

AGNIESZKA NOWAK\*, IRENEUSZ NOWOGOŃSKI\*\*

## WYNIKI SYMULACJI KANAŁU OGÓLNOŚPLAWNEGO W UL. P. SKARGI W GŁOGOWIE

### *Streszczenie*

*W pracy przedstawiono analizę obciążenia kanału w ul. P. Skargi ściekami ogólnospławnymi w oparciu o model opracowany przy użyciu programu Epa SWMM oraz wyniki uzyskane z opadów oraz systemu monitoringu strumienia przepływu w sieci kanalizacji ogólnospławnej miasta Głogowa. Wykazano znaczącą rozbieżność wyników uzyskanych z systemu pomiaru napętnień oraz strumieni ścieków z wynikami symulacji.*

Słowa kluczowe: kanalizacja ogólnospławna, modelowanie, monitoring opadów, monitoring przepływów

### WSTĘP

Zarządzanie systemem odprowadzania ścieków coraz częściej opiera się na wykorzystaniu modeli symulacyjnych umożliwiających ocenę przepustowości kanałów w różnorodnych warunkach.

Wymiarowanie oraz ocena warunków pracy istniejących systemów kanalizacji deszczowej czy ogólnospławnej w Polsce nie jest zadaniem łatwym, z uwagi na brak wiarygodnego modelu opadów deszczu [Kaźmierczak i Kotowski 2012]. Stosowany w praktycznych zastosowaniach model Błaszczyka z 1954 r. zaniża wyniki obliczeń strumieni deszczu o około 40% [Kotowski i in. 2010]. Wynika z tego faktu konieczność weryfikacji istniejących i projektowanych pod kątem ich maksymalnej przepustowości hydraulicznej na podstawie modelu symulacyjnego. Modele hydrodynamiczne systemów kanalizacyjnych umożliwiają uwzględnienie zmiennych w czasie i przestrzeni zbliżonych do rzeczywistych wpływów wód opadowych, a także zmiennego, nieustalonego przepływu ścieków w kanałach i obiektach kanalizacyjnych [Kaźmierczak i Kotowski 2012]. Kolejnym, nie mniej istotnym, etapem jest kalibracja modelu

---

\* DRAGADOS S.A. Oddział w Polsce, Budowa drogi ekspresowej S8 odcinek 6 i 7

\*\* Uniwersytet Zielonogórski w Zielonej Górze, Instytut Inżynierii Środowiska

w oparciu o pomiary strumieni objętości w przewodach oraz monitoring opadów. Ostatecznym sprawdzeniem prawidłowości działania otrzymanego modelu jest weryfikacja w oparciu o niezależnie zgromadzone wyniki pomiarów.

### **CHARAKTERYSTYKA ZLEWNI MIASTA GŁOGOWA**

Miasto Głogów należy do prężnie rozwijających i stale rozbudowujących się miast powiatowych w południowo-zachodniej Polsce. Położone jest na pograniczu Dolnego Śląska i Wielkopolski. Większa część miasta obecnie zlokalizowana jest po lewej stronie Odry, chociaż w przeszłości trzon miasta położony był na Ostrowie Tumskim, zwanym również Przedmieściem Katedralnym. Miasto Głogów wraz gminami: wiejską Głogów, Kotła, Żukowice, Jerzmanowa i Pęcław tworzy powiat głogowski. Ogólna powierzchnia miasta wynosi 35,24 km<sup>2</sup>.

Tereny w Gminie Miejskiej Głogów, ze względu na historycznie uwarunkowany przemysłowy charakter obszaru, ma w większości cechy antropogenicznego obszaru miejskiego, mimo to występują tu tereny cenne pod względem przyrodniczym, które są objęte, bądź kwalifikują się do objęcia programem NATURA 2000. Wznoszą się one równomiernie od rzeki Odry w kierunku południowym, ze znacznym wzniesieniem przy i za południowymi granicami miasta. System odprowadzania ścieków dostosowany jest do ukształtowania terenu, co oznacza, że większa część kanałów skierowana jest na osi południe-północ.

Ulica Piotra Skargi, na której znajduje się przelew burzowy, do którego uchodzi analizowana zlewnia, zlokalizowana jest nieopodal głównych traktów komunikacyjnych miasta (m.in. ulicy Bolesława Krzywoustego) oraz bardzo blisko rzeki Odra, praktycznie na jej obrzeżach [Diagnoza miasta Głogów 2012].

