

WSTĘPNE REZULTATY MONITORINGU WARUNKÓW OPADOWYCH NA TERENIE MIASTA BYDGOSZCZY W LATACH 2013–2014

Rafał Pasela¹, Grażyna Bohuszewicz², Julita Milik¹,
Katarzyna Budzińska³, Krzysztof Berleć³, Piotr Stachowski⁴

¹ Katedra Ogrzewnictwa, Wentylacji i Inżynierii Sanitarnej; Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, e-mail: rafal.pasela@utp.edu.pl

² Miejskie Wodociągi i Kanalizacja w Bydgoszczy Sp. z o.o., ul. Toruńska 103, 85-817 Bydgoszcz

³ Katedra Higieny Zwierząt i Mikrobiologii Środowiska, Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

⁴ Instytut Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji, Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono wstępne wyniki analiz rozkładu wysokości, intensywności i natężenia opadu deszczu na terenie miasta Bydgoszczy, na podstawie pomiarów sieci pluwiometrycznej eksploatowanej przez Miejskie Wodociągi i Kanalizację w Bydgoszczy. System ten składa się z sześciu deszczomierzy korytkowych typu TPG-036-H24 firmy A-STER, wyposażonych w elektroniczny system zapisu danych z ich transmisją w technologii GPRS do serwera centralnego. Zapis wyników pomiaru wysokości opadów odbywa się w interwałach 2-minutowych z dokładnością do 0,1 mm. Poza tym analizie poddano ekstremalne wysokości i natężenia opadów zarejestrowanych w badanym okresie, które zostały zaprezentowane w postaci tabel i wykresów. Pomiary natężenia i wysokości opadu prowadzone przy wykorzystaniu odpowiednio gęstej sieci pluwiometrycznej dają możliwość uzyskania wartościowych rezultatów, niezbędnych w analizie funkcjonowania miejskich systemów kanalizacyjnych.

Słowa kluczowe: opad deszczu, natężenie deszczu, deszczomierz, Bydgoszcz,

THE PRELIMINARY RESULTS OF MONITORING IN TERMS RAINWATER IN 2013–2014 IN THE CITY OF BYDGOSZCZ

ABSTRACT

The paper shows the results of analysis distribution of the amount and rainfall intensity in Bydgoszcz based on network measurements of rain, which is operated by the Municipal Water Supply and sewers in Bydgoszcz. The system consists of six rain-gauges type TPG-036-H24 by A-STER, which are equipped with electronic data recording system with GPRS transmission to a central server. A record of the amount of rainfall measurement results is carried out in 2-minute intervals with an accuracy of 0.1 millimeters. The extreme highs and the intensity of rainfall registered in the audited period was analyzed. The results were presented in a form of tables and graphs. The intensity measurements and the amount of rainfall were used by a dense network of rainwater, which allows you to get valuable results, essential in the analysis of the functioning of municipal sewer system.

Keywords: rainfall, rainfall intensity, rain-gauge, Bydgoszcz.

WSTĘP

Do projektowania systemów kanalizacyjnych występujących na terenach zurbanizowanych w Polsce służących do odprowadzania ścieków opadowych stosowane są różne metody obliczeniowe do określania miarodajnego ich odpływu.

Najczęściej stosowany przez projektantów model opadów prof. Błaszczyka (z 1954 r.) może powodować zaniżenie wyników obliczeń strumieni deszczu w skrajnym przypadku nawet do 40%, co wykazali autorzy w pracach [3, 4, 5, 9]. Przyczyną zaistniałej sytuacji są zmiany klimatyczne obserwowane na przestrzeni lat, które wpływają bez-

