

## RETENCJONOWANIE WÓD OPADOWYCH NA TERENACH SILNIE UPRZEMYSŁOWIONYCH

Bartosz Kaźmierczak<sup>1</sup>, Marcin Wdowikowski<sup>2</sup>, Monika Nowakowska<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Politechnika Wrocławska, Wydział Inżynierii Środowiska, Katedra Wodociągów i Kanalizacji, Wybrzeże S. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, e-mail: bartosz.kaźmierczak@pwr.edu.pl, monika.nowakowska@pwr.edu.pl.

<sup>2</sup> Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowy Instytut Badawczy, ul Podleśna 61, 01-673 Warszawa, e-mail: marcin.wdowikowski@imgw.pl.

### STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono metodę wskaźnikową wymiarowania zbiorników retencyjnych wg niemieckiej wytycznej DWA-A 117, zalecaną dla małych zlewni deszczowych (o powierzchni do 200 ha). Przeprowadzono porównawcze obliczenia objętości użytkowej przelewowych zbiorników retencyjnych dla 4 wariantów zagospodarowania zlewni (stopnia uszczelniania powierzchni, od 60% do 90%), przy założonym odpływie ścieków ze zbiornika na poziomie spływu naturalnego ze zlewni. Dla zadanych warunków wyznaczono niezbędne objętości jednostkowe zbiorników retencyjnych, od 145,4 m<sup>3</sup> do 206,7 m<sup>3</sup> – na 1 ha powierzchni zlewni. Uzyskane wyniki potwierdzają fakt zaniżania objętości użytkowej zbiorników, w przypadku stosowania do obliczeń miarodajnych strumieni ścieków deszczowych wzoru Błaszczyka. Ponieważ metoda wg wytycznej DWA-A 117 ma zastosowanie dla małych zlewni, zaleca się obecnie weryfikację przepustowości hydraulicznej zwymiarowanych kanałów i obiektów na drodze symulacji hydrodynamicznych, przy różnych scenariuszach obciążenia zlewni opadami, zmiennymi w czasie i przestrzeni.

**Słowa kluczowe:** odwadnianie terenów, kanalizacja deszczowa, zbiornik retencyjny

### RAINWATER RETENTION ON THE HEAVILY INDUSTRIALIZED AREAS

#### ABSTRACT

The paper presents the dimensioning of retention reservoirs indicator method regarding to the German DWA-A 117 guideline, recommended for small rainfall catchments (with an area of 200 ha). A comparative calculation of the retention reservoirs overflow useful volume were conducted for 4 variants of catchment development (degree sealing surface varied from 60% to 90%), under the assumed sewage outflow from the tank at the level of the urban basin natural runoff. At given conditions required unit volume of retention reservoirs, from 145,4 m<sup>3</sup> to 206,7 m<sup>3</sup> for each 1 ha of catchment area were determined. The obtained results confirmed the fact that useful volume of the tanks were decreased, when Błaszczyk's pattern reliable rainwater streams were used for calculations. Because the DWA-A 117 guideline method should be applied to a small rainfall catchments, it is recommended to verify the hydraulic capacity of dimensioned channels and objects using hydrodynamic simulations at different load of rainfall catchment scenarios, variable in time and space.

**Keywords:** drainage areas, storm water drainage, retention reservoir

#### WSTĘP

Problematyka odprowadzania wód opadowych z terenów zurbanizowanych nabrała w ostatnich latach szczególnego znaczenia. Z jednej strony, postępujące wciąż uszczelnianie powierzchni terenu powoduje zwiększenie

współczynników spływów wód opadowych, co w rezultacie doprowadza do przeciążenia hydraulicznego systemów kanalizacji deszczowej czy ogólnospławnej [Kotowski 2015a]. Z drugiej strony, coraz więcej uwagi poświęca się zachodzącym zmianom klimatu, zwłaszcza w kontekście zwiększenia się intensywności opadów,

co nie pozostaje bez wpływu na niezawodność funkcjonowania wybudowanych już systemów kanalizacyjnych [Willems 2011, Siekmann i Pinnekamp 2011, Dąbrowski i Dąbrowska 2012, Kaźmierczak i Kotowski 2014]. Zarówno postępująca urbanizacja, jak i zmiany klimatyczne, mają negatywny wpływ na sprawność funkcjonowania systemów kanalizacyjnych, powodując coraz częstsze ich przeciążenia, prowadzące do wylewów z kanałów i powodzi miejskich [Kotowski 2013].