### **GOSPODARKA ŚCIEKOWA NA TERENIE MIASTA GŁOGOWA**

Obecnie przeważająca część obszaru znajdującego się w obrębie miasta Głogów uzbrojona jest w system kanalizacji ogólnospławnej. Wyjątek stanowi zlokalizowane na południowych obrzeżach miasta osiedle Paulinów oraz po części osiedle Sportowe i Słoneczne, gdzie podziemną infrastrukturę kanalizacyjną stanowi sieć rozdzielcza (występowanie kanalizacji deszczowej).

Długość sieci kanalizacyjnej na terenie miasta wynosi odpowiednio [Diagnoza miasta Głogów 2012]:

- kanalizacja ogólnospławna 110,3 km;
- kanalizacja sanitarna 10,4 km;

- przyłącza 25,4 km.

Do odprowadzania z terenu miasta ścieków komunalnych przeznaczony jest system grawitacyjno-tłoczny. W obrębie miasta znajduje się sześć przepompowni ścieków przy ulicach: Łąkowej, Grodzisko, Kamiennej Drodze, Witosa, Rudnowskiej oraz Portowej. Wody zanieczyszczone transportowane są do mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków położonej w północno-zachodniej części miasta. Oczyszczone ścieki trafiają do odbiornika, czyli rzeki Odry. Do głogowskiej oczyszczalni w Głogowie przekazywane są również ścieki komunalne pochodzące z okolicznych miejscowości: Serby i Ruszowice (gmina wiejska Głogów) oraz Jaczów (gmina Jerzmanowa).

Do rzeki Odry odprowadzany jest również nadmiar wód kopalniano – technologicznych pochodzącym z KGHM Polska Miedź S.A. Możliwe jest to dzięki rurociągom tłocznym: dwa rurociągi DN 800 mm, jeden rurociąg DN 700 mm oraz jeden rurociąg DN 900mm [Diagnoza miasta Głogów 2012].

### ZAŁOŻENIA MODELU SYMULACYJNEGO

Do wstępnej kalibracji modelu wykorzystano wyniki badań przeprowadzonych w Głogowie w latach 1998-2000 przez Instytut Inżynierii Środowiska ówczesnej Politechniki Zielonogórskiej (obecnie Uniwersytet Zielonogórski) [Lewicki in. 2000, Nowogoński i Wira 2006]. Badania napełnienia sieci ściekami w sześciu wybranych przekrojach pomiarowych przeprowadzono przy wykorzystaniu limnigrafów.

Analiza zlewni wykonana została w oparciu o mapy terenu oraz wizje lokalne. W zlewni kanału przy ul. P. Skargi zidentyfikowano 207 studni kanalizacyjnych, które zostały wprowadzone jako węzły obliczeniowe do opracowywanego modelu (rys. 2). Teren zlewni został podzielony na 207 zlewnie cząstkowe [Każmierczak i Kotowski 2012] przyporządkowane odpowiednio do przyległych węzłów obliczeniowych. Na podstawie analizy map terenu przeprowadzony został podział na zlewnie deszczowe, oraz określone zostały dane charakterystyczne zlewni, takie jak: powierzchnia zlewni uszczelnionej, szerokość zlewni, średni spadek zlewni [Nowogoński i Wira 2006]. Dane na temat opadów z posterunku pogodowego przy ul. Letniej uzyskano od IMGW o/Wrocław [Lewicki i in. 2000].

Na użytek niniejszej publikacji przeprowadzono weryfikację modelu w oparciu o wyniki pomiarów realizowanych w 2012. Obecnie działający system monitoringu bazuje na przepływomierzach profilujących zlokalizowanych w okolicy trzech działających przelewów burzowych oraz na terenie oczyszczalni ścieków. Na obszarze miasta zrealizowano również sześć stanowisk deszczomierzowych usytuowanych wg schematu przedstawionego na rysunku 1. W większości przypadków wykorzystano obiekty PWiK Głogów (dachy hydro-

forni, pompowni), dzięki czemu uniknięto problemów z zasilaniem w energię elektryczną oraz dostępem osób niepowołanych, czy dewastacją.

Zamontowane zostały deszczomierze wagowe wyposażone w moduły transmisji GPRS. Dane dostępne są z poziomu stacji roboczej umiejscowionej na terenie oczyszczalni ścieków w Głogowie.