pośrednio na wysokość, intensywność i rozkład opadów atmosferycznych. Natomiast zmienność czasowa i przestrzenna występowania opadów powoduje, że każdy rozpatrywany obszar zlewni wymaga indywidualnego podejścia. Dlatego tak ważne jest posiadanie wiarygodnych informacji o danych opadowych pochodzących z sieci stacji pomiarowych, które pozwolą na tworzenie wiarygodnych modeli hydrologicznych odzwierciedlających proces formowania się odpływu ze zlewni [2, 6]. Z przeglądu literatury wynika, że w Polsce coraz więcej miast posiada stanowiska pluwiometryczne, które rejestrują wysokości opadów atmosferycznych. Urządzenia te wyposażone są w elektroniczny system zapisu danych w sposób ciągły, w interwałach często 1-minutowych z dokładnością do 0,1mm z ich transmisją w technologii GPRS do serwera centralnego. Tego typu system monitoringu występuje w takich miastach jak Warszawa [10], Łódź [14], Wrocław [4] i Głogów [12]. Od 2013 r. w Bydgoszczy został uruchomiony system sterowania i monitorowania obejmujący całą infrastrukturę wodociągowo-kanalizacyjną, który umożliwia min. analizę zmienności czasowej występowania deszczy.

W artykule przedstawiono wstępne wyniki analiz rozkładu opadów atmosferycznych występujących na terenie Bydgoszczy w latach 2013–2014, uzyskane z sześciu stanowisk pomiarowych stanowiących miejską sieć pluwiometryczną.

MATERIAŁ I METODY BADAWCZE

Materiałem badawczym wykorzystanym w pracy były archiwalne dane pomiaru opadu atmosferycznego z sześciu stanowisk pomiarowych zlokalizowanych na terenie Bydgoszczy (Opławiec, Srebrna, Jarosławska, Jagiellońska, Żabia, Bora-Komorowskiego). Obszar miasta pod względem administracyjnym ma kształt wydłużony i rozciąga się wzdłuż Kanału Bydgoskiego po części zachodniej oraz Brdy po części centralnej, kończąc na Wiśle, która stanowi granicę wschodnią. Pod względem powierzchni miasto zajmuje 10 miejsce (17 598 ha – stan na 31.12.2014 r. GUS) w Polsce. Stanowiska pluwiometryczne zostały zamontowane na obiektach (przepompowniach ścieków) należących do MWiK Bydgoszcz, dzięki czemu uniknięto problemów z zasilaniem w energię elektryczną, dostępem osób niepowołanych oraz ich dewastacją. Z rysunku 1 wynika, że rozmieszczenie stacji opadowych na terenie aglomeracji bydgoskiej jest nierównomierne. Wzajemna odległość stanowisk waha się od 1,0 do 15,0 km (rys. 1). Tereny północne (osiedla Wyżyny, Kapuściska, Łęgnowo) i południowe (osiedla Bocianowo, Bartodziej, Leśne) miasta nie są w ogóle objęte pomiarami.

Analizie poddano dane zgromadzone od 1 sierpnia 2013 r. do 31 grudnia 2014 r.



Rys. 1. Mapa rozmieszczenia stanowisk pluwiometrycznych na terenie Bydgoszczy [11]

Fig. 1. The map of the location of rain-gauges in Bydgoszcz [11]

Pomiary wykonywane są przy wykorzystaniu deszczomierzy typu TPG-036-H24 produkcji A-STER 9 (rys. 2.), którego parametry techniczne zostały przedstawione w tabeli 1. Deszczomierz wyposażony jest w rejestrator, który za pomocą wbudowanej karty pamięci zapisuje wartość pomiaru wraz z czasem jego dokonania. Urządzenie posiada jednocześnie wyjście impulsowe, które umożliwia odczyt wartości chwilowej pomiaru, dzięki podłączeniu do lokalnego sterownika obiektowego. Urządzenie może być stosowane w różnych warunkach środowiskowych, dzięki obudowie, która została wykonana z laminatu poliestrowo-szklanego. Zainstalowana grzałka pozwala na pracę urządzenia w ujemnych temperaturach. Deszczomierz zasilany jest napięciem 24V DC z dodatkowego zasilacza stabilizowanego. Deszczomierze pracują w sposób ciągły rejestrując dane co 10 sekund, a pakiety danych transmitowane są co 2 minuty do Centralnej Dyspozytorni budynku MWiK przy ul. Toruńskiej 103 w Bydgoszczy.