Europejska norma PN-EN 752 [2008] limituje dopuszczalną częstość wylewów, od raz na 10 lat do raz na 50 lat – w zależności od rodzaju zagospodarowania terenu (tab. 1).

W efekcie postępującej urbanizacji i zmian klimatu zapewnienie tak rzadkiej częstości wylewów jest dużym wyzwaniem. W Polsce większość systemów kanalizacji deszczowej i ogólnospławnej zostało zaprojektowanych i wybudowanych w ubiegłym stuleciu, w oparciu o nieaktualny już model opadów Błazczyka [Kaźmierczak i Kotowski 2011, Kotowski i in. 2010], jak i z wykorzystaniem niezalecanej obecnie do wymiarowania średnic kanałów metody granicznych natężeń (MGN) [Kotowski 2015a]. W rezultacie systemy te nie są dostosowane do restrykcyjnych wymagań obecnej normy PN-EN 752.

Specyficzna sytuacja występuje na podmiejskich terenach rolnych, przekształcanych na tereny przemysłowe. Przykładem takich terenów są specjalne strefy ekonomiczne (SSE), funkcjonujące w Polsce - na podstawie ustawy z 20 października 1994 roku. Pierwszą polską strefą była utworzona w 1995 roku SSE EURO-PARK MIELEC. Na dzień 31 grudnia 2014 roku, SSE obejmowała tereny zlokalizowane w 162 miastach

i 232 gminach, o łącznej powierzchni 18133 ha. Tereny te odwadniane są zazwyczaj przy pomocy rowów melioracyjnych, wymiarowanych na spływ powierzchniowy jak w przypadku terenów rolnych. Tereny przemysłowe charakteryzują się natomiast bardzo dużymi stopniami uszczelnienia powierzchni, często na poziomie dochodzącym nawet do 90%. W rezultacie na terenach tych występuje bardzo duży, natychmiastowy spływ powierzchniowy wód opadowych. Uniemożliwia to ich bezpośrednie odprowadzenie do wspomnianych rowów melioracyjnych, gdyż mogłoby to doprowadzić do lokalnych podtopień, uszkodzeń przepustów drogowych itd. W celu zapewnienia odpowiedniego standardu odwodnienia takich terenów (tab. 1) stosuje się zbiorniki retencyjne, które pozwalają odciążyć hydraulicznie odbiorniki – poprzez redukcję strumieni odprowadzanych ścieków opadowych [Dziopak i Słyś 2007, Kotowski 2015b].

## Wymiarowanie zbiorników retencyjnych

Do wymiarowania systemów odwodnień terenów w Polsce zalecana jest obecnie metoda maksymalnych natężeń (MMN) [Kotowski 2015a]. Zastosowanie mają tutaj probabilistyczne modele opadów maksymalnych, jak model Bogdanowicz-Stachy o ogólnopolskim zasięgu, który powstał na podstawie pomiarów deszczy na 20 stacjach IMGW-PIB w latach 1960–1990 [Bogdanowicz i Stachy 1998], czy też modele lokalne, jak np. model dla Wrocławia, opracowany na podstawie pomiarów deszczy w okresie 1960–2009 na stacji IMGW-PIB Wrocław-Strachowice, postaci [Kotowski i Kaźmierczak 2013]:

$$h_{\max} = -4,58 + 7,41t^{0,242} + (97,11t^{0,0222} - 98,68)(-\ln p)^{0,809} \quad (1)$$

gdzie:  $h_{\max}$  – maksymalna wysokość opadu, mm;  $t$  – czas trwania deszczu:  $t \in [5; 4320]$  min;  
 $p$  – prawdopodobieństwo przewyższenia opadu:  $p = 1/C \in [1; 0,01]$ .

