

Józef DZIOPAK¹
Mariusz STARZEC²

WPŁYW UKŁADU HYDRAULICZNEGO ZBIORNIKA NA WYMAGANĄ POJEMNOŚĆ UŻYTKOWĄ UKŁADU ZBIORNIKÓW RETENCYJNYCH W KANALIZACJI

Celem artykułu jest określenie wpływu zastosowanego układu hydraulicznego w zbiorniku retencyjnym zlokalizowanym na końcu zlewni położonej wyżej na wymaganą pojemność użytkową wielokomorowego zbiornika retencyjnego położonego na końcu zlewni usytuowanej niżej. Symulacje przepływu i akumulacji ścieków wykonano w zlewni modelowej korzystając z programu hydrodynamicznego SWMM 5.1. Uzyskane wyniki badań modelowych wykazały, że układ hydrauliczny zbiornika ZR1 zlokalizowanego wyżej na sieci ma decydujący wpływ na wyznaczenie wymaganej kubatury użytkowej zbiornika retencyjnego ZR2 usytuowanego na niżej położonej sieci kanalizacyjnej. Na podstawie wyników symulacji komputerowych potwierdzono, że zbiornik ZR2 ma najmniejszą pojemność użytkową, gdy zbiornik górny ZR1 cechuje się jednokomorowym układem hydraulicznym. Uzyskane różnice w pojemności retencyjnej zbiornika dolnego ZR2 sięgają kilkudziesięciu procent, a w skrajnych przypadkach znacznie więcej. Ustalono zależności pojemności zbiorników zaobserwowane dla szerokiego zakresu zmiennej natężenia odpływu ścieków ze zbiorników retencyjnych ZR1 i ZR2.

Słowa kluczowe: kanalizacja deszczowa, zbiorniki retencyjne, układy hydrauliczne, wymiarowanie

1. Wstęp

Zbiorniki retencyjne stanowią obecnie podstawowy element sieci kanalizacyjnych dowolnego systemu, działającego w układzie grawitacyjnym [8, 9]. Ze względu na swoje przeznaczenie mogą pełnić różne funkcje. Ich zastosowanie

¹ Autor do korespondencji / corresponding author: Józef Dziopak, Politechnika Rzeszowska, Zakład Infrastruktury i Ekorozwoju, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury, 35-959 Rzeszów, al. Powstańców Warszawy 6, tel. +48 (017) 865 1817, jdziopak@prz.edu.pl

² Mariusz Starzec, Politechnika Rzeszowska, Zakład Infrastruktury i Ekorozwoju, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury, 35-959 Rzeszów, al. Powstańców Warszawy 6, tel. +48 (017) 743 2409, mstarzec1990@prz.edu.pl

umożliwia między innymi odciążenie hydrauliczne sieci kanalizacyjnej i obiektów oraz urządzeń z nią współdziałających [2].

Niezależnie od stawianego zadania w systemie, główną rolą zbiorników retencyjnych jest przechwycenie nadmiaru ścieków i ich odprowadzanie w określonej ilości i czasie [3]. Ich wymiarowanie wymusza każdorazowo ustalanie wymaganej kubatury użytkowej, którą wyznacza się w oparciu o bilans ścieków na dopływie i odpływie w fazie jego napełniania. Szukana pojemność retencyjna jest równa polu powierzchni pomiędzy krzywymi opisującymi hydrogramy natężenia dopływu i odpływu ścieków w czasie ze zbiornika podczas występowania deszczu miarodajnego, ustalanego na podstawie obliczeń [5, 7].

Inaczej niż z jednym zbiornikiem wymiaruje się kanalizację deszczową współdziałającą z dwoma lub więcej zbiornikami retencyjnymi. Przy wyznaczaniu pojemności użytkowej układu zbiorników retencyjnych należy uwzględniać wzajemne oddziaływanie zbiorników względem siebie korzystając z modelowania hydrodynamicznego do symulowania przepływów w sieci łączącej zbiorniki. Na wartość dopływających ścieków do zbiornika retencyjnego zlokalizowanego niżej na sieci kanalizacyjnej, oprócz wielkości spływu ze zlewni położonej pomiędzy sąsiadującymi zbiornikami ma wpływ ilość ścieków odpływających w czasie z najbliższych zbiorników retencyjnych położonych wyżej na sieci kanalizacyjnej. Ilość ścieków odpływających ze zbiornika retencyjnego jest bezpośrednio uzależniona od przyjętego układu hydraulicznego. Z tego też względu sprawność hydrauliczna zbiornika znajdującego się wyżej wpływa bezpośrednio w różnym stopniu na wymaganą pojemność retencyjną zbiornika znajdującego się niżej na sieci.

Zbiorniki grawitacyjne jednokomorowe charakteryzują się bardzo zróżnicowanym odpływem w czasie trwania procesu akumulacji ścieków. Maksymalny odpływ ścieków jest chwilowy i to wyłącznie przy całkowitym napełnieniu zbiornika i ta cecha decyduje o ich małej sprawności hydraulicznej. Fakt ten wymusza zarezerwowanie największej kubatury użytkowej w stosunku do innych typów zbiorników retencyjnych [6].

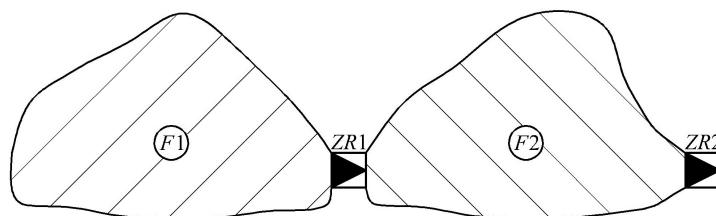
Zbiorniki grawitacyjne wielokomorowe posiadają dużo większą sprawność hydrauliczną w porównaniu do zbiornika jednokomorowego. W sprzyjających warunkach różnice w wymaganej pojemności użytkowej mogą wynosić nawet ponad 40% [3]. Zbiornik wielokomorowy składa się z przynajmniej dwóch komór. Pierwsza z nich, komora przepływowa służy do utrzymywania maksymalnej przyjętej wartości natężenia odpływu ścieków praktycznie w całym okresie akumulacji. Pozostałe komory jako akumulacyjne mają za zadanie zmagazynowanie nadmiaru ścieków dopływających do zbiornika.

Najwyższą sprawność hydrauliczną posiadają zbiorniki grawitacyjno-pompowe i grawitacyjno-podciśnieniowe [4]. W tego typu konstrukcjach kubaturowych w razie potrzeby możliwe jest utrzymywanie maksymalnej przyjętej wartości natężenia odpływu ścieków, zarówno w procesie akumulacji, jak i w czasie opróżniania zbiornika.

2. Przyjęty wariant obliczeniowy

W ramach prowadzonych badań podjęto próbę określenia stopnia oddziaływania układu hydraulicznego zbiornika retencyjnego ZR1 położonego wyżej na końcu zlewni *F1* na wymaganą pojemność użytkową zbiornika wielokomorowego ZR2 usytuowanego niżej na końcu zlewni *F2* na kanalizacji deszczowej.