DYSKUSJA WYNIKÓW

Na rysunku 3 przedstawiono rozkład wysokości miesięcznych sum opadów atmosferycznych odnotowanych na poszczególnych stanowiskach

Tabela 1. Parametry techniczne deszczomierza TPG-036-H24 [13]

Table 1. The technical parameters of rain-gauge, type TPG-036-H24 [13]

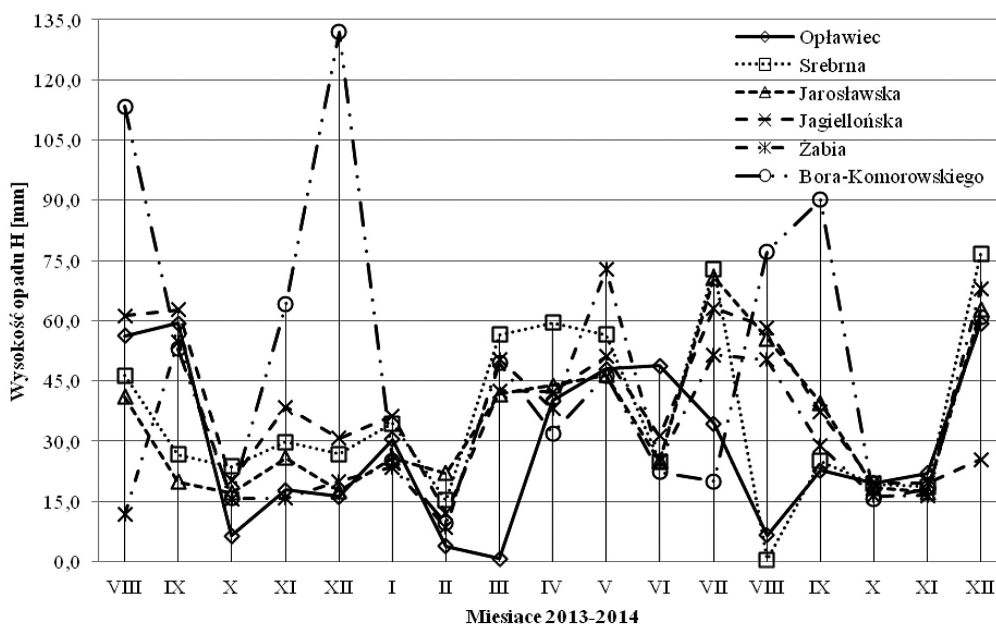
Zakres rejestracji	199,99 cm
Rozdzielczość	0,1 mm
Dokładność pomiaru	±2,0%
Temperatura pracy	-30°C +60°C
Wyjście sygnałowe	impulsowe
Zasilanie	24V DC
Moc grzałki	50 W
Wielkość pamięci rejestratora	min. 16 252 pomiarów max. 32 504 pomiarów

pomiarowych w Bydgoszczy. W badanym okresie maksymalną wysokość opadów zaobserwowano na stacji Bora-Komorowskiego w miesiącach sierpień (113,3 mm) i grudzień (131,9 mm) w roku 2013, natomiast w roku 2014 na tej samej stacji zanotowano najwyższe sumy opadów w miesiącach sierpień (77,2 mm) i wrzesień (90,1 mm). Analiza porównawcza wysokości rocznych sum opadów zanotowanych w 2014 roku na sześciu stanowiskach pomiarowych wykazała różnicę sięgającą 132,6 mm (Opławiec – 336,5 mm, Jagiellońska – 438,4 mm, Żabia – 449,9 mm, Srebrna – 460,0 mm, Bora-Komorowskiego – 466,7 mm, Jarosławska – 469,1 mm). Zareje-



Rys. 2. Deszczomierz typu TPG-036-H24 firmy A-STER [1]

Fig. 2. The rain-gauge, type TPG-036-H24 by A-STER [1]



Rys. 3. Rozkład wysokości miesięcznych sum opadów na poszczególnych stanowiskach pluwiometrycznych
Fig 3. The distribution of the height of monthly precipitation of rainfall at pluviometric positions

strowane wyniki są niższe od średnich rocznych sum wysokości opadów normalnych zaobserwowanych na stacjach meteorologicznych IMGW w latach 1971–2000 dla rejonu bydgoskiego, które zawierają się w granicach od 500 do 550 mm [3].

