ścieków o dużym natężeniu przepływu i dlatego podejmowane są różnego rodzaju zabiegi techniczne [Wolski i in. 2012, Zawilski 1997], zmierzające do przechwycenia i czasowego zatrzymania tej nadwyżki przepływu.

W aglomeracjach miejskich retencjonowanie ścieków realizowane jest za pośrednictwem różnego rodzaju zbiorników kanalizacyjnych.

W okresie nawaalnych 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 [Bień i in. 2009, Geiger i in. 1999].

Problem przerzutu ścieków rozwiązywany jest odmiennie w różnych krajach. Znane są rozwiązania w postaci przepompowni stacjonarnych, a także przepompowni ruchomych (fot. 1a). Jednak najczęściej odpływ nadmiaru ście-



Fot. 1. a). Ruchoma przepompownia, b). wylot kolektora zrzutowego zabezpieczonego zaworem klapowym, c). zabezpieczony kratą wylot kolektora zrzutowego, d) niezabezpieczony wylot kolektora zrzutowego [www.environmenthamilton.org, www.exploit.com, www.fairfaxcounty.gov]

Fot. 1. a). Moving sewage pumping stations, b). Outflow collectors with shut-off check valve, c). Safe outflow collectors, d). Insecure outfall sewer

ków pochodzących z opadów atmosferycznych odbywa się grawitacyjnie poprzez 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 (fot. 1b). Jednak w praktyce nie zawsze zawory takie są stosowane, natomiast tam, gdzie zostały zainstalowane, często pozbawione są właściwego nadzoru i konserwacji. W konsekwencji czego ich stan techniczny z reguły uniemożliwia prawidłowe działanie tych zaworów (fot. 1c i 1d).

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 [Mrowiec i in. 2009], a straty materialne powstałe w wyniku tych podtopień były znaczne.

Problematyka ograniczania skutków podtopień wynikających z nawałnych deszczów

czy intensywnych roztopów może być realizowana przez budowę odpowiednich zbiorników retencyjnych na sieci kanalizacyjnej, których zadaniem byłaby stosowna redukcja natężenia przepływu ścieków. 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. 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.

Przegląd 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 napełnień w rzece, a w okresie wezbrań ich wymuszony przerzut. Takim rozwiązaniem sposobu przerzutu ścieków opadowych do odbiornika wodnego są zbiorniki retencyjno-przerzutowe [Kisiel 1999, Kisiel 2001, Kisiel 2005]. 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 napełnień. Zbiorniki retencyjno-przerzutowe można stosować w następujących przypadkach [Łomotowski 2011, Mrowiec 2009]:

- 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 oczyszczalnie ścieków;
- w przypadku kolektorów odprowadzających ścieki oczyszczone z oczyszczalni.

W niniejszy artykule przedstawiono jedynie zbiornik retencyjno-przerzutowy typu GEMINUS – T rekomendowany do stosowania w praktyce inżynierskiej. Przerzut ścieków przy pomocy takiego zbiornika odbywa się poprzez zastosowanie układu sprężarek i odpowiednie połączenie układów tłoczących.

OPIS DZIAŁANIA ZBIORNIKA RETENCYJNO-PRZERZUTOWEGO

Dla opisanego w innym artykule [Malmur 2011], [Malmur i in. 2013] rozwiązania konstrukcyjnego zbiornika retencyjno – przerzutowego przyjęto następujące założenia eksploatacyjne:

- rzeczywisty hydrogram natężenia dopływu cieczy do zbiornika,

- taką wydajność objętościową sprężarki (Q_s), która zapewnia nieco większy od dopływu miarodajnego (Q_M) odpływ cieczy ze zbiornika (Q_Z),
- brak możliwości grawitacyjnego odpływu cieczy ze zbiornika z uwagi na wysoki stan napełnienia w odbiorniku (komorze wieżowej), który jest wyższy od położenia wysokościowego stropów komór zbiorczych.