**Tabela 1.** Zalecane częstości projektowe deszczu i dopuszczalne częstości wystąpienia wylewów z kanałów wg PN-EN 752 [2008]

**Table 1.** Recommended designing rain frequency and acceptable incidence of outpouring from drainage system channels PN-EN 752 [2008]

Rodzaj zagospodarowania terenu	Częstość deszczu obliczeniowego [1 raz na C lat]	Częstość wystąpienia wylewów [1 raz na C lat]
Tereny wiejskie	1 na 1	1 na 10
Tereny mieszkaniowe	1 na 2	1 na 20
Centra miast, tereny usług i przemysłu	1 na 5	1 na 30
Podziemne obiekty komunikacyjne, przejścia i przejazdy pod ulicami, itp.	1 na 10	1 na 50

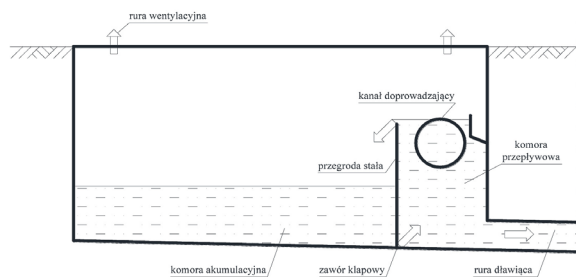
Miarodajny do wymiarowania sieci i obiektów (w tym zbiorników retencyjnych) strumień  $Q$  ścieków opadowych (w  $\text{dm}^3/\text{s}$ ), wg metody MMN, wynosi [Kotowski 2015a]:

$$Q = q_{\max} \psi_s F = q_{\max} F_{zr} \quad (2)$$

gdzie:  $q_{\max} = 166,7 h_{\max} / t$  – maksymalne jednostkowe natężenie deszczu dla czasu trwania  $t$  równego czasowi przepływu ścieków  $t_p$  w kanale ( $t = t_p$ ),  $\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$ ;  $\psi_s$  – szczytowy (maksymalny) współczynnik spływu, zależny od stopnia uszczelnienia terenu, spadków powierzchni i częstości występowania opadu, -;  $F$  – powierzchnia zlewni deszczowej, ha,  $F_{zr}$  – zredukowana (szczelna) powierzchnia zlewni deszczowej, ha.

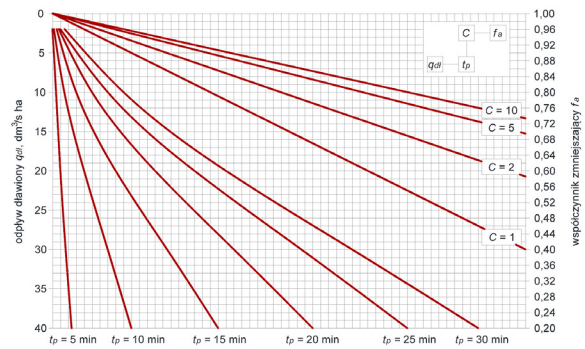
Grawitacyjne zbiorniki retencyjne ze względu na zasadę działania podzielić można na dwa rodzaje: przepływowe (klasyczne, najczęściej jednokomorowe) oraz przelewowe (nowej generacji, najczęściej dwukomorowe). Przelewowe zbiorniki retencyjne (rys. 1) wyposażone są w komorę przepływową z dławionym odpływem, oddzieloną od komory akumulacyjnej pionową przegrodą z bocznym przelewem – w części górnej i zaworem klapowym – przy dnie zbiornika. Zbiornik przelewowy cechuje się przede wszystkim mniejszą objętością użytkową komory retencyjnej w porównaniu do zbiornika przepływowego, poprzez wymuszenie maksymalnej wartości strumienia odpływowego w całym okresie napełniania się komory retencyjnej [Kotowski i in. 2009].

Zastosowana w pracy metoda wymiarowania zbiorników retencyjnych, wg niemieckiej wytycznej DWA-A 117 [2006], powstała w wyniku statystycznego uogólnienia szeregów czasowych opadów z 10 różnych miast niemieckich,



Rys. 1. Schemat ideowy dwukomorowego zbiornika przelewowego

Fig. 1. Schematic diagram of the two-chamber overflow tank



Rys. 2. Nomogram do odczytu wartości współczynnika redukcyjnego  $f_a$  wg DWA-A 117 [2006]