W analizie przyjęto trzy odmienne układy hydrauliczne zbiornika retencyjnego ZR1, tj. grawitacyjny jednokomorowy ZK, grawitacyjny wielokomorowy ZWG i grawitacyjno-pompowy ZGP. Położenie zbiorników retencyjnych względem siebie w zlewniach przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schematy i lokalizacja zbiorników retencyjnych w zlewniach kanalizacyjnych przyjętych do analizy: ZR1 - zbiornik retencyjny położony poniżej zlewni *F1* (ZK - zbiornik grawitacyjny jednokomorowy, ZW - zbiornik grawitacyjny wielokomorowy, ZGP - zbiornik grawitacyjno-pompowy), ZR2 - wielokomorowy zbiornik retencyjny położony poniżej zlewni *F2*, *F1* - górna zlewnia odwadniana, *F2* - dolna zlewnia odwadniana

Fig. 1. Schemes and location of storage reservoirs in the catchment used for analysis: ZR1 - reservoir situated below the catchment *F1* (ZK - one-chamber gravitational reservoir, ZW - gravitational multi-chamber reservoir, ZGP - gravity-pump multi-chamber reservoir), ZR2 - gravitational multi-chamber reservoir situated below the catchment *F2*, *F1* - upper catchment, *F2* - lower catchment

Powierzchnie zredukowane zlewni *F1* i *F2* wynoszą po 15,0 ha każda. Do określenia jednostkowego natężenia miarodajnego przepływu ścieków deszczowych w kanalizacji deszczowej skorzystano z formuły Błaszczyka [1], która określa zależność pomiędzy intensywnością opadu a czasem jego trwania:

$$q_{dm} = \frac{6,631 \cdot \sqrt[3]{H^2 \cdot c}}{t_d^{2/3}} \quad (1)$$

gdzie: q_{dm} – jednostkowe natężenie deszczu, $\text{dm}^3/(\text{s} \cdot \text{ha})$;
 H – wysokość średniego opadu rocznego, mm/rok ;
 c – częstość występowania opadu, lata;
 t_d – czas trwania opadu, min.

W obliczeniach przyjęto wysokość średniego opadu rocznego $H = 600 \text{ mm}$ i częstość występowania opadu o wartości $c = 2$ lata. Zgodnie z założeniem metody granicznych natężeń (MGN) przyjęto, że opad deszczu charakteryzuje się

stałą intensywnością w czasie jego trwania i występuje jednocześnie na całym obszarze badanych zlewni $F1$ i $F2$.

Ustalono, że w zbiorniku $ZR1$ maksymalne natężenie odpływu ścieków QO_{ZR1} przyjmuje trzy wartości, odpowiednio 150, 450 i 750 dm³/s. W przypadku zbiornika $ZR2$, analizę przeprowadzono przyjmując kolejno osiem różnych maksymalnych natężeń odpływu ścieków QO_{ZR2} o wartościach 250, 350, 450, 550, 650, 750, 850 i 950 dm³/s. Przy takich założeniach otrzymano dwadzieścia cztery różne warianty obliczeniowe obciążenia hydraulicznego sieci i zbiorników retencyjnych, które poddano analizie hydraulicznej korzystając z programu hydrodynamicznego SWMM 5.1.

Układ hydrauliczny zbiornika działającego jako grawitacyjnego wielokomorowego i grawitacyjno-pompowego w programie SWMM 5.1 osiągnięto przez zastosowanie szeregowego układu dwóch zbiorników jednokomorowych. Pierwszy zbiornik pełni funkcję komory przepływowej, natomiast drugi przejmuje rolę komory akumulacyjnej. Transport ścieków z komór przepływowej do akumulacyjnej w czasie napełniania opisano za pomocą funkcji *Outlet*. Odprowadzenie ścieków z komory akumulacyjnej do przepływowej podczas opróżniania odwzorowano korzystając z funkcji *Weir*. W przypadku zbiornika jednokomorowego układ hydrauliczny odzwierciedla jeden zbiornik, który pełni funkcję komory przepływowej i akumulacyjnej.

Odpływ ścieków z komory akumulacyjnej zbiornika wielokomorowego odbywa się wyłącznie w sytuacji, kiedy poziom ścieków w tej komorze jest wyższy niż w komorze przepływowej. W przypadku zbiornika grawitacyjno-pompowego przyjęto, że jako pierwsza opróżniana jest górna komora akumulacyjna, która wcześniej jest napełniana pompowo.

3. Analiza wyników symulacji

3.1. Układ hydrauliczny a wymagana pojemność użytkowa zbiornika

Oddziaływanie zbiorników retencyjnych zachodzi w przypadku ich lokalizacji na trasie przepływu ścieków. W celu właściwego zwymiarowania niżej położonego zbiornika retencyjnego $ZR2$ należy, oprócz ustalenia wielkości przepływu ścieków deszczowych ze zlewni $F2$ prawidłowo wyznaczyć odpływ ścieków ze zbiornika retencyjnego $ZR1$. Usytuowanie zbiorników $ZR1$ i $ZR2$ na sieci wykazało ich wzajemne oddziaływanie hydrauliczne. W pierwszej kolejności wyznaczono wymaganą pojemność użytkową zbiornika $ZR1$, ustalając jego wymaganą pojemność uwzględniając wszystkie przyjęte warianty projektowe i trzy odmienne układy hydrauliczne zbiornika (ZK , ZWG i ZGP). Wyniki obliczeń zamieszczono w tabeli 1.

Analizując dane uzyskane z badań symulacyjnych (tabela 1) należy postawić tezę [3], że największą wymaganą pojemność użytkową osiąga zbiornik $ZR1$, jeżeli ma układ jednokomorowy. Kolejny raz potwierdzono również [3], że

czas miarodajny do jego wymiarowania przyjmuje najwyższą wartość. Wspomniane wyżej zależności obserwuje się przy wszystkich założonych wartościach maksymalnego natężenia odpływu ścieków QO_{ZR1} ze zbiornika ZK.