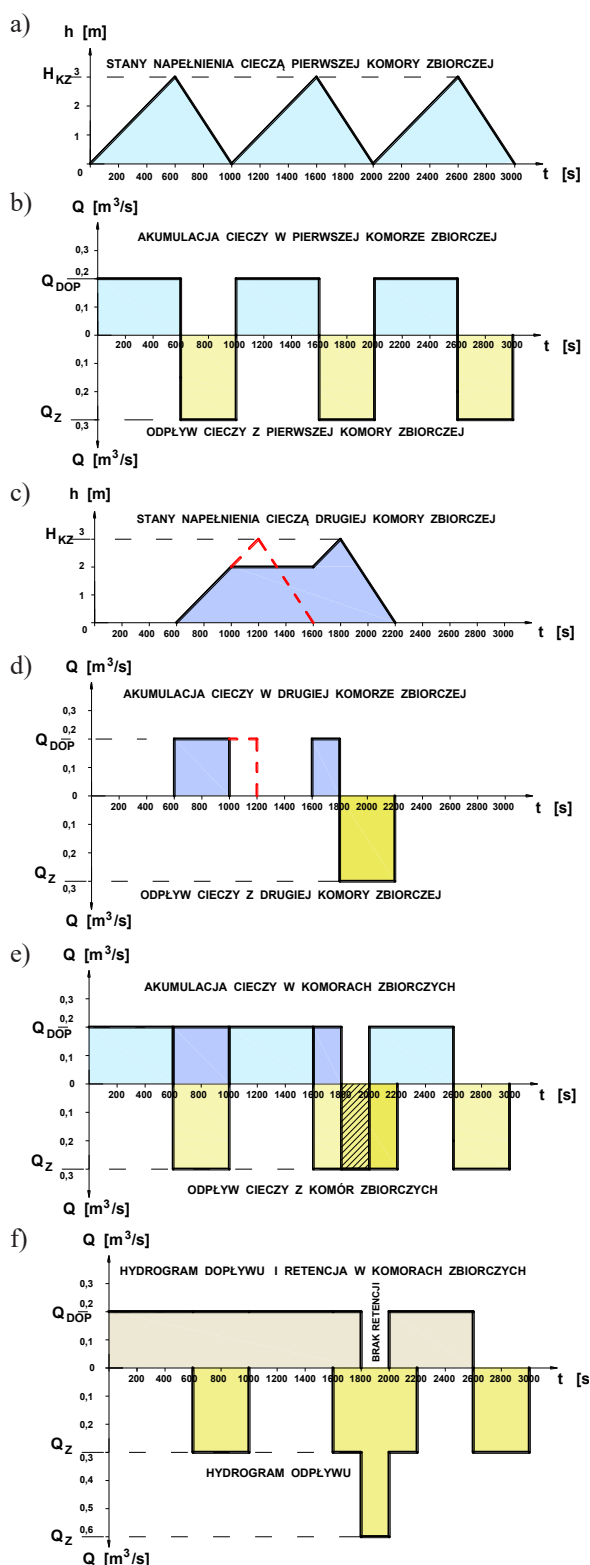
Modelowe rozwiązanie zbiornika retencyjno-przerzutowego dla zastosowania w eksploatacyjnych warunkach nie jest możliwe, ponieważ w praktyce nie są do spełnienia tak rygorystyczne warunki jego działania. Według przyjętych założeń, modelowe działanie zbiornika wyróżnia się tym, że zapewnia idealne i efektywne, naprzemiennie działanie komór zbiorczych zbiornika. Jeżeli jednak nie zostanie zagwarantowane chociaż jedno z założeń modelowego działania zbiornika przerzutowego, to skutek tego musi nastąpić stan zakłócenia naprzemiennego działania komór zbiorczych zbiornika, podczas którego nastąpi równoczesne opróżnianie obydwu komór oraz wstrzymanie zdolności retencyjnej zbiornika. Taka sytuacja w konsekwencji uniemożliwia przyjęcia przez ten zbiornik dopływającej do niego cieczy (rys. 1).

Najczęściej powodowane to będzie naturalnym zmiennym dopływem cieczy do zbiornika, a także rzeczywistym działaniem sprężarek, których zdolność do odprowadzania cieczy ze zbiornika nie będzie nigdy stała i równa natężeniu przepływu miarodajnego.