Do wymiarowania nowych oraz przy rozbudowie istniejących systemów kanalizacyjnych największe znaczenie mają opady, które charakteryzują się dużą intensywnością o czasie trwania

do kilku godzin [7, 8]. Wywołują one największe przepływy w kolektorach deszczowych i ogólnospławnych. W celu wyłonienia opadów ekstremalnych zastosowano skalę Chomicza. W badanym okresie na stanowisku Bora-Komorowskiego odnotowano jeden deszcz nawalny kategorii B₁ (tabela 2 i 3), który charakteryzował się dużą intensywnością (1,55 mm/min) oraz krótkim czasem trwania (14 min). Naocznym efektem wystą-

Tabela 2. Zestawienie maksymalnych opadów występujących na terenie Bydgoszczy wg. kryterium Chomicza
Table 2. The summary of rainfall maximum occurring in Bydgoszcz according to the Chomicz criterion

Data	Czas trwania opadu [min]	Pluwiometr	Suma opadu [mm]	Intensywność opadu [mm/min]	Kategoria deszczu wg skali Chomicza
16.08.2013	14	Bora-Komorowskiego	21.7	1.55	Deszcz nawalny (B₁) (B₁)
13.12.2013	242		63,6	0,26	Deszcz ulewny (A ₄)
01.09.2014	430		38,6	0,09	Deszcz ulewny (A ₁)
24.05.2014	156	Żabia	20,5	0,13	Deszcz ulewny (A ₁)
07.07.2014	51		19,2	0.38	Deszcz ulewny (A ₂)
05.08.2014	171		17,3	0,10	Silny deszcz (A ₀)
06.07.2014	86	Jagiellońska	27,1	0.32	Deszcz ulewny (A ₃)
05.08.2014	217		23,4	0,11	Deszcz ulewny (A ₂)
09.05.2014	332		24,2	0,07	Silny deszcz (A ₀)
07.08.2014	148	Jarosławska	24,5	0.17	Deszcz ulewny (A ₂)
23.12.2014	762	Srebrna	31.7	0,04	Silny deszcz (A ₀)
08.04.2014	86		20,3	0.24	Deszcz ulewny (A ₂)
09.05.2014	322		20,0	0,06	Silny deszcz (A ₀)
07.07.2014	142		26,0	0,18	Deszcz ulewny (A ₂)
23.12.2014	833	Opławiec	35.7	0,04	Silny deszcz (A ₀)
04.08.2013	88		19,0	0.22	Deszcz ulewny (A ₂)
07.07.2014	126		17,4	0,14	Deszcz ulewny (A ₁)

pienia powyższego deszczu były odnotowane lokalne wylewy z kanalizacji deszczowej na Osiedlu Fordon. Pozostałe zostały zakwalifikowane jako silne i ulewne deszcze.

W tabeli 3 przedstawiono ekstremalne natężenia opadów zarejestrowane w 18-miesięcznym okresie badawczym. Cechą wspólną wszystkich zarejestrowanych pomiarów jest krótki czas trwania opadu, który wynosił poza jednym wyjątkiem 2 minuty. Największe natężenie opadu równe 305 l/s·ha odnotowano 10 maja 2014 r. na stanowisku pluwiometrycznym przy ul. Jagiellońskiej.