Tabela 1. Wymagane pojemności użytkowe zbiornika retencyjnego ZR1 przy uwzględnieniu jego różnych układów hydraulicznych

Table 1. Required useable cubic capacity of storage reservoir ZR1 for different hydraulic models

Maksymalne natężenie odpływu ścieków ze zbiornika ZR1, QO_{ZR1}	Użytkowa pojemność retencyjna zbiornika ZR1 przy jego różnym układzie hydraulicznym					
	Grawitacyjny jednokomorowy (1) ZK		Grawitacyjny wielokomorowy (2) ZWG		Grawitacyjno-pompowy wielokomorowy (3) ZWGP	
	V_{ZR1} (ZK)	Czas krytyczny, TMK	V_{ZR1} (ZWG)	Czas krytyczny, TMW	V_{ZR1} (ZWGP)	Czas krytyczny, TMWP
[dm ³ /s]	[m ³]	[min]	[m ³]	[min]	[m ³]	[min]
150	1783,05	161	1323,07	104	1323,07	104
450	782,15	41	417,56	30	417,56	30
750	367,28	24	110,04	19	110,04	19

Odpływ ścieków ze zbiorników retencyjnych ZR1 i ZR2 odbywa się w fazach ich akumulacji i opróżniania. Faza akumulacji ścieków występuje, gdy chwilowy dopływ strumienia ścieków do zbiornika jest większy niż ich odpływ. Natomiast faza opróżniania tych zbiorników występuje w sytuacji odwrotnej. Ponieważ odpływ ścieków ze zbiornika ZR1 sumuje się z odpływem ścieków ze zlewni F2 znajdującej się pomiędzy nimi, z tego powodu wpływ na wymaganą pojemność zbiornika ZR2 ma zastosowany układ hydrauliczny zbiornika ZR1.

W następnym etapie badań sprawdzono wpływ różnego układu hydraulicznego zbiornika retencyjnego ZR1 na wymaganą pojemność zbiornika wielokomorowego ZR2. Wyniki przeprowadzonych symulacji przy założonych wartościach maksymalnego natężenia odpływu ścieków ze zbiorników ZR1 i ZR2 przedstawiono w tabelach 2, 3 i 4.

Przeprowadzone symulacje wykazały, że przyjęty układ hydrauliczny zbiornika ZR1 ma decydujący wpływ na wymaganą (krytyczną) pojemność użytkową zbiornika retencyjnego ZR2. Analizując dane zawarte w tabelach 2, 3 i 4 ustalono, że zbiornik retencyjny ZR2 wymaga zarezerwowania najmniejszej pojemności użytkowej, jeżeli zbiornik retencyjny ZR1 działa w układzie jednokomorowym (1).

Znacznie większą pojemność użytkową zbiornik retencyjny ZR2 wymaga w przypadku zastosowania w zbiorniku ZR1 układu wielokomorowego działającego w sposób grawitacyjny (2).

Tabela 2. Wymagana pojemność użytkowa zbiornika retencyjnego ZR2 przy odpływie ścieków ze zbiornika ZR1 o $QO_{ZR1} = 150 \text{ dm}^3/\text{s}$

Table 2. Required useable cubic capacity of storage reservoir ZR2 at outflow from reservoir ZR1 $QO_{ZR1} = 150 \text{ dm}^3/\text{s}$

Maksymalne natężenie odpływu ścieków ze zbiornika ZR2, QO_{ZR2}	Użytkowa pojemność retencyjna zbiornika ZR2 przy różnym układzie hydraulicznym zbiornika retencyjnego ZR1					
	Grawitacyjny jednokomorowy (1) ZK		Grawitacyjny wielokomorowy (2) ZWG		Grawitacyjno- -pompowy wielokomorowy (3) ZWGP	
	V_{ZR1} (ZK)	Czas krytyczny, TMK	V_{ZR1} (ZWG)	Czas krytyczny, TMW	V_{ZR1} (ZWGP)	Czas krytyczny, TMWP
[dm ³ /s]	[m ³]	[min]	[m ³]	[min]	[m ³]	[min]
950	0	-	44,44	19	46,44	19
850	25,8	19	106,43	22	108,8	22
750	83,37	22	193,33	25	196,07	25
650	168,96	25	308,98	30	311,97	30
550	288,89	30	464,58	35	468,1	35
450	464,47	40	683,66	51	687,36	51
350	727,93	70	1011,03	75	1015,57	75
250	1205,96	120	1671,78	180	1675,28	180

Największą pojemność użytkową zbiornik ZR2 osiąga w przypadku zastosowania w zbiorniku ZR1 układu grawitacyjno-pompowego (3), jednak mało różni się ona w porównaniu do pojemności zbiorników wielokomorowych grawitacyjnych. Istotne jest też to, że podane zależności obserwuje się przy wszystkich założonych wartościach natężenia odpływu ścieków ze zbiornika ZR2.

Aby lepiej zobrazować wielkość wpływu przyjętego układu hydraulicznego w zbiorniku ZR1 na wymaganą pojemność użytkową zbiornika ZR2, wyznaczono różnice w pojemności użytkowej zbiornika ZR2 przy różnych wariantach funkcjonowania zbiornika ZR1 (tab. 5, 6 i 7).

Rozpatrując wyniki symulacji, które zamieszczono w tabelach 5, 6 i 7 należy stwierdzić, że różnica względna w pojemności użytkowej zbiornika ZR2, wynikająca z zastosowania odmiennych układów hydraulicznych zbiornika ZR1 zwiększa się wraz ze wzrostem natężenia odpływu ścieków QO_{ZR2} ze zbiornika ZR2. Zależność ta jest również potęgowana przez wartość natężenia odpływu ścieków QO_{ZR2} ze zbiornika ZR1. Im wyższą wartość przyjmie natężenie odpływu ścieków QO_{ZR1} , tym różnica względna w pojemności retencyjnej zbiornika ZR2 przyjmuje wartość mniejszą. Okazuje się, że ustalone różnice procentowe wymaganej pojemności użytkowej zbiornika ZR2 mieszczą się w bardzo rozległym zakresie, od 0,01 % (tab. 7) do 321,71 % (tab. 5). Najniższe procentowe

różnice w pojemnościach zbiornika $ZR2$, biorąc pod uwagę zróżnicowane układy hydrauliczne zbiornika $ZR1$ zaobserwowano przy natężeniach odpływu ścieków ze zbiorników $ZR2$ przy $QO_{ZR2} = 250 \text{ dm}^3/\text{s}$ i $ZR1$ przy odpływie $QO_{ZR1} = 750 \text{ dm}^3/\text{s}$ (tab. 7, ostatni wiersz). Natomiast największe procentowe różnice w wymaganej pojemności użytkowej zbiornika $ZR2$ stwierdzono przy natężeniach odpływu ścieków ze zbiorników $ZR2$ o $QO_{ZR2} = 950 \text{ dm}^3/\text{s}$ i $ZR1$ o $QO_{ZR1} = 150 \text{ dm}^3/\text{s}$ (tab. 5, wiersz 3). I co jest istotne, okazuje się, że w ostatnim przypadku zastosowanie w zbiorniku $ZR1$ układu jednokomorowego (1) pozwala uniknąć zastosowania zbiornika $ZR2$.