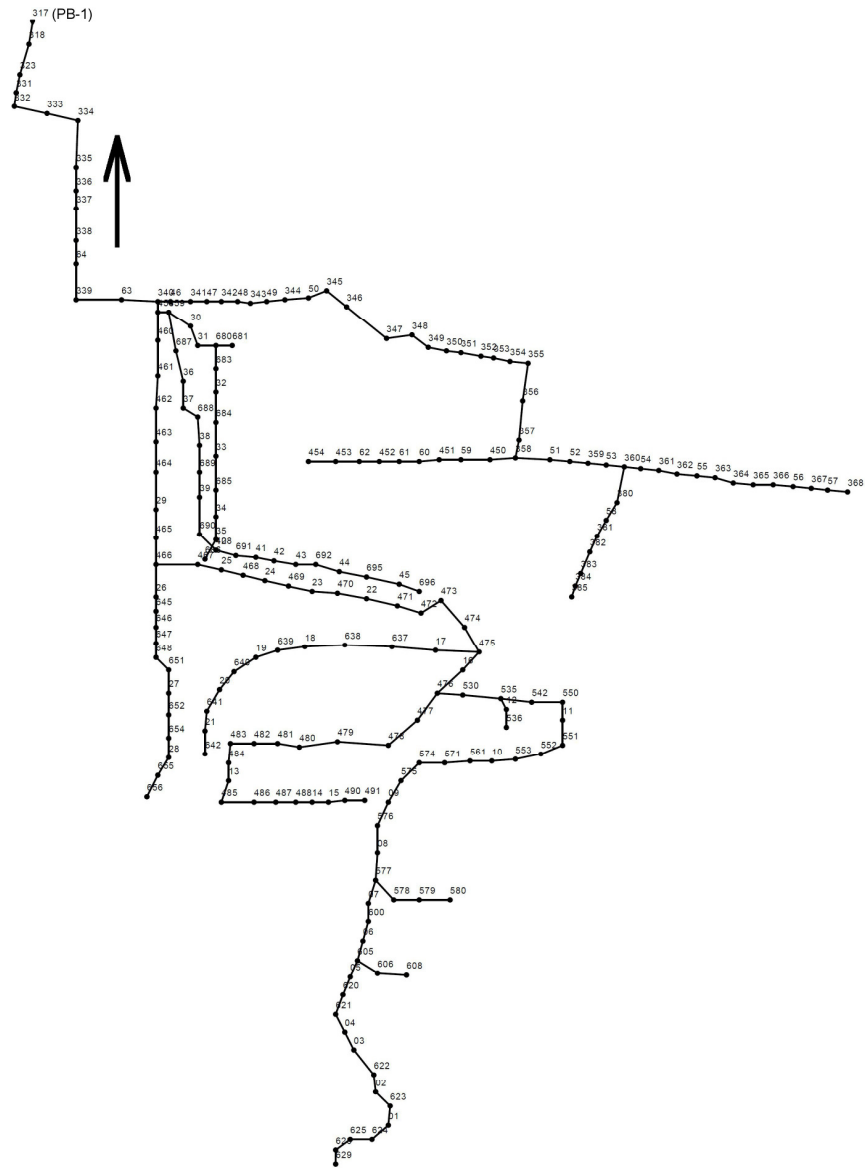
Pomiary poziomu (napętnienia) na krawężniach przelewowych zlokalizowano w trzech działających przelewach burzowych. Zastosowano urządzenia firmy ISCO 2110 z zasilaniem bateryjnym z rejestracją danych i transmisją danych do komputera PC za pośrednictwem portu szeregowego. W przelewach PB-1 i PB-2 zastosowano sondy ultradźwiękowe w obiekcie PB-3 sondę hydrostatyczną [Nowogoński i Kaczmarek 2012].



Rys. 1. Lokalizacja deszczomierzy i przelewów burzowych na terenie miasta [Nowogoński, Kaczmarek 2012]

Fig. 1. Locations of rain gauges and overflow structures in the city [Nowogoński, Kaczmarek 2012]

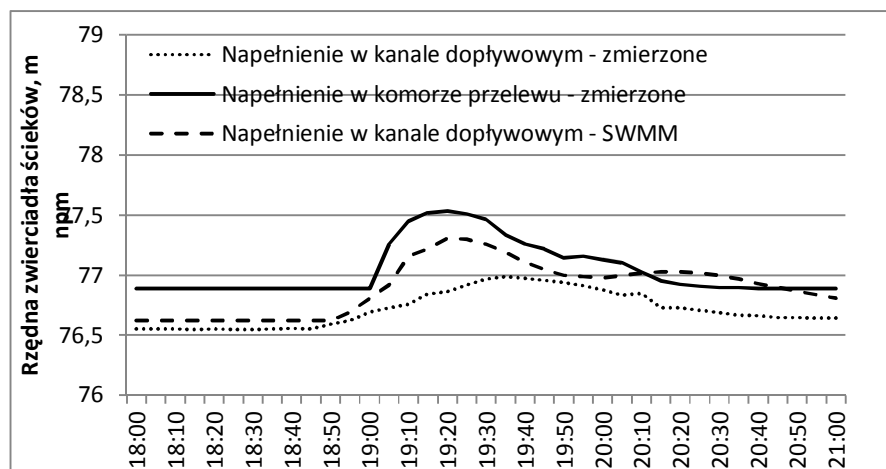
Do realizacji obliczeń wybrano deszcze występujące w sezonie letnim 2012: 13.06, 14.07, 28.07 i 20.08. Dane wybranych zjawisk przedstawiono w tabeli 1.