Dla zbiornika, który posiada prostopadłościenną komorę zbiorczą o wymiarach $F_{KZ} = 40 \text{ m}^2$ i $H_{KZ} = 3,0 \text{ m}$ ($V_{KZ} = F_{KZ} H_{KZ} = 120 \text{ m}^3$) oraz przy eksploatacyjnym stałym dopływie cieczy do zbiornika $Q_{DOP} = 0,20 \text{ m}^3/\text{s} < Q_M = 0,30 \text{ m}^3/\text{s}$ trwającym $T_{DOP} = 2600 \text{ s}$, przyjęto teoretycznie, że zdolność sprężarek do powodowania stałego odpływu cieczy z komór zbiorczych wynosi $Q_Z = Q_M = 0,3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Prostokątny kształt hydrogramu dopływu cieczy (rys. 1f) do zbiornika przyjęty został tu również w celu uzyskania określonej wyrazistości prezentowanych procesów napełniania i opróżniania komór zbiorczych zbiornika.

W zaprezentowanym przykładzie pierwsza nieprawidłowość w naprzemiennym działaniu komór zbiorczych nastąpiła po upływie 1000 s (rys. 1d i 1e). Polegała ona na tym, że przy niedopełnieniu cieczą komory drugiej retencję dopływu



Rys. 1. Przebieg przelotu cieczy do odbiornika za pośrednictwem modelowo działających komór zbiorczych zbiornika dla przykładowego eksploatacyjnego ($Q_M < Q_Z$) hydrografu dopływu cieczy do zbiornika typu GEMINUS – T

Fig. 1. Transfer of the wastewater to the water receiver by means of the ideally operating collection chambers of the reservoir for the example of an operational ($Q_M < Q_Z$) hydrograph of inflow to GEMINUS – T reservoir

przejęła komora pierwsza. Po upływie 1800 s nastąpiło kolejne zakłócenie działania komór zbiorczych (rys. 1e), polegające teraz na tym, że obie znalazły się w fazie opróżniania swej objętości z cieczy, wstrzymując tym samym na 200 s retencję dopływającej cieczy do zbiornika. Opracowano zatem rekomendowany do stosowania w praktyce inżynierskiej sposób działania zbiornika retencyjno-przerzutowego, który zakłada, że po całkowitym opróżnieniu jednej z komór zbiorczych utrzymywane jest w niej sprężone powietrze (ciśnienie), które uniemożliwia napływ do niej cieczy aż do czasu całkowitego wypełnienia drugiej komory zbiorczej.

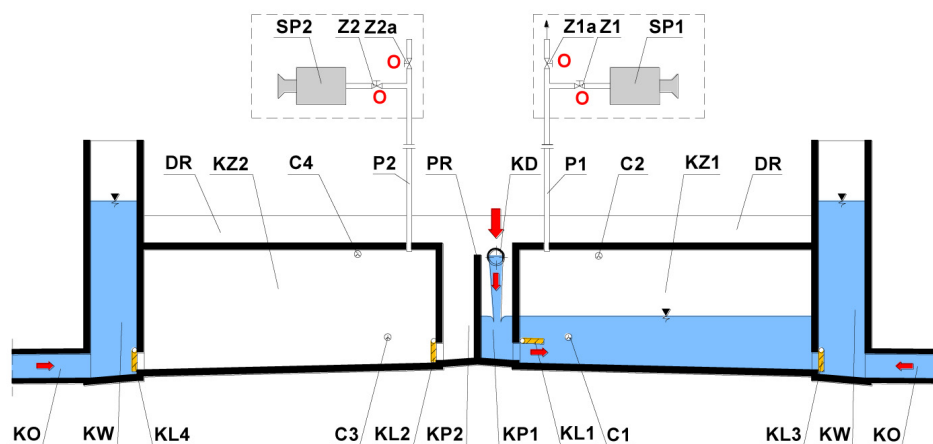
Ciecz dopływająca kolektorem dopływowym KD lub rowem dopływowym do komory przepływowej KP1 zbiornika przez otwartą klapę KL1 wypełnia komorę zbiorczą KZ1. Wypełnianiu komory zbiorczej KZ1 towarzyszy równoczesne napełnianie komory przepływowej KP1. Podczas wypełniania komory zbiorczej KZ1 zawory Z1 i Z1a na przewodzie P1 są otwarte, umożliwiając odpływ powietrza z tej komory do atmosfery (rys. 2).