Tabela 3. Wymagana pojemność użytkowa zbiornika retencyjnego $ZR2$ przy odpływie ścieków ze zbiornika $ZR1$ o $QO_{ZR1} = 450 \text{ dm}^3/\text{s}$

Table 3. Required useable cubic capacity of storage reservoir $ZR2$ at outflow from reservoir $ZR1$ $QO_{ZR1} = 450 \text{ dm}^3/\text{s}$

Maksymalne natężenie odpływu ścieków ze zbiornika $ZR2$, QO_{ZR2}	Użytkowa pojemność retencyjna zbiornika $ZR2$ przy różnym układzie hydraulicznym zbiornika retencyjnego $ZR1$					
	Grawitacyjny jednokomorowy (1) ZK		Grawitacyjny wielokomorowy (2) ZWG		Grawitacyjno-pompowy wielokomorowy (3) $ZWGP$	
	V_{ZR1} (ZK)	Czas krytyczny, TMK	V_{ZR1} (ZWG)	Czas krytyczny, TMW	V_{ZR1} ($ZWGP$)	Czas krytyczny, $TMWP$
[dm^3/s]	[m^3]	[min]	[m^3]	[min]	[m^3]	[min]
950	58,41	30	240,69	32	243,97	32
850	151,41	35	384,17	37	388,07	37
750	293,55	45	582,75	50	587,49	50
650	502,41	56	866,05	71	872,7	71
550	799,6	65	1263,86	85	1273,34	85
450	1222,9	84	1732,8	90	1741,56	90
350	1802,04	110	2255,6	91	2257,66	91
250	2624,31	160	2922,95	135	2923,99	135

Analizując występujące różnice w ustalonych pojemnościach retencyjnych obserwuje się też inną zależność. Najwyższą różnicę w wymaganej pojemności użytkowej zbiornika $ZR2$ wynoszącą $509,9 \text{ m}^3$ (tab. 6) ustalono, stosując układy hydrauliczne zbiorników (1) i (2), gdy natężenia odpływu ścieków ze zbiorników były sobie równe $QO_{ZR2} = QO_{ZR1} = 450 \text{ dm}^3/\text{s}$ (tab. 6). Przy tych samych wartościach natężenia odpływu ścieków ze zbiorników zaobserwowano również największą różnicę w wymaganej pojemności użytkowej zbiornika $ZR2$ pomiędzy układem hydraulicznym (1) i (3), która wynosi $518,66 \text{ m}^3$. Natomiast dokonując porównania układów hydraulicznych (2) i (3), najwyższą różnicę w wy-

maganej pojemności zbiornika ZR2 zaobserwowano przy odpływach $QO_{ZR2} = 950 \text{ dm}^3/\text{s}$ i $QO_{ZR1} = 750 \text{ dm}^3/\text{s}$ i wyniosła ona zaledwie $19,32 \text{ m}^3$ (tab. 7).

Tabela 4. Wymagana pojemność użytkowa zbiornika retencyjnego ZR2 przy odpływie ścieków ze zbiornika ZR1 o $QO_{ZR1} = 750 \text{ dm}^3/\text{s}$

Table 4. Required useable cubic capacity of storage reservoir ZR2 at outflow from reservoir ZR1 $QO_{ZR1} = 750 \text{ dm}^3/\text{s}$

Maksymalne natężenie od- pływu ścieków ze zbiornika ZR2, QO_{ZR2}	Użytkowa pojemność retencyjna zbiornika ZR2 przy różnym układzie hydraulicznym zbiornika retencyjnego ZR1					
	Grawitacyjny jednokomorowy (1) ZK		Grawitacyjny wielokomorowy (2) ZWG		Grawitacyjno- -pompowy wielokomorowy (3) ZWGP	
	V_{ZR1} (ZK)	Czas krytyczny, TMK	V_{ZR1} (ZWG)	Czas krytyczny, TMW	V_{ZR1} (ZWGP)	Czas krytyczny, TMWP
[dm ³ /s]	[m ³]	[min]	[m ³]	[min]	[m ³]	[min]
950	326,54	38	519,66	37	538,98	37
850	499,91	40	706,4	39	718,66	39
750	713,47	45	914,58	41	923,41	41
650	973,54	51	1157,89	45	1159,96	45
550	1285,88	60	1439,48	54	1440,97	54
450	1677,51	71	1797,31	65	1798,35	65
350	2169,8	96	2257,09	90	2257,68	90
250	2864,42	140	2924,15	134	2924,56	134

Po pełnej analizie danych z symulacji hydrodynamicznych (tabele 2÷7) należy stwierdzić, że zastosowanie w zbiorniku górnym ZR1 układu grawitacyjno-pompowego (3) zwiększa tylko w niewielkim stopniu wymaganą pojemność użytkową zbiornika retencyjnego ZR2 w odniesieniu do układu wielokomorowego działającego w systemie grawitacyjnym (2).

3.2. Układ hydrauliczny a miarodajny czas trwania deszczu

Wyniki badań symulacyjnych zamieszczone w tabelach 2, 3 i 4 potwierdzają kolejne prawidłowości. Okazuje się bowiem, że przyjęty układ hydrauliczny w zbiorniku retencyjnym ZR1 wpływa bezpośrednio na długość miarodajnego czasu trwania deszczu (krytycznego) do wymiarowania zbiornika retencyjnego ZR2. Przeprowadzone badania wykazały, że przy układach hydraulicznych (2) i (3) w zbiorniku ZR1 obserwuje się identyczne wartości miarodajnego czasu trwania deszczu do wymiarowania wymaganej kubatury użytkowej zbiornika

ZR2. Natomiast w przypadku przyjęcia w zbiorniku ZR1 układu hydraulicznego (1), miarodajny czasu trwania deszczu do wymiarowania wymaganej pojemności zbiornika ZR2 osiąga inne wartości w stosunku do wcześniej wspomnianych układów hydraulicznych.

Należy zaznaczyć, że wzajemna relacja pomiędzy miarodajnym czasem trwania deszczu, ustalonym do wymiarowania zbiornika ZR2 i przyjętym układem hydraulicznym w zbiorniku ZR1 zmienia się w zależności od wartości maksymalnego natężenia odpływu ścieków QO_{ZR1} . Przy natężeniu odpływu ścieków ze zbiornika ZR1 równym $QO_{ZR1} = 150 \text{ dm}^3/\text{s}$, czas miarodajny do wymiarowania zbiornika ZR2, bez względu na przyjętą wartości natężenia odpływu ścieków QO_{ZR2} , przyjmuje każdorazowo wartość najniższą pod warunkiem, że zbiornik ZR1 wykonany jest w układzie jednokomorowym (1).

Jednak przy natężeniu odpływu ścieków ze zbiornika ZR1 o wartości $QO_{ZR1} = 450 \text{ dm}^3/\text{s}$, wyżej wykazaną zależność obserwuje się wyłącznie przy natężeniu odpływu ścieków ze zbiornika ZR2 o $QO_{ZR2} \geq 450 \text{ dm}^3/\text{s}$. W przypadku pozostałych wartości natężenia odpływu ścieków ze zbiornika ZR2, długość czasu miarodajnego do wyznaczania jego pojemności użytkowej przyjmuje wartość niższą w porównaniu do sytuacji, gdy zbiornik ZR1 działa w układzie hydraulicznym (2) lub (3).