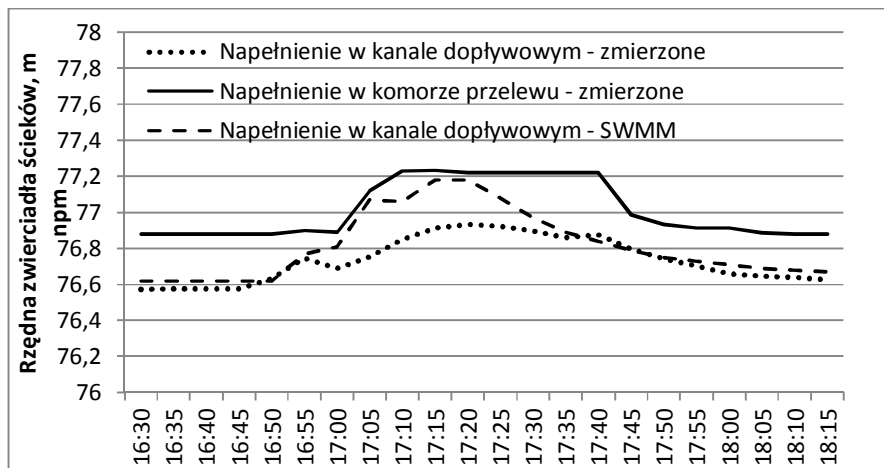
Rys. 2. Schemat węzłów analizowanej sieci kanalizacyjnej  
 Fig. 2. Graphical representation of analysed sewage network

## ANALIZA WYNIKÓW

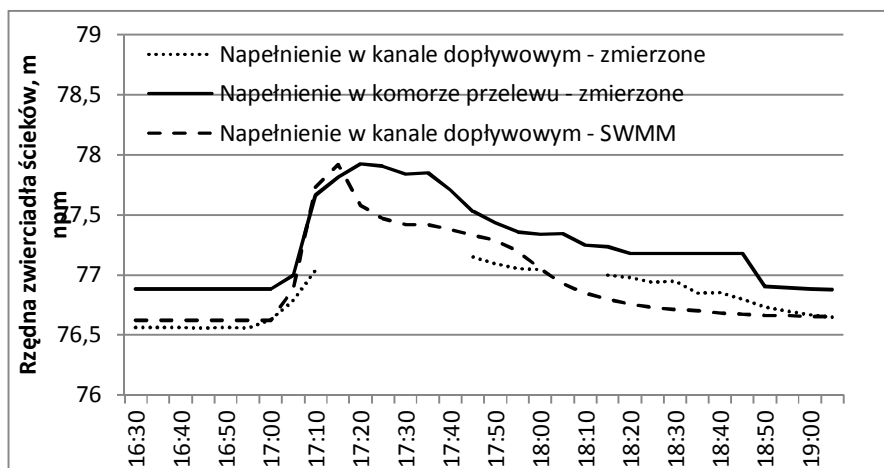
Wyniki otrzymane z modelu symulacyjnego wskazują na zbieżność uzyskanej rzędnej zwierciadła ścieków w kanale dopływowym oraz rzędnej zmierzonej w komorze w węźle 317 (rysunki 3, 4, 5 i 6). Rzędna zwierciadła zmierzona w pobliżu studni 318 znacząco odbiega od pozostałych wyników. Jedynie w przypadku zjawiska zaobserwowanego 28.07.2012 trudno ocenić zbieżność wartości otrzymanych w kolektorze dopływowym. Z uwagi na fragmentację odczytów z przepływomierza nie są to dane wiarygodne. W przypadku strumienia przepływu symulowanego i obserwowanego (rysunki 7, 8, 9 i 10) widoczne jest znaczne przeszacowanie strumienia przepływu przez model. Przyczyną obserwowanego zjawiska jest brak uwzględnienia na obecnym etapie budowy komputerowego modelu symulacyjnego kanałów zlokalizowanych poniżej węzła 317. Nie mniej istotnym powodem może być wykorzystywanie przez przepływomierz zapasowego czujnika pomiaru napełnienia w czasie występowania większych odpływów, czego efektem może być zaniżanie rejestrowanego napełnienia i strumienia przepływu (zjawisko zaobserwowane w czasie analizy plików odczytanych z rejestratora).