Osiągnięcie takiego stanu chwilowego spowoduje poprzez zadziałanie czujnika C2 jednoczesne włączenie sprężarki SP1 oraz zamknięcie zaworu Z1a, który odetnie wypełnioną cieczą komorę zbiorczą KZ1 od atmosfery. Rozpocznie się tym samym proces opróżniania tej komory zbiorczej, podczas którego klapa KL1 zostaje zamknięta, natomiast klapa KL3 otwarta (rys. 3).

Komora zbiorcza KZ1 będzie wypełniana do poziomu górnego czujnika C2, natomiast komora przepływowa KP1 do poziomu rzędnej korony przelewu szczytowego (rys. 3).

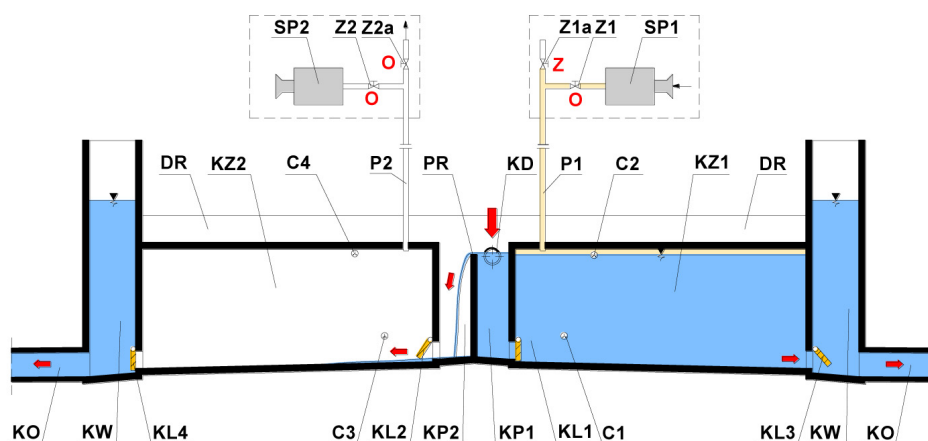
Wzrost ciśnienia powietrza włączanego przez sprężarkę SP1 do wnętrza opróżnianej komory zbiorczej KZ1 będzie powodować odpływ cieczy z tej komory do komory wieżowej KW. Proces opróżniania komory zbiorczej KZ1 trwa do chwili, gdy zwierciadło cieczy osiągnie poziom dolnego czujnika C1. Po osiągnięciu tego poziomu wyłączona zostaje sprężarka SP1 i zamknięty zawór Z1, dzięki czemu utrzymane zostanie w niej sprężone powietrze (ciśnienie).

Zapoczątkowanie procesu opróżniania pierwszej komory zbiorczej KZ1 równocześnie powoduje rozpoczęcie procesu napełniania drugiej komory zbiorczej KZ2. Ponieważ w tej fazie działania zbiornika klapa KL1 zamyka otwór dopływowy do komory zbiorczej KZ1, dopływająca ciecz do zbiornika poprzez przelew szczytowy wypeł-



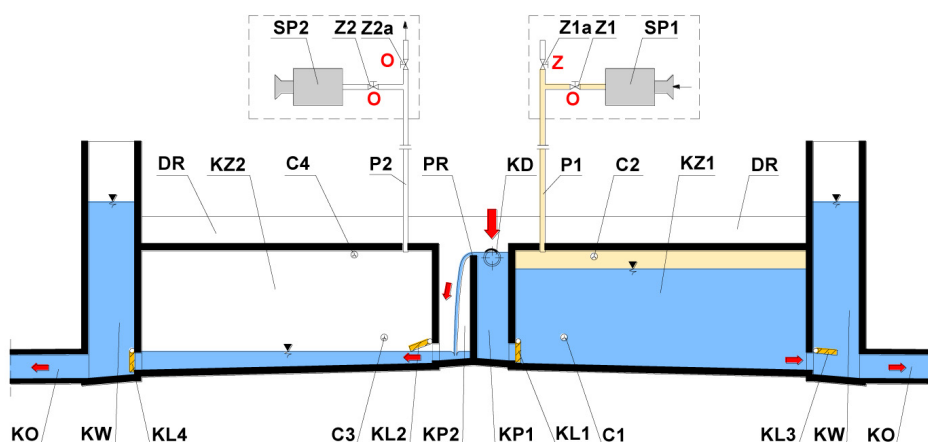
Rys. 2. Schemat ideowy zbiornika retencyjno – przerzutowego typu GEMINUS – T: faza napełniania komory zbiorczej KZ1