W tabeli 4 przedstawiono maksymalne dobowe wysokości opadów atmosferycznych zaobserwowanych w Bydgoszczy w poszczególnych miesiącach. Maksymalne opady na stanowiskach pomiarowych Oplawiec (25,0 mm), Srebrna (35,7

mm), Jarosławska (31,7 mm) i Żabia (28,1 mm) wystąpiły 24 grudnia 2014 r. W tym dniu dla stacji Bora-Komorowskiego zanotowano opad o wysokości 24,3 mm, natomiast Jagiellońska 2,1 mm. Analizując poszczególne dni, w których występowały deszcze stacja Oplawiec charakteryzuje się stosunkowo niskimi wartościami na tle innych, co w efekcie przekłada się na najmniejszą sumę roczną opadów w 2014 r. Najwyższą dobową sumę opadów równą 81,6 mm odnotowano 16 sierpnia 2014 r. na stanowisku Bora-Komorowskiego.

Dla miasta Bydgoszcz obowiązuje Studium programowo-przestrzenne kanalizacji deszczowej, które określa min. stopień uszczelnienia terenu poprzez wartość współczynnika spływu (Ψ) dla poszczególnych zlewni. Analizując powyższe opracowanie, które powstało na przełomie

Tabela 3. Ekstremalne natężenia opadów zarejestrowane w Bydgoszczy w latach 2013 – 2014

Table 3. The extreme intensity of the rainfall of recorded in the years 2013 – 2014 in Bydgoszcz

Data	Godzina	Pluwiometr	Suma opadu [mm]	Natężenie opadu [l/s·ha]	Kategoria deszczu wg skali Chomicza
2014-05-10	01:39–01:41	Jagiellońska	6,1	305	Deszcz ulewny (A ₄)
2014-05-09	23:54–23:56	Jarosławska	5,6	280	Deszcz ulewny (A ₃)
2014-05-09	23:54–23:56	Srebrna	5,6	280	Deszcz ulewny (A ₃)
2014-05-29	09:22–09:24	Jarosławska	5,4	270	Deszcz ulewny (A ₃)
2014-05-10	00:00–00:02	Żabia	5	250	Deszcz ulewny (A ₃)
2014-05-10	00:02–00:04	Oplawiec	4,9	245	Deszcz ulewny (A ₃)
2014-01-15	12:52–12:54	Bora-Komorowskiego	4,7	235	Deszcz ulewny (A ₃)
2014-06-29	22:38–22:40	Oplawiec	4	200	Deszcz ulewny (A ₃)
2014-01-15	11:32–11:34	Żabia	3,9	195	Deszcz ulewny (A ₂)
2014-05-09	09:11–09:13	Jagiellońska	3,5	175	Deszcz ulewny (A ₂)
2014-08-16	22:16–22:30	Bora-Komorowskiego	21,7	155	Deszcz nawałny (B₁)
2014-06-02	22:37–22:39	Jagiellońska	2,9	145	Deszcz ulewny (A ₂)
2014-05-09	12:46–12:48	Żabia	2,5	125	Deszcz ulewny (A ₁)
2014-01-16	22:48–22:50	Jarosławska	2,3	115	Deszcz ulewny (A ₁)
2014-04-07	13:04–13:06	Jarosławska	2,3	115	Deszcz ulewny (A ₁)
2014-01-17	06:42–06:44	Oplawiec	2,2	110	Deszcz ulewny (A ₁)
2014-12-23	08:41–08:43	Jagiellońska	2,1	105	Deszcz ulewny (A ₁)
2013-12-13	09:40–09:42	Bora-Komorowskiego	1,8	90	Silny deszcz (A ₀)
2013-12-13	12:08–12:10	Bora-Komorowskiego	1,8	90	Silny deszcz (A ₀)
2014-06-02	22:32–22:34	Żabia	1,8	90	Silny deszcz (A ₀)
2014-05-09	08:58–09:00	Srebrna	1,8	90	Silny deszcz (A ₀)
2013-12-09	11:44–11:46	Bora-Komorowskiego	1,7	85	Silny deszcz (A ₀)
2014-06-02	22:14–22:16	Oplawiec	1,7	85	Silny deszcz (A ₀)
2013-12-11	08:26–08:28	Bora-Komorowskiego	3,3	80	Silny deszcz (A ₀)
2013-12-13	01:04–01:06	Bora-Komorowskiego	1,6	80	Silny deszcz (A ₀)
2013-12-13	10:10–10:12	Bora-Komorowskiego	1,6	80	Silny deszcz (A ₀)
2013-12-13	12:22–12:24	Bora-Komorowskiego	1,6	80	Silny deszcz (A ₀)
2013-12-13	13:06–13:08	Bora-Komorowskiego	1,6	80	Silny deszcz (A ₀)
2013-12-13	13:22–13:24	Bora-Komorowskiego	1,6	80	Silny deszcz (A ₀)