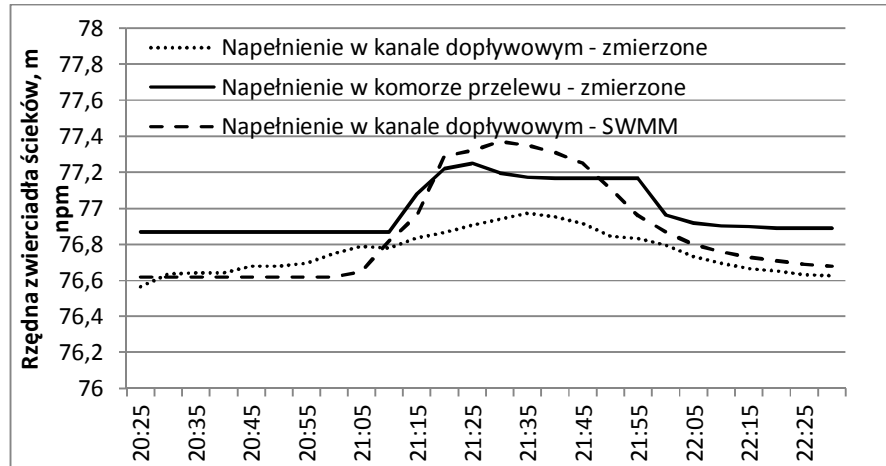
Rys. 3. Napełnienia w węźle nr 318 (zmierzone i symulowane) oraz zmierzone w komorze przelewowej PB-1 (węzeł 317) dla opadu zarejestrowanego w dniu 13.06.2012 r.  
Fig. 3. Depth in junction 318 (measured and simulated) and measured in divider chamber PB-1 (junction 317) for rainfall registered for 13.06.2012



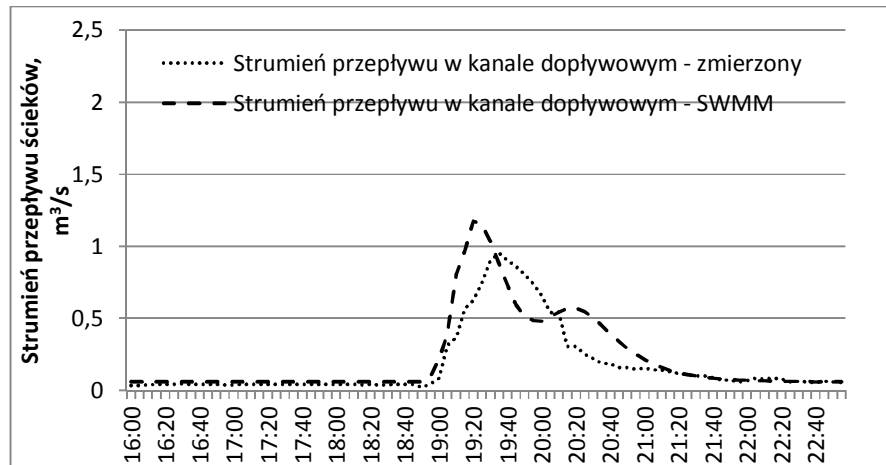
Rys. 4. Napętnienia w węźle nr 318 (zmierzone i symulowane) oraz zmierzone w komorze przelewowej PB-1 (węzeł 317) dla opadu zarejestrowanego w dniu 14.07.2012 r.  
 Fig. 4. Depth in junction 318 (measured and simulated) and measured in divider chamber PB-1 (junction 317) for rainfall registered for 14.07.2012



Rys. 5. Napętnienia w węźle nr 318 (zmierzone i symulowane) oraz zmierzone w komorze przelewowej PB-1 (węzeł 317) dla opadu zarejestrowanego w dniu 28.07.2012 r.  
 Fig. 5. Depth in junction 318 (measured and simulated) and measured in divider chamber PB-1 (junction 317) for rainfall registered for 28.07.2012