Fig. 2. The nomogram of the reducing coefficient value  $f_a$  according to DWA-A 117 [2006]

z uwzględnieniem ryzyka przewyższenia obliczanej objętości zbiornika, w zakresie częstości opadów  $C \in [1; 10]$  lat. Według tej metody, objętość użytkową  $V_u$  (w  $\text{m}^3$ ) zbiornika ścieków deszczowych z dławionym odpływem określić można z wzoru:

$$V_u = V_j \cdot F_{zr} = 0,06 \cdot [q_{\max} - q_{dl}] \cdot t \cdot f_a \cdot f_z \cdot F_{zr} \quad (3)$$

gdzie:  $V_j$  – wskaźnik jednostkowej objętość retencyjnej zbiornika – odniesiony do zredukowanej powierzchni  $F_{zr}$  (ha) zlewni,  $\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$ ;  $q_{\max}(t)$  – maksymalne jednostkowe natężenie deszczu o czasie trwania  $t$  (minut) i częstości występowania  $C$  (lat),  $\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$ ;  $q_{dl}$  – jednostkowy dławiony odpływ ze zbiornika,  $\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$ ;  $f_a$  – współczynnik opóźnienia (redukcji), zależny od czasu przepływu w sieci  $t_p$  (minut) i częstości występowania deszczu  $C$  (lat):  $f_a \leq 1$ ;  $f_z$  – współczynnik ryzyka przewyższenia obliczanej objętości:  $f_z \in [1,1; 1,2]$ .

Wartość współczynnika zmniejszającego  $f_a$  dla czasu przepływu  $t_p \in [5; 30]$  min i częstości występowania deszczu  $C \in [1; 10]$  lat określić można z rysunku 2.

Metoda wg wytycznej DWA-A 117 ma zastosowanie dla małych zlewni o powierzchni do 200 ha. W przypadku dużych zlewni objętość użytkową zbiornika można ustalić jedynie na podstawie badań symulacyjnych, opartych na rzeczywistej charakterystyce hydrologicznej danej zlewni oraz charakterystyce hydraulicznej analizowanego systemu odwodnieniowego, uwzględniając zmiany w czasie zasięgu opadu oraz jego natężenia [Kaźmierczak i Kotowski 2012, Słyś i Stec 2012, Zawilski i Sakson 2010].

## Niezbędna objętość zbiorników retencyjnych

Na potrzeby pracy obliczono niezbędne jednostkowe objętości zbiorników retencyjnych (w przeliczeniu na 1 ha powierzchni zlewni) na terenach przemysłowych, przy założeniu, że tereny te zostały przekształcone z terenów wiejskich i odwadniane są przy pomocy rowów melioracyjnych. Przyjęto 4 warianty stopnia uszczelniania powierzchni – od 60% do 90%.

Główne parametry, determinujące objętość zbiorników retencyjnych, to 2 strumienie - dopływających ścieków opadowych i dławionego odpływu. Pierwszy zależy przede wszystkim (poza natężeniem deszczu) od szczytowego współczynnika spływu, drugi natomiast od uzyskanego pozwolenia wodno-prawnego na odprowadzanie wód opadowych. Pozwolenia wodno-prawne mają m.in. na celu ochronę wód odbiornika przed przeciążeniem hydraulicznym.

Natężenie deszczu projektowego dla terenów przemysłowych wynosi wg wzoru (1)  $q = 180,3 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$  – dla czasu trwania opadu  $t = 15 \text{ min}$  i powtarzalności deszczu  $C = 5 \text{ lat}$  (wg tab. 1). Przyjmując, że dławiony odpływ ze zbiornika, wg pozwolenia wodno-prawnego, będzie na poziomie naturalnego spływu wód deszczowych, wówczas dla współczynnika spływu  $\psi = 0,10$  wyniesie to  $18,0 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$ . Pozostały strumień wód opadowych należy zretencjonować w zbiornikach, których objętość w głównej mierze zależy będzie od zagospodarowania terenu. Zaproponowano 4 warianty zagospodarowania terenu do obliczeń niezbędnej - jednostkowej objętości zbiorników retencyjnych (odniesionej do 1 ha powierzchni zlewni deszczowej), zestawione w tab. 2.

Do obliczeń jednostkowej objętości zbiorników retencyjnych, wg metody wskaźnikowej DWA-A 117, przyjęto następujące parametry: częstość deszczu obliczeniowego  $C = 5 \text{ lat}$ , współczynnik redukcyjny  $f_a = 0,98$  (wg rys. 2), współ-

czynnik ryzyka przewyższenia obliczanej objętości:  $f_z = 1,2$  – wg zaleceń [Merkblatt Nr. 4.3/9]. Wyniki wymiarowania zbiornika zamieszczono w tabeli 3.