Fig. 2. Diagram of GEMINUS – T transfer reservoir: filling phase in the collection chamber KZ1



Rys. 3. Schemat ideowy zbiornika retencyjno – przerzutowego typu GEMINUS – T: rozpoczęcie procesu opróżniania komory zbiorczej KZ1 i napełniania komory zbiorczej KZ2

Fig. 3. Diagram of GEMINUS – T transfer reservoir: starting of the process of emptying collection chamber KZ1 and filling the collection chamber KZ2



Rys. 4. Schemat ideowy zbiornika retencyjno – przerzutowego typu GEMINUS – T: proces opróżniania komory zbiorczej KZ1 i napełniania komory zbiorczej KZ2

Fig. 4. Diagram of GEMINUS – T transfer reservoir: the process of emptying collection chamber KZ1 and filling the collection chamber KZ2

nia komorę przelewową KP2, a przez otwartą klapę KL2 również komorę zbiorczą KZ2. Podczas wypełniania cieczą komory zbiorczej KZ2 zawory Z2 i Z2a na przewodzie P2 są otwarte, umożliwiając odpływ powietrza z tej komory do atmosfery (rys. 4).

Całkowite wypełnienie drugiej komory zbiorczej KZ2 umożliwiające jest przez utrzymanie sprężonego powietrza (ciśnienia) w pierwszej komorze zbiorczej KZ1 (rys. 5).

Osiągnięcie całkowitego napełnienia w drugiej komorze zbiorczej KZ2 spowoduje za pośrednictwem górnego czujnika C4 równoczesne włączenie sprężarki SP2 oraz zamknięcie zaworu Z2a, który odetnie tę komorę od atmosfery, a także otwarcie zaworu Z1a, który z kolei umożliwi rozprężenie powietrza w komorze KZ1 do ciśnienia atmosferycznego. W drugiej komorze zbiorczej KZ2 rozpocznie się zatem proces jej opróżniania, natomiast w komorze pierwszej KZ1 ponowny proces jej napełniania (rys. 6).

Powtórne napełnianie cieczą pierwszej komory zbiorczej KZ1 będzie następowało przy utrzymanym sprężonym powietrzu (ciśnieniu) w drugiej komorze zbiorczej KZ2, które niezbędne było do jej całkowitego opróżnienia (rys. 7).

Takie naprzemienne działanie obydwu komór zbiorczych zbiornika gwarantować będzie nieprzerwane przyjmowanie cieczy dla każdego zmiennego natężenia ich dopływu.

Całkowity zanik dopływu cieczy do zbiornika może nastąpić w takiej chwili, w której:

- jedna z komór zbiorczych jest w trakcie opróżniania, a druga w trakcie napełniania,
- jedna z komór zbiorczych jest całkowicie opróżniona, a druga jest w trakcie napełniania.

Na podstawie przeprowadzonej hydraulicznej analizy działania zbiornika retencyjno – przerzutowego w wersji rekomendowanej do stosowania w praktyce inżynierskiej uznano, iż po zaniku dopływu cieczy do zbiornika częściowo napełnione jego komory zbiorcze pozostaną w tym stanie do chwili obniżenia się stanu napełnienia w cieku do takiego poziomu, przy którym umożliwiony zostanie ich grawitacyjny odpływ.