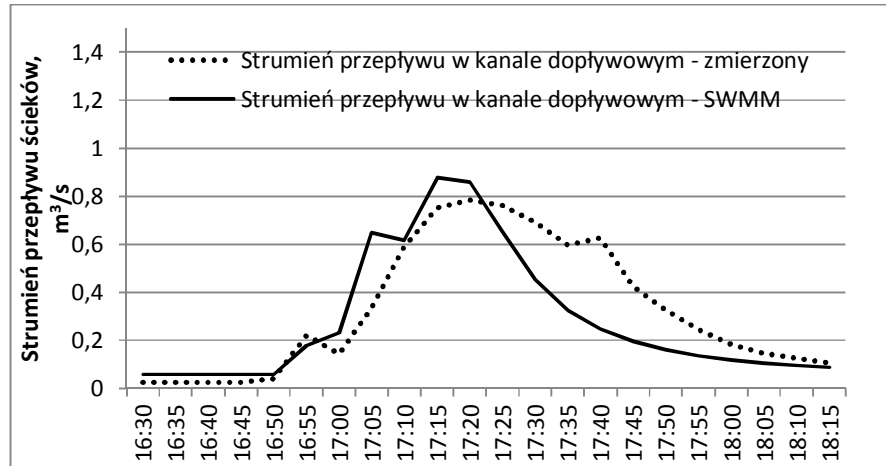


Rys. 6. Napętnienia w węźle nr 318 (zmierzone i symulowane) oraz zmierzone w komorze przelewowej PB-1 (węzeł 317) dla opadu zarejestrowanego w dniu 20.08.2012 r.  
 Fig. 6. Depth in junction 318 (measured and simulated) and measured in divider chamber PB-1 (junction 317) for rainfall registered for 20.08.2012



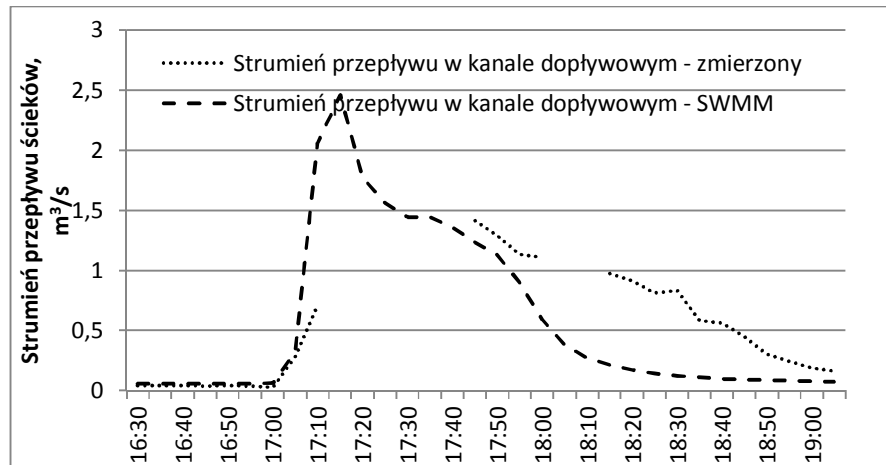
Rys. 7. Dopyły do węzła nr 318 (zmierzony i symulowany) dla opadu zarejestrowanego w dniu 13.06.2012 r.  
 Fig. 7. Junction 318 total inflow (measured and simulated) for rainfall registered for 13.06.2012





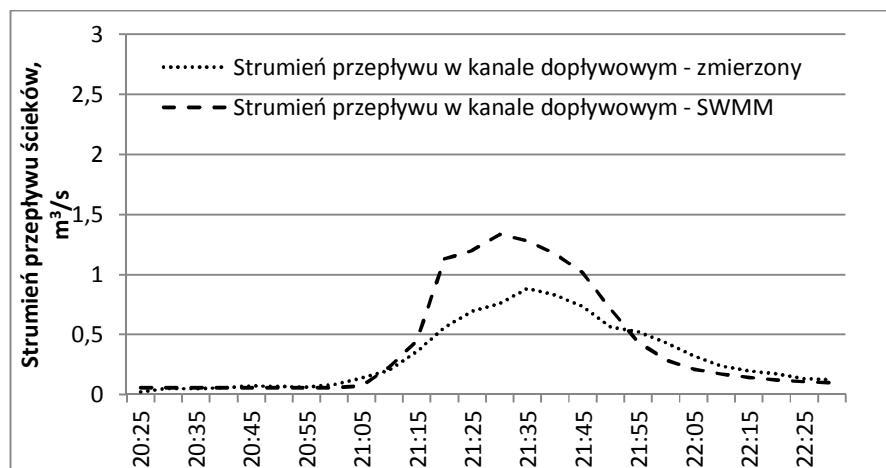
Rys. 8. Dopływ do węzła nr 318 (zmierzony i symulowany) dla opadu zarejestrowanego w dniu 14.07.2012 r.

Fig. 8. Junction 318 total inflow (measured and simulated) for rainfall registered for 14.07.2012



Rys. 9. Dopływ do węzła nr 318 (zmierzony i symulowany) dla opadu zarejestrowanego w dniu 28.07.2012 r.

Fig. 9. Junction 318 total inflow (measured and simulated) for rainfall registered for 28.07.2012



Rys. 10. Dopływ do węzła nr 318 (zmierzony i symulowany) dla opadu zarejestrowanego w dniu 20.08.2012 r.