Tabela 4. Ekstremalne dobowe wysokości opadów zarejestrowane w Bydgoszczy**Table 4.** The daily maximum amount of rainfall recorded in Bydgoszcz

Rok	Miesiąc	Oplawiec	Srebrna	Jarosławska	Jagiellońska	Żabia	Bora-Komorowskiego
2013	VIII	19,00	13,70	13,10	24,50	1,80	81,60
	IX	11,40	15,20	9,00	11,10	11,00	12,20
	X	3,10	4,80	4,00	4,80	4,50	3,50
	XI	3,90	5,40	4,90	6,40	2,70	27,30
	XII	3,40	5,40	3,40	9,70	4,00	63,60
2014	I	8,50	8,70	7,10	9,80	6,50	6,50
	II	2,40	11,70	9,50	8,30	5,90	6,10
	III	0,40	13,20	10,10	12,00	10,60	11,30
	IV	11,50	20,30	12,60	15,10	11,30	8,10
	V	14,50	20,00	24,20	15,40	20,50	16,80
	VI	13,10	4,60	5,10	7,10	8,50	4,10
	VII	17,40	26,00	24,50	27,10	19,20	13,10
	VIII	2,30	0,40	13,80	23,40	17,30	17,50
	IX	6,60	5,70	8,90	6,80	5,50	38,60
	X	5,90	5,40	5,70	6,80	5,60	6,10
	XI	8,80	8,20	7,40	7,80	6,80	6,20
	XII	25,00	35,70	31,70	8,00	28,10	24,30

lat 1960–1970 w kontekście wielkości Ψ można stwierdzić, że w sposób wyraźny odbiega od rzeczywistości. Modyfikacja ukształtowania i pokrycia powierzchni zlewni oraz zagospodarowania terenu wynikająca z działalności człowieka spowodowała z jednej strony ograniczenie procesów retencji, parowania i transpiracji, z drugiej zaś zmniejszenie szorstkości powierzchni terenu. W efekcie, naturalny obieg wody zostaje w znaczący sposób zaburzony [15]. Dlatego też obserwowane lokalne przeciążenia sieci kanalizacyjnych na terenie aglomeracji bydgoskiej nie są spowodowane tylko i wyłącznie występowaniem opadów krótkotrwałych o natężeniu ponadnormatywnym, ale również wzrostem Ψ związanego z uszczelnieniem terenu.

PODSUMOWANIE

Wstępne wyniki monitoringu warunków opadowych na terenie Bydgoszczy wykazują znaczne różnice wysokości opadów o zróżnicowanym czasie trwania w poszczególnych rejonach miasta Bydgoszczy. Poza tym stwierdzono występowanie deszczy intensywnych krótkotrwałych, które mogą stwarzać problemy w prawidłowym funkcjonowaniu kanalizacji ogólnospławnych i deszczowych. Posługiwanie się danymi pochodzącymi z wybranych stacji pluwiometrycznych może

powodować niedoszacowanie wielkości opadów w niektórych rejonach miasta. Stąd konieczność dążenia do optymalnego pokrycia obszaru Bydgoszczy stacjami pomiarowymi rejestrującymi wysokość opadu w czasie. Dotyczy to w szczególności części północnej i południowej miasta. Działania te pozwolą w przyszłości na opracowanie modeli, które mogą zostać wykorzystane do projektowania i modernizacji miejskich sieci kanalizacyjnych na terenach o podobnych obserwowanych zjawiskach opadowych.