Tabela 5. Różnice w wymaganej pojemności użytkowej zbiornika ZR2 przy odpływie ścieków ze zbiornika ZR1 o $QO_{ZR1} = 150 \text{ dm}^3/\text{s}$

Table 5. Percentage differences in cubic capacity of reservoir ZR2 at outflow from reservoir ZR1 $QO_{ZR1} = 150 \text{ dm}^3/\text{s}$

Maksymalne natężenie odpływu ścieków ze zbiornika ZR2, QO_{ZR2}	Wymagana pojemność użytkowa zbiornika ZR2 przy układzie hydraulicznym zbiornika retencyjnego ZR1			Różnica w wymaganej pojemności użytkowej zbiornika ZR2			Różnica względna w wymaganej pojemności użytkowej zbiornika ZR2		
	(1)	(2)	(3)	(2) - (1)	(3) - (1)	(3) - (2)	$\frac{(2)-(1)}{(1)}$	$\frac{(3)-(1)}{(1)}$	$\frac{(3)-(2)}{(2)}$
[dm ³ /s]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[%]	[%]	[%]
950	0	44,44	46,44	44,44	46,44	2,00	-	-	4,50
850	25,8	106,43	108,8	80,63	83,00	2,37	312,52	321,71	2,23
750	83,37	193,33	196,07	109,96	112,7	2,74	131,89	135,18	1,42
650	168,96	308,98	311,97	140,02	143,01	2,99	82,87	84,64	0,97
550	288,89	464,58	468,1	175,69	179,21	3,52	60,82	62,03	0,76
450	464,47	683,66	687,36	219,19	222,89	3,70	47,19	47,99	0,54
350	727,93	1011,03	1015,57	283,1	287,64	4,54	38,89	39,51	0,45
250	1205,96	1671,78	1675,28	465,82	469,32	3,5	38,63	38,92	0,21

Tabela 6. Różnice w wymaganej pojemności użytkowej zbiornika ZR2 przy odpływie ścieków ze zbiornika ZR1 o $QO_{ZR1} = 450 \text{ dm}^3/\text{s}$

Table 6. Percentage differences in cubic capacity of reservoir ZR2 at outflow from reservoir ZR1 $QO_{ZR1} = 450 \text{ dm}^3/\text{s}$

Maksymalne natężenie odpływu ścieków ze zbiornika ZR2, QO_{ZR2}	Wymagana pojemność użytkowa zbiornika ZR2 przy układzie hydraulicznym zbiornika retencyjnego ZR1			Różnica w wymaganej pojemności użytkowej zbiornika ZR2			Różnica względna w wymaganej pojemności użytkowej zbiornika ZR2		
	(1)	(2)	(3)	(2) - (1)	(3) - (1)	(3) - (2)	$\frac{(2)-(1)}{(1)}$	$\frac{(3)-(1)}{(1)}$	$\frac{(3)-(2)}{(2)}$
$[\text{dm}^3/\text{s}]$	$[\text{m}^3]$	$[\text{m}^3]$	$[\text{m}^3]$	$[\text{m}^3]$	$[\text{m}^3]$	$[\text{m}^3]$	$[\%]$	$[\%]$	$[\%]$
950	58,41	240,69	243,97	182,28	185,56	3,28	312,07	317,69	1,36
850	151,41	384,17	388,07	232,76	236,66	3,9	153,73	156,30	1,02
750	293,55	582,75	587,49	289,2	293,94	4,74	98,52	100,13	0,81
650	502,41	866,05	872,7	363,64	375,69	6,65	72,38	74,78	0,77
550	799,6	1263,86	1273,34	464,26	473,74	9,48	58,06	59,25	0,75
450	1222,9	1732,8	1741,56	509,9	518,66	8,76	41,70	42,41	0,51
350	1802,04	2255,6	2257,66	453,56	455,62	2,06	25,17	25,28	0,09
250	2624,31	2922,95	2923,99	298,64	299,68	1,04	11,38	11,42	0,04

Tabela 7. Różnice w wymaganej pojemności użytkowej zbiornika ZR2, przy odpływie ścieków ze zbiornika ZR1 o $QO_{ZR1} = 750 \text{ dm}^3/\text{s}$

Table 7. Percentage differences in cubic capacity of reservoir ZR2 at outflow from reservoir ZR1 $QO_{ZR1} = 750 \text{ dm}^3/\text{s}$

Maksymalne natężenie odpływu ścieków ze zbiornika ZR2, QO_{ZR2}	Wymagana pojemność użytkowa zbiornika ZR2 przy układzie hydraulicznym zbiornika retencyjnego ZR1			Różnica w wymaganej pojemności użytkowej zbiornika ZR2			Różnica względna w wymaganej pojemności użytkowej zbiornika ZR2		
	(1)	(2)	(3)	(2) - (1)	(3) - (1)	(3) - (2)	$\frac{(2)-(1)}{(1)}$	$\frac{(3)-(1)}{(1)}$	$\frac{(3)-(2)}{(2)}$
$[\text{dm}^3/\text{s}]$	$[\text{m}^3]$	$[\text{m}^3]$	$[\text{m}^3]$	$[\text{m}^3]$	$[\text{m}^3]$	$[\text{m}^3]$	$[\%]$	$[\%]$	$[\%]$
950	326,54	519,66	538,98	193,12	212,44	19,32	59,14	65,06	3,72
850	499,91	706,4	718,66	206,49	218,75	12,26	41,31	43,76	1,74
750	713,47	914,58	923,41	201,11	209,94	8,83	28,19	29,43	0,97
650	973,54	1157,89	1159,96	184,35	186,42	2,07	18,94	19,15	0,18
550	1285,88	1439,48	1440,97	153,6	155,09	1,49	11,95	12,06	0,10
450	1677,51	1797,31	1798,35	119,8	120,84	1,04	7,14	7,20	0,06
350	2169,8	2257,09	2257,68	87,29	87,88	0,59	4,02	4,05	0,03
250	2864,42	2924,15	2924,56	59,73	60,14	0,41	2,09	2,10	0,01

Analizując działanie zbiornika ZR1 przy odpływie $QO_{ZR1} = 750 \text{ dm}^3/\text{s}$ ustalono sytuację odwrotną niż miała miejsce przy $QO_{ZR1} = 150 \text{ dm}^3/\text{s}$. W tym przypadku najniższe wartości miarodajnego czasu trwania deszczu dla całego zakresu natężenia odpływu ścieków QO_{ZR2} ze zbiornika ZR2 obserwuje się, gdy zbiornik retencyjny ZR1 działa w systemie jednokomorowym (1).

Opierając się na wynikach badań symulacyjnych sieci w dwóch zlewniach posiadających kanalizację deszczową a na wylotach zbiorniki retencyjne należy stwierdzić, że na wartość miarodajnego czasu trwania deszczu do wymiarowania zbiornika ZR2 usytuowanego niżej w systemie kanalizacyjnym wpływa zarówno układ hydrauliczny, jak i maksymalna przyjęta wartość natężenia odpływu ścieków ze zbiornika ZR1 zlokalizowanego na końcu zlewni F1.