Fig. 10. Junction 318 total inflow (measured and simulated) for rainfall registered for 20.08.2012

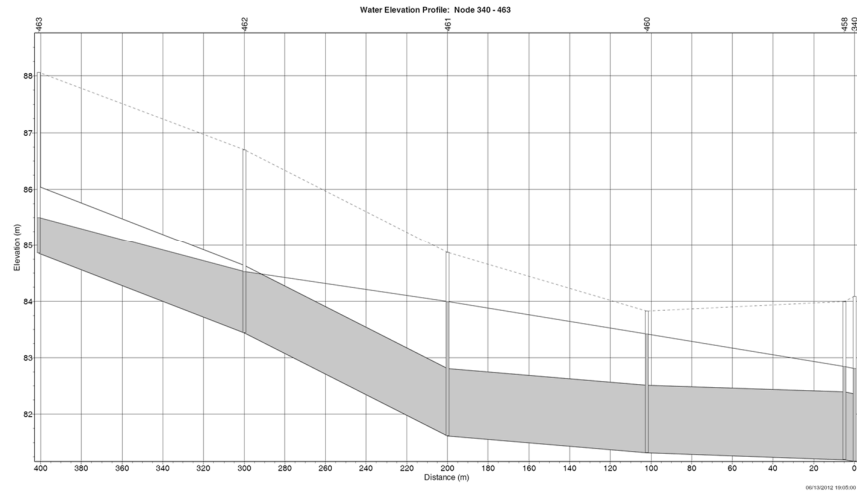
Na obszarze badanej zlewni odnotowywane są w kilku miejscach podczas nawalnych deszczy, np. przy ul. Kazimierza Wielkiego (węzły 466-340) zjawiska wylewów ścieków z sieci na ulicę oraz podtapianie piwnic.

Tab. 1. Dane opadów – deszczomierz 6 (NTI)

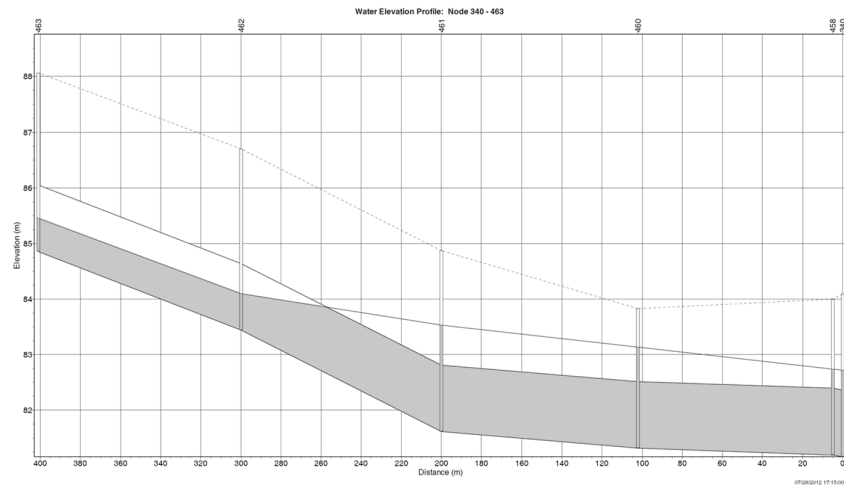
Tab. 1. Rainfall data – rain gauge 6 (NTI)

Parametr	13.06.2012	14.07.2012	28.07.2012	20.08.2012
Wysokość opadu [mm]	8,55	4,57	19,59	6,66
Czas trwania deszczu [min]	115	11	35	32
Maksymalna intensywność deszczu [mm/min]	0,55	1,24	2,51	0,61
Średnia intensywność deszczu [mm/min]	0,07	0,42	0,55	0,21

Wyniki uzyskane przy użyciu modelu symulacyjnego potwierdzają możliwość wystąpienia wymienionych zjawisk. Na odcinku około 300 m przed skrzyżowaniem ul. Kazimierza Wielkiego z ul. Rudnowską w przypadku dwu rozpatrywanych opadów następuje przepływ ciśnieniowy a uzyskana linia ciśnienia stabilizuje się na głębokości mniejszej od 1 m p.p.t. Przykładowe profile kanału w ul. Kazimierza Wielkiego przedstawiono na rysunkach 11 i 12.



Rys. 11. Profil kanału w ulicy Kazimierza Wielkiego (opad - 13.06.2012 r.)  
 Fig. 11. Channel profile – Kazimierza Wielkiego Street (rainfall - 13.06.2012)



Rys. 12. Profil kanału w ulicy Kazimierza Wielkiego (opad - 20.08.2012 r.)  
 Fig. 12. Channel profile – Kazimierza Wielkiego Street (rainfall - 28.07.2012)

## PODSUMOWANIE

Opracowany dynamiczny model hydrauliczny okazał się cennym źródłem informacji o eksploatowanym systemie, który w przeważającej większości cechuje przestarzała, nieefektywna już konstrukcja. Znaczna część analizowanych przewodów została wybudowana lub przebudowana przed wielu laty, gdy jakość wykonania miała zdecydowanie drugorzędne znaczenie.