Z wariantowych obliczeń wynika (tab. 3), że dla założonych warunków, niezbędna jednostkowa objętość zbiorników retencyjnych – w odniesieniu do 1 ha powierzchni zlewni deszczowej wynosi: od  $145,4 \text{ m}^3$  (wariant I) do  $206,7 \text{ m}^3$  (wariant IV), przy jednostkowej objętości zbiornika  $240,4 \text{ m}^3/\text{ha}$  zr. – czyli odniesionej do 1 ha powierzchni zredukowanej.

Czas trwania miarodajnego deszczu wynosi wówczas 75 minut.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Zbiorniki retencyjne są coraz częściej stosowane jako zabezpieczenie sieci kanalizacyjnych (a również odbiorników, takich jak rowy melioracyjne) przed przeciążeniem hydraulicznym, prowadzącym do wylewów czy podtopień. Systematyczne ocieplanie się klimatu spowoduje prawdopodobnie zwiększenie liczby ekstremalnych zjawisk opadowych w przyszłości, co może prowadzić do coraz częściej występujących tzw. powodzi miejskich. Z uwagi na ten aspekt, niezmiernie istotne jest obecnie prawidłowe wymiarowanie zbiorników retencyjnych, tak aby były one w stanie prawidłowo pełnić swoją funkcję również w przyszłości. W tym celu należy przede wszystkim odejść od nieaktualnego już wzoru Błaszczyka i MGN, a stosować probabilistyczne modele opadów, najlepiej opracowane dla warunków lokalnych, jak i nową metodę wymiarowania kanalizacji deszczowej - MMN [Kaźmierczak i Kotowski 2011, Kotowski i in. 2010, Kotowski 2015a].

W pracy zaprezentowano metodę wskaźnikową do wymiarowania zbiorników retencyjnych wg niemieckiej wytycznej DWA-A 117, zaleca-

**Tabela 2.** Założone warianty zagospodarowania terenu  
**Table 2.** Given variants of land development

Wariant obliczeń	Rodzaj i stopień uszczelnienia terenu			Średni współczynnik spływu
	drogi, $\psi = 0,90$	dachy, $\psi = 0,95$	trawniki, $\psi = 0,10$	
I	10%	50%	40%	0,506
II	10%	60%	30%	0,690
III	10%	70%	20%	0,775
IV	10%	80%	10%	0,860

**Tabela 3.** Wyniki obliczeń objętości użytkowej ( $V_u$ ) zbiornika retencyjnego ścieków deszczowych  
**Table 3.** The results of rainwater sewage retention reservoir usable volume calculation ( $V_u$ )

Czas trwania deszczu $t$ , min	Natężenie deszczu $q_{\max}(t)$ wg (2), $\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$	Jednostkowy dławiony odpływ $q_{dl}$ , $\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$	Różnica: $q_{\max}(t) - q_{dl}$ , $\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$	Jednostkowa objętość zbiornika $V_j$ , $\text{m}^3/\text{ha}$ zr.	Jednostkowa objętość użytkowa zbiornika w przeliczeniu na 1 ha powierzchni zlewni, $\text{m}^3/\text{ha}$			
					wariant I	wariant II	wariant III	wariant IV
15	180,3	18,0	162,3	171,8	103,9	118,5	133,1	147,8
30	117,7		99,7	211,1	127,7	145,6	163,6	181,5
45	90,1		72,1	228,8	138,4	157,9	177,3	196,8
60	74,0		56,0	237,3	143,6	163,7	183,9	204,1
75	63,4		45,4	240,4	145,4	165,9	186,3	206,7
90	55,8		37,8	240,0	145,2	165,6	186,0	206,4
105	50,0		32,0	237,1	143,5	163,6	183,8	203,9
120	45,5		27,5	232,5	140,6	160,4	180,1	199,9

ną dla małych zlewni deszczowych. Przeprowadzono porównawcze obliczenia objętości użytkowej przelewowych zbiorników retencyjnych dla 4 wariantów zagospodarowania zlewni na terenach przemysłowych, przy założonym odpływie ścieków ze zbiornika, na poziomie spływu naturalnego ze zlewni. Wyznaczono niezbędną, jednostkową objętość zbiorników retencyjnych, wynoszącą od 145,4  $\text{m}^3$  (wariant I, współczynnik spływu  $\psi = 0,506$ ) do 206,7  $\text{m}^3$  (wariant IV,  $\psi = 0,860$ ) na hektar powierzchni zlewni.