PODSUMOWANIE

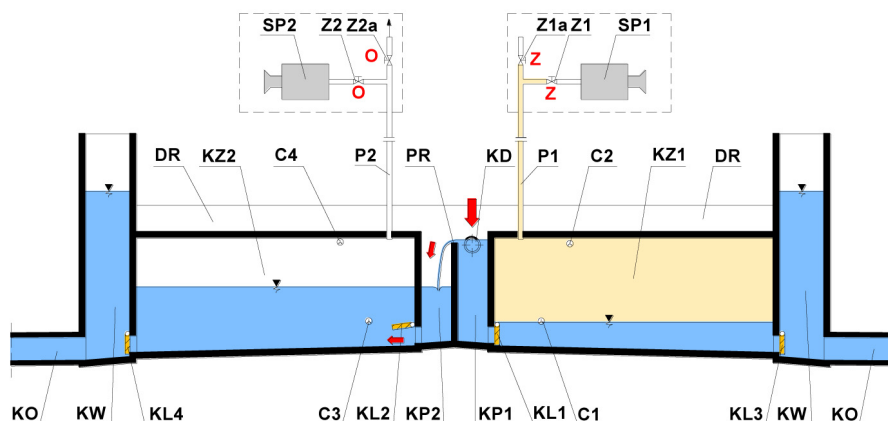
Przedstawiony w artykule zbiornik retencyjno-przerzutowy typu GEMINUS stanowi propozycję rozwiązania problemu dotyczącego okreso-

wo występujących podtopień terenów zurbanizowanych. Podtopienia terenów są najczęściej skutkiem utraty zdolności przepustowej systemu odwadniającego, spowodowanej uniemożliwionym odpływem ścieków do odbiornika. Równie często podtopienia są wynikiem cofkowego spiętrzenia ścieków wysokimi stanami napełnienia w odbiorniku, które powodowane są z kolei brakiem lub niesprawnością działania zabezpieczeń zwrotnych wylotów sieci odwadniającej. Rozwiązanie konstrukcyjne zbiornika typu GEMINUS skutecznie eliminuje wyżej wymienione przyczyny powstawania podtopień terenów zurbanizowanych. Zapewnia on, oczekiwaną efektywność i niezawodność w działaniu. Jest rozwiązaniem prostym pozwalającym na ich właściwe wkomponowanie w otoczenie naturalnego środowiska. Umożliwia on bezwarunkowe odprowadzenie ścieków pochodzących z opadów atmosferycznych do odbiornika, niezależnie od chwilowego stanu jego napełnienia.

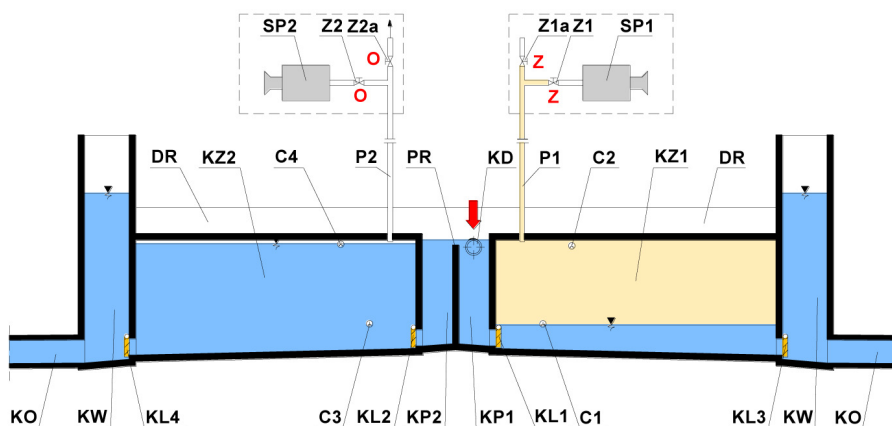
Zastosowany w zbiorniku typu GEMINUS układ sprężarek jest bardziej niezawodny w działaniu od układu pomp ściekowych instalowanych w innych zbiornikach retencyjno- przerzutowym, ponieważ nie posiada bezpośredniego kontaktu ze ściekami, które niosą zanieczyszczenia mechaniczne, osady ściekowe, a często są chemicznie agresywne [Wolski i in. 2013, Zawieja i in. 2013]. Warto również zaznaczyć, że zbiornik typu GEMINUS po adaptacji może stanowić rozwiązanie alternatywne dla stosowanych w kanalizacji pompowni ścieków sanitarnych [Malmur i in. 2005, Malmur i in. 2008].