3.3. Układ hydrauliczny a czas odpływu ścieków

Do badań celowo przyjęto zlewnie i układ sieci deszczowej taki, aby ścieki odpływające ze zbiornika ZR1 miały udział w bilansie ścieków dopływających do zbiornika ZR2. Otrzymane różnice w pojemności użytkowej zbiornika retencyjnego ZR2 wynikają z odmiennego przebiegu natężenia odpływu ścieków ze zbiornika ZR1. Charakterystyka odpływu ścieków ze zbiornika ZR1 w postaci hydrogramu odpływu zależy przede wszystkim od jego układu hydraulicznego. Przebieg zmienności natężenia odpływu ścieków ze zbiornika ZR1 w kierunku komory przepływowej zbiornika ZR2 przy uwzględnieniu różnych układów hydraulicznych zbiornika ZR1, biorąc pod uwagę odmienne warianty projektowe badanej sieci kanalizacyjnej przedstawiono na rysunku 2.

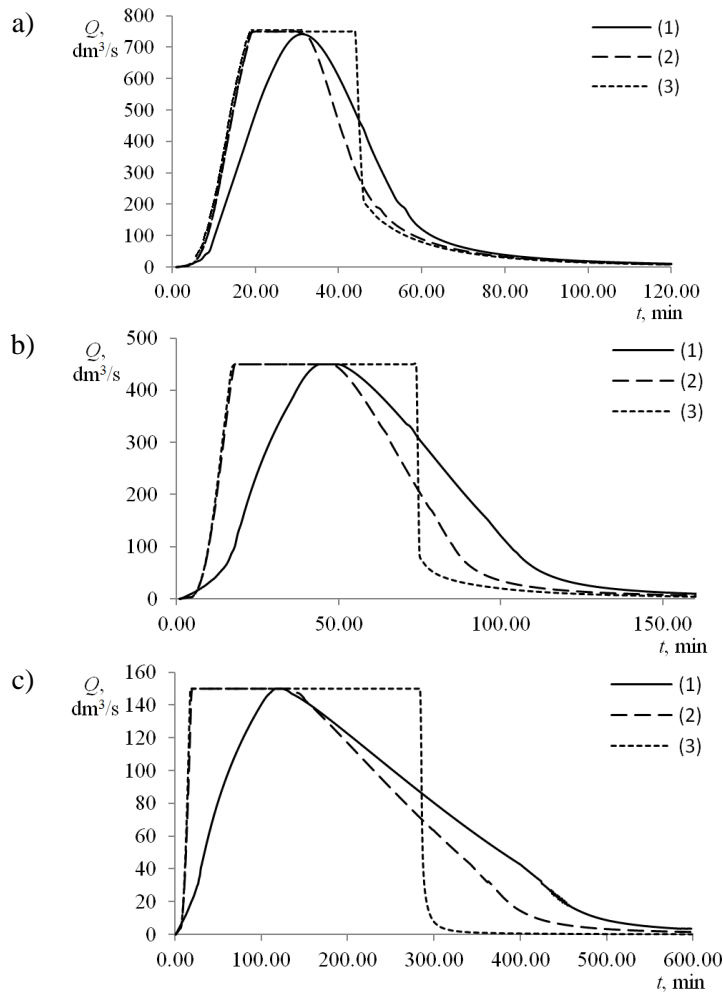
Jak wykazano istnieje wiele kryteriów, które w zróżnicowanym stopniu wpływają na wybór wymaganej pojemności użytkowej zbiorników zlokalizowanych na końcu zlewni górnej F1 i dolnej zlewni F2.

Analizując krzywe zamieszczone na rysunku 2 można wykazać, że najkrótszym czasem odpływu ścieków charakteryzuje się zbiornik grawitacyjno-pompowy. Zastosowanie w zbiorniku górnym ZR1 układu hydraulicznego o wysokiej efektywności ((2) i (3)) zapewni odpływ ścieków z tych zbiorników na ustalonym stałym poziomie, praktycznie prawie w całym okresie ich retencji, gdy natężenie dopływu będzie równe lub większe od natężenia ich odpływu.

Okazuje się, że większy odpływ ścieków ze zbiornika górnego ZR1 będzie skutkował zwiększeniem wymaganej kubatury zbiornika zlokalizowanego poniżej ZR2, co przedstawiają wyniki symulacji zamieszczone w tabelach od 2 do 7. Natomiast co było do przewidzenia, zastosowanie układu hydraulicznego zbiornika jednokomorowego, pomimo że odzwierciedla najdłuższy czas odpływu z niego ścieków, to jednak korzystnie oddziałuje na ich akumulację w zbiorniku ZR2, gdyż osiąga on mniejszą wymaganą pojemność użytkową.

Przy współdziałaniu sieci kanalizacyjnej z więcej niż jednym zbiornikiem retencyjnym, wymiernym parametrem decydującym o efektywności systemu kanalizacyjnego jest całkowita pojemność retencyjna wszystkich zbiorników

wchodzących w jego skład. W tabelach 8, 9 i 10 przedstawiono sumaryczną pojemność użytkową zbiorników ZR1 i ZR2 uzyskaną przy wszystkich przyjętych wariantach projektowych.



Rys. 2. Hydrogramy odpływu ścieków ze zbiornika górnego ZR1 przy: a) maksymalnej wartości odpływu ścieków $QO_{ZR1} = 750 \text{ dm}^3/\text{s}$ i czasie trwania deszczu $t_d = 30 \text{ min}$, b) maksymalnej wartości odpływu ścieków $QO_{ZR1} = 450 \text{ dm}^3/\text{s}$ i czasie trwania deszczu $t_d = 50 \text{ min}$, c) maksymalnej wartości odpływu ścieków $QO_{ZR1} = 150 \text{ dm}^3/\text{s}$ i czasie trwania deszczu $t_d = 120 \text{ min}$: 1 - układ hydrauliczny zbiornika jako grawitacyjny jednokomorowy ZK, 2 - układ hydrauliczny zbiornika jako grawitacyjny wielokomorowy ZWG, 3 - układ hydrauliczny zbiornika jako grawitacyjno-pompowy ZWGP

Fig. 2. Hydrographs of wastewater outflow from reservoir ZR1 at: a) maximum outflow $QO_{ZR1} = 750 \text{ dm}^3/\text{s}$ and duration of rainfall $t_d = 30 \text{ min}$, b) maximum outflow $QO_{ZR1} = 450 \text{ dm}^3/\text{s}$ and duration of rainfall $t_d = 50 \text{ min}$, c) maximum outflow $QO_{ZR1} = 150 \text{ dm}^3/\text{s}$ and duration of rainfall $t_d = 120 \text{ min}$: 1 - gravitational one-chamber reservoir ZK, 2 - gravitational multi-chamber reservoir ZWG, 3 - gravity-pump multi-chamber reservoir ZWGP

Z porównania wyników badań zamieszczonych w tabelach od 8 do 10 wynika, że układ hydrauliczny zbiornika ZR1, który wymaga z reguły najmniejszej wymaganej pojemności użytkowej jest zbiornik z układem grawitacyjnym wielokomorowym (2). Tylko w trzech wariantach projektowych zastosowanie w zbiorniku ZR1 układu hydraulicznego jednokomorowego pozwoliło osiągnąć najmniejszą łączną pojemność użytkową układu zbiorników retencyjnych ZR1 i ZR2 (tabela 9).