W związku z powyższym często na trasie analizowanej sieci występują przeciwspadki bądź zbyt małe spadki dna kanałów (niewłaściwe rzędne posadowienia), uniemożliwiające zapewnienie prędkości samooczyszczania, co w połączeniu z niewłaściwie dobranymi średnicami przewodów wywołuje zjawisko dławienia i wylewów ścieków ze studzienek.

Wykonana komputerowa symulacja funkcjonowania kanału ogólnospławnego w ul. Piotra Skargi w Głogowie umożliwiła wykrycie miejsc i elementów sieci, narażonych w sposób szczególnie na przeciążenia hydrauliczne w okresie intensywnych, nawalnych opadów deszczu. Wykazano, iż stan rozważanego systemu odprowadzania ścieków nie jest najlepszy, przepustowość odpowiada dawnym założeniom, co do liczby użytkowników sieci, co zdecydowanie wyklucza możliwość dalszej rozbudowy – podłączenia kolejnych użytkowników, a co jest jednak planowane na terenie analizowanej zlewni.

Należy zaznaczyć, iż podczas sporządzania przedmiotowej symulacji nie wzięto pod uwagę wysokości spiętrzenia ścieków w kolektorze poniżej przelewu, a także stanu drożności kanalizacji, czyli stopnia zamulenia kanałów, czy też wrastania korzeni w rury. Trafnym kierunkiem rozwiązania zaistniałego problemu sprawności hydraulicznej sieci z przelewem burzowym przy ul. Piotra Skargi może okazać się koncepcja wykonania wielkośrednicowego, wielokomorowego podziemnego zbiornika retencyjnego, co wiąże się jednak z dogłębnym przeanalizowaniem możliwości realizacji takiej inwestycji. Istotny w tym przypadku może okazać się aspekt ekonomiczny, a co za tym idzie chęć zminimalizowania kosztów potencjalnej inwestycji.

## LITERATURA

1. Diagnoza Miasta Głogów. Część ilościowo-analityczna; 2012. Respublic; Warszawa.
2. KOTOWSKI A., KAŹMIERCZAK B., DANCEWICZ A.; 2010. Czasowo-przestrzenne zróżnicowanie opadów atmosferycznych we Wrocławiu. *Ochrona Środowiska*, vol. 32, nr 4, 37–46.
3. KOTOWSKI A., KAŹMIERCZAK B., DANCEWICZ A.; 2010. Modelowanie opadów do wymiarowania kanalizacji. Wydawnictwo Polska Akade-

- nia Nauk, Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej, Instytut Podstawowych Problemów Techniki, Studia z zakresu inżynierii, nr 68; Warszawa.
4. KAŹMIERCZAK B., KOTOWSKI A.; 2012. Weryfikacja przepustowości kanalizacji deszczowej w modelowaniu hydrodynamicznym. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej; Wrocław.
  5. LEWICKI Z., NOWOGOŃSKI I., LECHÓW H., KACZMAREK J.; 2000. Badania zmienności przepływu ścieków w kanalizacji m. Głogowa ze szczególnym uwzględnieniem odpływu ścieków deszczowych, pozwalające na właściwy dobór wielkości zbiornika retencyjnego. Raport końcowy. Instytut Inżynierii Środowiska; Zielona Góra.
  6. NOWOGOŃSKI I., KACZMAREK J.; 2012. Badanie zmienności przepływu w sieci kanalizacyjnej m. Głogowa – zadanie 2 – okres pomiarowy 10.2011-09.2012. Instytut Inżynierii Środowiska; Zielona Góra.
  7. NOWOGOŃSKI I., WIRA J.; 2006. Kalibracja hydrauliczna modelu SWMM przy wykorzystaniu danych z badań na terenie miasta Głogów. Instal, nr 9/2006, 81–84.

## **SIMULATION RESULTS OF P. SKARGI STREET COMBINED SEWAGE CHANNEL'S IN GŁOGÓW**

### *S u m m a r y*

*The paper presents an analysis of P. Skargi street channel overload with combined sewages using EpaSWMM model and results obtained in flowmeter and pluviometer measurement systems in Głogów. The influence of obtained simulation results and depth measurement system has been shown.*

Key words: combined sewer systems, modeling, rainfall monitoring, flowrate monitoring