Przy projektowaniu tego typu zbiornika należy pamiętać, że może wystąpić zablokowanie możliwości akumulacyjnych komór zbiorczych, wówczas, kiedy następuje dopełnienie niewielką objętością cieczy komory drugiej, a w komorze pierwszej nastąpił początek procesu jej opróżniania. Jest wtedy taki stan, że obie komory są w trakcie procesu opróżniania i nie mogą przyjmować ścieków do akumulacji. Następuje wówczas spiętrzenie stanu napełnienia w komorach przepływowej i przelewowej i tworzenie się retencji naturalnej w kanale dopływowym do zbiornika. Jeżeli naturalne warunki pozwalają na utworzenie bezpiecznej choć krótkotrwałej retencji kanałowej, powodując spiętrzenie napełnienia w dopływie, to takie działanie zbiornika przerzutowego jest dopuszczalne.

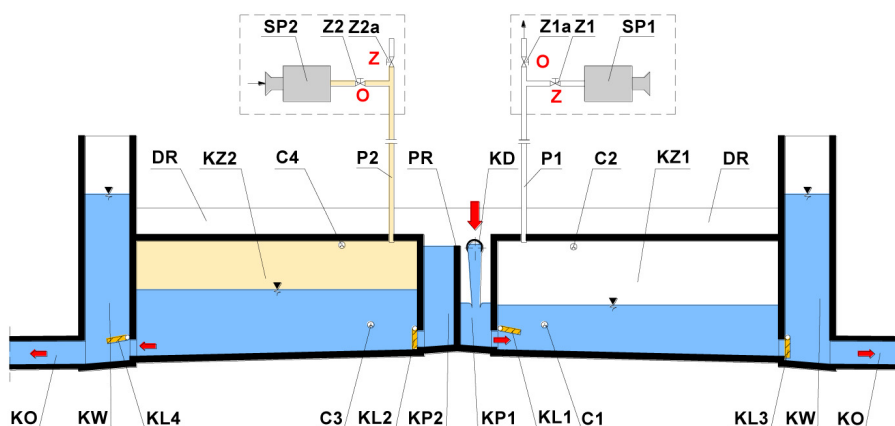
Zastosowanie któregośkolwiek ze zbiorników wymaga dokładnego przeanalizowania da-



Rys. 5. Schemat ideowy zbiornika retencyjno – przerzutowego typu GEMINUS – T: całkowite opróżnienie komory zbiorczej KZ1 i zatrzymanie w niej sprężonego powietrza oraz dalsze napełnianie komory zbiorczej KZ2
Fig. 5. Diagram of GEMINUS – T transfer reservoir: total emptying the collection chamber KZ1, maintaining the compressed air and continuation of filling the collection chamber KZ2



Rys. 6. Schemat ideowy zbiornika retencyjno – przerzutowego typu GEMINUS – T: opróżnienie komory zbiorczej KZ2 i ponowne napełnianie komory zbiorczej KZ1
Fig. 6. Diagram of GEMINUS – T transfer reservoir: emptying the collection chamber KZ2 and re-filling the collection chamber KZ1



Rys. 7. Schemat ideowy zbiornika retencyjno – przerzutowego typu GEMINUS – T: całkowite opróżnienie komory zbiorczej KZ2 i zatrzymanie w niej sprężonego powietrza oraz napełnianie komory zbiorczej KZ1
Fig. 7. Diagram of GEMINUS – T transfer reservoir: total emptying the collection chamber KZ2, maintaining the compressed air and filling the collection chamber KZ1

nych o zlewni, sieci kanalizacyjnej, urządzeniach i obiektach z nią współdziałających [Nix 1994], aby na ich podstawie można było uzyskać minimalizację kosztów poniesionych na realizację rozważanej inwestycji.

Podziękowania

Praca naukowa finansowana w ramach projektu badawczego BS-PB 401-306/11.