Ustalono różnice procentowe w pojemności użytkowej układu zbiorników retencyjnych przy uwzględnieniu 72 różnych wariantów projektowych mieszczą się w przedziale od 0,01 % do 23,31 %.

Najmniejszą różnicę w sumarycznej pojemności użytkowej zbiorników zlokalizowanych na założonych zlewniach zaobserwowano porównując ze sobą układy hydrauliczne (2) i (3) w zbiorniku ZR1, gdy odpływ ścieków ze zbiorników był równy kolejno $QO_{ZR1} = 750 \text{ dm}^3/\text{s}$ i $QO_{ZR2} = 250 \text{ dm}^3/\text{s}$. Natomiast największą różnicę w wymaganej kubaturze użytkowej układu zbiorników retencyjnych zauważono zestawiając ze sobą układy hydrauliczne (1) i (2) w zbiorniku ZR1, gdy maksymalna ilość odpływających ścieków ze zbiorników wynosiła odpowiednio $QO_{ZR1} = 150 \text{ dm}^3/\text{s}$ i $QO_{ZR2} = 950 \text{ dm}^3/\text{s}$. Z kolei różnice w pojemności użytkowej układu zbiorników retencyjnych wyrażone w metrach sześciennych zawierają się w przedziale od 0,41 do $415,54 \text{ m}^3$.

Tabela 8. Całkowita pojemność użytkowa układu zbiorników retencyjnych ZR1 i ZR2 przy $QO_{ZR1} = 150 \text{ dm}^3/\text{s}$ i zmiennych odpływach QO_{ZR2}

Table 8. The total usable cubic capacity of reservoirs ZR1 and ZR2 at $QO_{ZR1} = 150 \text{ dm}^3/\text{s}$ and variable outflows QO_{ZR2}

Maksymalne natężenie odpływu ścieków ze zbiornika ZR2, QO_{ZR2}	Wymagana pojemność użytkowa układu zbiorników retencyjnych przy różnym układzie hydraulicznym zbiornika retencyjnego ZR1			Różnica w wymaganej pojemności użytkowej układu zbiorników retencyjnych ZR1 i ZR2			Różnica względna w wymaganej kubaturze użytkowej układu zbiorników retencyjnych ZR1 i ZR2		
	(1)	(2)	(3)	(2) - (1)	(3) - (1)	(3) - (2)	$\frac{(2)-(1)}{(1)}$	$\frac{(3)-(1)}{(1)}$	$\frac{(3)-(2)}{(2)}$
[dm ³ /s]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[%]	[%]	[%]
950	1783,05	1367,51	1369,51	-415,54	-413,54	2,00	-23,31	-23,19	0,15
850	1808,85	1429,50	1431,87	-379,35	-376,98	2,37	-20,97	-20,84	0,17
750	1866,42	1516,40	1519,14	-350,02	-347,28	2,74	-18,75	-18,61	0,18
650	1952,01	1632,05	1635,04	-319,96	-316,97	2,99	-16,39	-16,24	0,18
550	2071,94	1787,65	1791,17	-284,29	-280,77	3,52	-13,72	-13,55	0,20
450	2247,52	2006,73	2010,43	-240,79	-237,09	3,70	-10,71	-10,55	0,18
350	2510,98	2334,10	2338,64	-176,88	-172,34	4,54	-7,04	-6,86	0,19
250	2989,01	2994,85	2998,35	5,84	9,34	3,50	0,20	0,31	0,12

Tabela 9. Całkowita pojemność użytkowa układu zbiorników retencyjnych ZR1 i ZR2 przy $QO_{ZR1} = 450 \text{ dm}^3/\text{s}$ i zmiennych odpływach QO_{ZR2}

Table 9. The total capacity of reservoirs ZR1 and ZR2 at $QO_{ZR1} = 450 \text{ dm}^3/\text{s}$ and variable outflows QO_{ZR2}

Maksymalne natężenie odpływu ścieków ze zbiornika ZR2, QO_{ZR2}	Wymagana pojemność użytkowa układu zbiorników retencyjnych przy różnym układzie hydraulicznym zbiornika retencyjnego ZR1			Różnica w wymaganej pojemności użytkowej układu zbiorników retencyjnych ZR1 i ZR2			Różnica względna w wymaganej kubaturze użytkowej układu zbiorników retencyjnych ZR1 i ZR2		
	(1)	(2)	(3)	(2) - (1)	(3) - (1)	(3) - (2)	$\frac{(2)-(1)}{(1)}$	$\frac{(3)-(1)}{(1)}$	$\frac{(3)-(2)}{(2)}$
[dm ³ /s]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[%]	[%]	[%]
950	840,56	658,25	661,53	-182,31	-179,03	3,28	-21,69	-21,30	0,50
850	933,56	801,73	805,63	-131,83	-127,93	3,90	-14,12	-13,70	0,49
750	1075,70	1000,31	1005,05	-75,39	-70,65	4,74	-7,01	-6,57	0,47
650	1284,56	1283,61	1295,66	-0,95	11,10	12,05	-0,07	0,86	0,94
550	1581,75	1681,42	1690,90	99,67	109,15	9,48	6,30	6,90	0,56
450	2005,05	2150,36	2159,12	145,31	154,07	8,76	7,25	7,68	0,41
350	2584,19	2673,16	2675,22	88,97	91,03	2,06	3,44	3,52	0,08
250	3406,46	3340,51	3341,55	-65,95	-64,91	1,04	-1,94	-1,91	0,03

Tabela 10. Całkowita pojemność użytkowa układu zbiorników retencyjnych ZR1 i ZR2 przy $QO_{ZR1} = 750 \text{ dm}^3/\text{s}$ i zmiennych odpływach QO_{ZR2}

Table 10. The total capacity of reservoirs ZR1 and ZR2 at $QO_{ZR1} = 750 \text{ dm}^3/\text{s}$ and variable outflows QO_{ZR2}