Należy zaznaczyć, że objętości zbiorników retencyjnych ścieków deszczowych otrzymywane wg metody wskaźnikowej Błaszczyka są aż dwukrotnie mniejsze [Kotowski 2015b] – m.in. z powodu zaniżania przez wzór Błaszczyka miarodajnych natężeń opadów.

Ponieważ metoda wg wytycznej DWA-A 117 ma zastosowanie dla małych zlewni deszczowych (o powierzchni do 200 ha), dla większych zlewni zaleca się obecnie weryfikację przepustowości hydraulicznej zwymiarowanych kanałów i obiektów na drodze symulacji hydrodynamicznych, przy różnych scenariuszach obciążenia zlewni opadami, zmiennymi w czasie i przestrzeni.

## Podziękowania

Pracę zrealizowano w ramach tematu badawczego pt. „Zasady bezpiecznego projektowania i modernizacji systemów odwodnień terenów zurbanizowanych”, finansowanego ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, w ramach działalności statutowej Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej.

## LITERATURA

- Bogdanowicz E., Stachy J.: Maksymalne opady deszczu w Polsce. Charakterystyki projektowe. Materiały badawcze, Seria: Hydrologia i Oceanologia nr 23. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 1998.
- Dąbrowski W., Dąbrowska B.: Przewidywany wpływ zmian klimatu na dysfunkcję systemów odprowadzania ścieków. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 2012, nr 1, 17–20.
- DWA-A 117: Bemessung von Regenrückhalteräumen. DVWK, Hennef 2006.
- Dziopak J., Słyś D.: Modelowanie zbiorników retencyjnych klasycznych i grawitacyjno-pompowych w kanalizacji. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2007.
- Kaźmierczak B., Kotowski A.: The influence of precipitation intensity growth on the urban drainage systems designing. Theoretical and Applied Climatol. 2014, vol. 118, nr 1, 285–296.
- Kaźmierczak B., Kotowski A.: Weryfikacja przepustowości kanalizacji deszczowej w modelowaniu hydrodynamicznym. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2012.
- Kotowski A.: Podstawy bezpiecznego wymiarowania odwodnień terenów. Tom I – Sieci kanalizacyjne. Wyd. Seidel-Przywecki, Warszawa 2015.
- Kotowski A.: Podstawy bezpiecznego wymiarowania odwodnień terenów. Tom II – Obiekty specjalne. Wyd. Seidel-Przywecki, Warszawa 2015.
- Kotowski A.: Prognozowane skutki ocieplenia klimatu w modelowaniu przeciążeń systemów kanalizacyjnych w Polsce. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 2013, nr 5, 201–205.
- Kotowski A., Kaźmierczak B.: Probabilistic models of maximum precipitation for designing sewerage. Journal of Hydrometeorology 2013, vol. 14, nr 6, 1958–1965.

11. Kotowski A., Kaźmierczak B., Dancewicz A.: Modelowanie opadów do wymiarowania kanalizacji. Wyd. Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN. Studia z zakresu Inżynierii nr 68, Warszawa 2010.
12. Kotowski A., Wartalski J., Wartalski A.: Stosować przepływowe czy przelewowe zbiorniki retencyjne ścieków deszczowych? *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 2009, nr 2, 18–22.
13. Merkblatt Nr. 4.3/9: Hinweise zur Anwendung des Arbeitsblattes DWA-A 117 „Bemessung von Regenrückhalteräumen“ vom April 2006. Bayerischen Landesamtes für Umwelt, 2012.
14. PN-EN 752: Drain and sewer systems outside buildings (Zewnętrzne systemy kanalizacyjne). PKN, Warszawa 2008.
15. Siekmann M., Pinnekamp J.: Indicator based strategy to adapt urban drainage systems in regard to the consequences caused by climate change. Proc. 12th International Conference on Urban Drainage. Porto Alegre, Brazil, 2011.
16. Słyś D., Stec A.: Hydrodynamic modelling of the combined sewage system for the city of Przemyśl. *Environment Protection Engineering* 2012, 38(4), 99–112.
17. Willems P.: Revision of urban drainage design rules based on extrapolation of design rainfall statistics. Proc. 12th International Conference on Urban Drainage. Porto Alegre, Brazil, 2011.
18. Zawilski M., Sakson G.: Modelowanie spływu ścieków opadowych ze zlewni miejskiej przy wykorzystaniu programu SWMM. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 2010, nr 11, 32–36.