Podziękowania

Autorzy pragną podziękować przedsiębiorstwu Miejskie Wodociągi i Kanalizacja sp. z o.o. w Bydgoszczy za udostępnienie wyników pomiarów opadów z miejskiej sieci pluwiometrycznej.

LITERATURA

1. Bohuszewicz G. 2015. Wpływ warunków opadowych na funkcjonowanie kanalizacji na terenie Bydgoszczy. Pracy magisterska napisana pod kierunkiem Rafała Paseli na UTP w Bydgoszczy.
2. Kaźmierczak B., Kotowski A., Wdowikowski M. 2014. Analiza tendencji rocznych i sezonowych zmian wysokości opadów atmosferycznych w dorzeczu Górnej Odry, Ochrona Środowiska, 36(3), 49–54.

3. Kotowski A. 2011. Podstawy bezpiecznego wymiarowania odwodnień terenów, Wydawnictwo Seidel Przywecki Sp. z o.o., Wydanie pierwsze, Warszawa.
4. Kotowski A., Kaźmierczak B., Dancewicz A. 2010. Czasowo-przestrzenne zróżnicowanie opadów atmosferycznych we Wrocławiu, *Ochrona Środowiska*, 32(4), 37–46.
5. Kotowski A., Kaźmierczak B., Dancewicz A. 2010. Modelowanie opadów do wymiarowania kanalizacji, Wydawnictwo Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, Studia z zakresu Inżynierii nr 68, Warszawa.
6. Licznar P. 2009. Potrzeba wykorzystywania syntetycznych danych opadowych dla modelowania sieci kanalizacji deszczowej i ogólnospławnej, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, nr 6, 19–24.
7. Licznar P., Łomotowski J. 2005. Analiza średnich natężeń deszczów miarodajnych we Wrocławiu, *Ochrona Środowiska*, nr 1, 29–34.
8. Licznar P., Łomotowski J. 2005. Analiza chwilowych natężeń deszczów miarodajnych we Wrocławiu, *Ochrona Środowiska*, nr 2, 25–28.
9. Licznar P., Łomotowski J., Rojek M. 2005. Pomiary i przetwarzanie danych opadowych dla potrzeb projektowania i eksploatacji systemów odwodnieniowych, Wydawnictwo Futura, Poznań.
10. Licznar P., Szelağ B. 2014. Analiza zmienności czasowej opadów atmosferycznych w Warszawie, *Ochrona Środowiska*, 36(3), 23–28.
11. Miejskie Wodociągi i Kanalizacja w Bydgoszczy sp. z o.o. ul. Toruńska 103, 85-817 Bydgoszcz.
12. Nowogoński I. 2012. Wstępna ocena monitoringu opadów atmosferycznych i sygnalizacji wystąpienia odpływów burzowych na terenie miasta Głogów. Uniwersytet Zielonogórski, Zeszyt Naukowy nr 146, *Inżynieria Środowiska* nr 26.
13. Telbud 2013. Monitoring systemu wodociągowego i kanalizacyjnego miasta Bydgoszcz. Dokumentacja powykonawcza. System Sterowania i Monitorowania, MWiK Bydgoszcz, Poznań.
14. Zawilski M. 2011. Wstępne rezultaty monitoringu przestrzennego rozkładu opadów w Łodzi w 2010 roku, Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o., Monografia pod redakcją Janusza Łomotowskiego „Wody opadowe a zjawiska ekstremalne”.
15. Weinerowska-Bords K. 2010. Wpływ uproszczeń na obliczenia spływu deszczowego w zlewni zurbanizowanej, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.