Maksymalne natężenie odpływu ścieków ze zbiornika ZR2, $Q_{odp,ZR2}$	Wymagana pojemność użytkowa układu zbiorników retencyjnych przy różnym układzie hydraulicznym zbiornika retencyjnego ZR1			Różnica w wymaganej pojemności użytkowej układu zbiorników retencyjnych ZR1 i ZR2			Różnica względna w wymaganej kubaturze użytkowej układu zbiorników retencyjnych ZR1 i ZR2		
	(1)	(2)	(3)	(2) - (1)	(3) - (1)	(3) - (2)	$\frac{(2)-(1)}{(1)}$	$\frac{(3)-(1)}{(1)}$	$\frac{(3)-(2)}{(2)}$
[dm ³ /s]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[%]	[%]	[%]
950	693,82	629,70	649,02	-64,12	-44,80	19,32	-9,24	-6,46	3,07
850	867,19	816,44	828,70	-50,75	-38,49	12,26	-5,85	-4,44	1,50
750	1080,75	1024,62	1033,45	-56,13	-47,30	8,83	-5,19	-4,38	0,86
650	1340,82	1267,93	1270,00	-72,89	-70,82	2,07	-5,44	-5,28	0,16
550	1653,16	1549,52	1551,01	-103,64	-102,15	1,49	-6,27	-6,18	0,10
450	2044,79	1907,35	1908,39	-137,44	-136,40	1,04	-6,72	-6,67	0,05
350	2537,08	2367,13	2367,72	-169,95	-169,36	0,59	-6,70	-6,68	0,02
250	3231,70	3034,19	3034,60	-197,51	-197,10	0,41	-6,11	-6,10	0,01

4. Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych badań modelowych pozwalają na sformułowanie szeregu istotnych wniosków o znaczeniu ogólnym i praktycznym. W wyniku przeprowadzonych symulacji wykazano, że układ hydrauliczny zbiornika retencyjnego ZR1 zlokalizowanego powyżej na sieci ma bezpośredni wpływ na wymaganą pojemność użytkową zbiornika retencyjnego ZR2 zlokalizowanego poniżej. Na podstawie wyników symulacji komputerowych, że zbiornik ZR2 osiąga najmniejszą pojemność użytkową, gdy zbiornik górny ZR1 jest jednokomorowy. Zależność ta występuje dla całego zakresu zmiennych wartości natężenia odpływu ścieków ze zbiornika dolnego ZR2. Ponadto, im większą wartość przyjmuje natężenie odpływu ścieków ze zbiornika dolnego ZR2, tym różnica względna w wymaganej pojemności użytkowej tego zbiornika pomiędzy analizowanymi trzema odmiennymi układami hydraulicznymi w zbiorniku górnym staje się większa.

W pracy wykazano także, że układ hydrauliczny w zbiorniku górnym ZR1 wpływa bezpośrednio na miarodajny (krytyczny) czas trwania deszczu ustalany do wymiarowania zbiornika dolnego ZR2. Udowodniono, że najkrótszy czas miarodajny do wymiarowania zbiornika dolnego ZR2 może wystąpić przy wszystkich układach hydraulicznych zbiornika górnego i jest zależna od wartości parametrów charakteryzujących zredukowany odpływ ścieków ze zbiorników zlokalizowanych na sieci kanalizacyjnej.

W pracy wykazano również, że prowadząc optymalizację układu zbiorników retencyjnych należy uwzględniać oddziaływanie modeli hydraulicznych zbiorników górnych na pojemność użytkową zbiornika dolnego. Na podstawie przeprowadzonych badań ustalono, że zastosowanie w zbiorniku górnym konstrukcji grawitacyjnej wielokomorowej pozwala na osiągnięcie w zdecydowanej większości przypadków najmniejszej łącznej pojemności użytkowej układu zbiorników retencyjnych.

Przeprowadzone badania potwierdzają słuszność postawionej tezy oraz umacniają w przekonaniu, że wymiarowanie układu zbiorników retencyjnych na sieci kanalizacyjnej jest zadaniem złożonym i wymaga uwzględnienia szczegółowych obliczeń i badań symulacyjnych w warunkach dynamicznych. Zakres ten obejmuje badanie przebiegu zjawisk obejmujących między innymi charakterystykę opadu, zlewni i kanalizacji, modelowanie przepływu w sieci i w zbiornikach retencyjnych o różnych układach hydraulicznych w celu wyboru optymalnego wariantu projektowego.

Literatura

- [1] Błaszczyk W., Stamatello P., Roman M.: Kanalizacja T1, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1974.
- [2] Bolt A., Burszta-Adamiak E., i inni.: Kanalizacja. Projektowanie, wykonanie,

- eksploatacja, Wydawnictwo Seidel – Przywecki, 2012.
- [3] Dziopak J.: Analiza teoretyczna i modelowanie wielokomorowych zbiorników kanalizacyjnych, Monografia 125, Wyd. Politechniki Krakowskiej, Kraków 1992.
- [4] Dziopak J., Słyś D.: Modelowanie zbiorników klasycznych i grawitacyjno-pompowych w kanalizacji, Oficyna Wydawnicza PRz, Rzeszów 2007.
- [5] Dziopak J., Starzec M.: Wpływ kierunku i prędkości fali deszczu na kubaturę użytkową wielokomorowych zbiorników retencyjnych, Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury JCEEA, nr 61 (3-1-14), 2014, s. 83-93.
- [6] Kisiel A.: Przegląd najnowszych rozwiązań zbiorników kanalizacyjnych. Część I - Zbiorniki retencyjne, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, Wydawnictwo SIGMA-NOT, nr 5, Warszawa 2000, s. 182-186.
- [7] Kordana S., Słyś D.: Analiza kosztów cyklu życia skrzynek rozsączających, Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury JCEEA, nr 61 (3/I/14), 2014, s. 127-139.
- [8] Pochwat K.: Analysis of critical rainfall for dimensioning of sewage networks and storage reservoirs, IX Karpat - Medencei Kornyeztudományi Konferencia, 2013, s. 453- 458.
- [9] Słyś D., Stec A.: Effect of development of the town of Przemyśl on the operation of its sewerage system, Ecological Chemistry and Engineering S, no. 20(2), 2013, s. 381-396.

INFLUENCE OF HYDRAULIC MODEL OF RESERVOIR ON THE REQUIRED USABLE CAPACITY OF THE SYSTEM OF STORAGE RESERVOIRS IN SEWAGE SYSTEM

S u m m a r y

The aim of this article is to determine the effect of the hydraulic system used in storage reservoir located at the end of the catchment area situated above on the required usable cubic capacity of multi-storage reservoir located at the end of the catchment area located below. Simulations of flow and accumulation of sewage were made for model catchment using hydrodynamic program SWMM 5.1. The results of model tests have shown that the hydraulic system of reservoir ZR1 located above in sewage network has a decisive influence on the determination of the required usable volume of storage reservoir ZR2 located lower in the network. Comparing the results of the research it has been shown that the reservoir ZR2 has the smallest usable capacity, while the upper reservoir ZR1 has a single chamber hydraulic system. The obtained differences in the retention capacity of the lower reservoir ZR2 reach tens of percent, and in extreme cases, much more. The relationship observed for a wide range of variable intensity of the effluent from reservoirs ZR1 ZR2 was established.

Keywords: rainwater drainage, reservoirs, hydraulic systems, dimensioning

DOI: 10.7862/rb.2016.153

Przesłano do redakcji: 01.05.2016 r.

Przyjęto do druku: 28.06.2016 r.