LITERATURA

1. Bień J., Worwąg M., Wystalska K.: Przeróbka osadów ściekowych – perspektywy rozwoju, Wodociągi – Kanalizacja, Warszawa 2009, 26–27.
2. Geiger W., Dreiseitl H.: Nowe sposoby odprowadzania wód deszczowych. Projprzem – EKO, Bydgoszcz 1999.
3. Kisiel A.: Zbiornik przerzutowy ścieków opadowych – GEMINUS – T, Biuletyn Urzędu Patentowego UP P 331776, Warszawa, 3 marzec 1999.
4. Kisiel A.: Zbiornik przerzutowy ścieków opadowych – PLUVIUS – P, UP RP 190004, Warszawa, 14 październik 2005.
5. Kisiel A., Mrowiec M.: Zbiornik przerzutowy ścieków deszczowych, Gospodarka Wodna, 12, 2001, 511–514.
6. Łomotowski J.: Wody opadowe a zjawiska ekstremalne. Monografia, Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o. o., 2011, s. 233.
7. Malmur R.: Możliwości wykorzystania zbiornika retencyjno-przerzutowego do ochrony zlewni przed podtopieniami. W: K. Szymański (red.) Gospodarka odpadami komunalnymi, tom VII. Koszalin 2011, 216–230.
8. Malmur R., Kisiel A.: Energooszczędny zbiornik przerzutowy ścieków opadowych GEMINUS – ET, Biuletyn Urzędu Patentowego UP P 373875, Warszawa, 23 marzec 2005.
9. Malmur R., Mrowiec M.: Transfer reservoir as a Modern Solution of Storm Water Transfer to Water Receivers, Wydawnictwo Środkowo-Pomorskiego Towarzystwa Naukowego Ochrony Środowiska, Rocznik Ochrony Środowiska, tom. 15, 2013, 2339–2351.
10. Malmur R., Kisiel A., Mrowiec M., Kisiel J.: Hydrauliczne sposoby działania zbiornika retencyjno-przerzutowego. Czasopismo Techniczne, nr 1-Ś/2008, z. 18(105), 107–123.
11. Mrowiec M., Kamizela T., Kowalczyk M.: Occurrence of first flush phenomenon in drainage system of Częstochowa, Environment Protection Engineering, 35(2), 2009, 73–80.
12. Mrowiec M.: Efektywne wymiarowanie i dynamiczna regulacja kanalizacyjnych zbiorników retencyjnych. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2009.
13. Nix S.: Urban Stormwater Modeling and Simulation, Lewis Publishers, Inc., 1994.
14. Wolski P., Zawieja I., Analiza parametrów reologicznych wstępnie kondycjonowanych osadów ściekowych poddanych fermentacji, Annual Set The Environment Protection, 15, Part 2, 2013, 1645–1657.
15. Wolski P., Zawieja I., Effect of Ultrasound Field on Dewatering of Sewage Sludge, Archives of Environmental Protection, 38(2), 2012, 25–31.
16. Zawieja I., Wolski P., Wpływ chemiczno-termicznej modyfikacji osadów nadmiernych na generowanie lotnych kwasów tłuszczowych w procesie fermentacji metanowej, Annual Set The Environment Protection, 15, Part 3, 2013, 2054–2070.
17. Zawilski M.: Prognozowanie wielkości odpływu i ładunków zanieczyszczeń ścieków opadowych odprowadzanych z terenów zurbanizowanych, Politechnika Łódzka, Łódź 1997.
18. www.bosman-water.nl/en/frames/producten.php?P (z dn. 10 wrzesień 2005).
19. www.boydcoinc.com/ (z dn. 12 wrzesień 2005).
20. www.dep.state.fl.us/.../npdes/MS4_1.htm (z dn. 12 wrzesień 2005).
21. www.environmenthamilton.org/.../redhillcreek.htm (z dn. 10 wrzesień 2005).
22. www.exploit.com/pictures/5205/index.php?pix=25 (z dn. 15 grudzień 2005).
23. www.fairfaxcounty.gov/.../ms4permit.htm (z dn. 10 wrzesień 2005).