

Ewa Ogiolda^{**}, Ireneusz Nowogoński^{††}, Roksana Adam^{‡‡}

CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU ZAOPATRZENIA W WODĘ W BABIMOŚCIE

Streszczenie

W artykule przedstawiono charakterystykę systemu zaopatrującego w wodę miasto Babimost w województwie lubuskim. Sieć wodociągowa o układzie mieszanym, długości 22,9 km dostarcza wodę do około 4 tys. mieszkańców. Przy użyciu programu EPANET opracowano model sieci i przeprowadzono obliczenia wybranych parametrów hydraulicznych dla zróżnicowanych wartości rozbiorów wody i wariantów zasilania. Na podstawie uzyskanych wyników wskazano najkorzystniejsze warianty, a także sformułowano wnioski dotyczące eksploatacji i dalszych obliczeń.

Słowa kluczowe: system wodociągowy, ciśnienie wody, prędkość przepływu

WSTĘP

Systemy wodociągowe złożone są z wielu podsystemów, z których każdy ma udział w spełnieniu zadań, jakimi są dostarczenie odbiorcom wody w wystarczającej ilości, o odpowiedniej jakości i pod właściwym ciśnieniem. Parametry hydrauliczne, charakteryzujące systemy, są zmienne w czasie, a znaczący wpływ na ich poziom wywiera zużycie wody. Wykonywanie obliczeń umożliwia modelem komputerowe sieci wodociągowych, a jednym z programów wykorzystywanych do tego celu jest EPANET. Uzyskiwane wyniki są podstawą podejmowania decyzji dotyczących działań eksploatacyjnych i modernizacyjnych [Kotowski i in.

^{**} Instytut Inżynierii Środowiska, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Zielonogórski

^{††} Instytut Inżynierii Środowiska, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Zielonogórski

^{‡‡} Instytut Inżynierii Środowiska, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Zielonogórski, absolwentka

2010, Nowogoński i Kuczyński 2011, Ogiółda i Dębicki 2014, Orłowska-Szostak i Wróbel 2016].

OBSZAR BADAŃ

Analizowana sieć wodociągowa zlokalizowana jest w mieście Babimost, położonym w w środkowo-wschodniej części województwa lubuskiego, zaopatruje 4040 mieszkańców.

Sieć wodociągowa zasilana jest z ujęcia wody podziemnej, w skład którego wchodzi dwie studnie wiercone. W studniach pracujących naprzemiennie zamontowane są pompy głębinowe typu GC.5.03 produkcji HYDROVACUUM w Grudziądzu. Po procesie napowietrzania i filtracji woda trafia do zbiornika, skąd tłoczona jest do sieci za pomocą 4 pomp typu 65WR40-2/2 produkcji LFP Leszno (3 pompy robocze i 1 rezerwowa). Zakres rzędnych terenu w obrębie obszaru zasilania to 55,5 – 61,1 m n.p.m.

Sieć wodociągowa miasta Babimost została wybudowana w latach 2000 - 2005. Stanowi układ mieszany, w jej skład wchodzi 17 obwodów zamkniętych. Łączna długość sieci wynosi 22,9 km. Rurociągi wykonane są z różnych materiałów:

- z PVC \varnothing 225 - 4,0 km,
- z PVC \varnothing 160 - 3,8 km,
- z PVC \varnothing 110 - 7,3 km,
- z żeliwa \varnothing 90 - 4,1 km,
- z PE \varnothing 90 - 2,4 km,
- z PE \varnothing 63 - 1,3 km.

Woda w Babimocie zużywana jest na potrzeby mieszkalnictwa oraz do celów usługowych i przemysłowych.

METODYKA OBLICZEŃ

Obliczenia sieci wodociągowej w Babimocie zostały przeprowadzone przy użyciu programu EPANET udostępnionego przez Dział Zaopatrzenia w Wodę i Gospodarki Wodnej Amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska (U.S. Environmental Protection Agency).

Program EPANET jest przeznaczony do komputerowych symulacji hydraulicznych oraz analizy przepływów wody w sieciach ciśnieniowych. Znajduje on zastosowanie przy analizowaniu przepływów wody w sieciach wodociągowych, umożliwia przeprowadzenie obliczeń różnych parametrów, między innymi: ciśnienia wody w węzłach, prędkości przepływu na poszczególnych odcinkach,

czasu przetrzymania wody w sieci, zużycia energii, stężenia związków chemicznych [Rossman 2000].

Punktem wyjścia do obliczeń jest opracowanie grafu sieci i wprowadzenie następujących danych:

- długości, średnic i chropowatość odcinków,
- rozbiory wody oraz rzędnych terenu w poszczególnych węzłach,
- liczby i współrzędnych charakterystyki pomp,
- rzędnych zwierciadła w zbiornikach.

Graf sieci wodociągowej w Babimoście (rysunek 1) składa się z 78 węzłów, 96 rurociągów, zbiornika i 4 pomp. Rozbiory wody w poszczególnych węzłach sieci określono na podstawie zużycia wody z 2016 r.

Program EPANET pozwala na wybór metody obliczania strat ciśnienia spośród formuł: Darcy – Weisbacha, Hazena – Williamsa, Chezy – Manninga. Do przeprowadzenia obliczeń wybrano formułę Darcy Weisbacha [Knapik, Bajer 2011]:

$$\Delta h = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}$$

gdzie:

Δh – strata ciśnienia na odcinku, m,

λ – współczynnik liniowych oporów tarcia,

l – długość rurociągu, m,

d – wewnętrzna średnica rurociągu, m,

v – średnia prędkość przepływu, $m \cdot s^{-1}$,

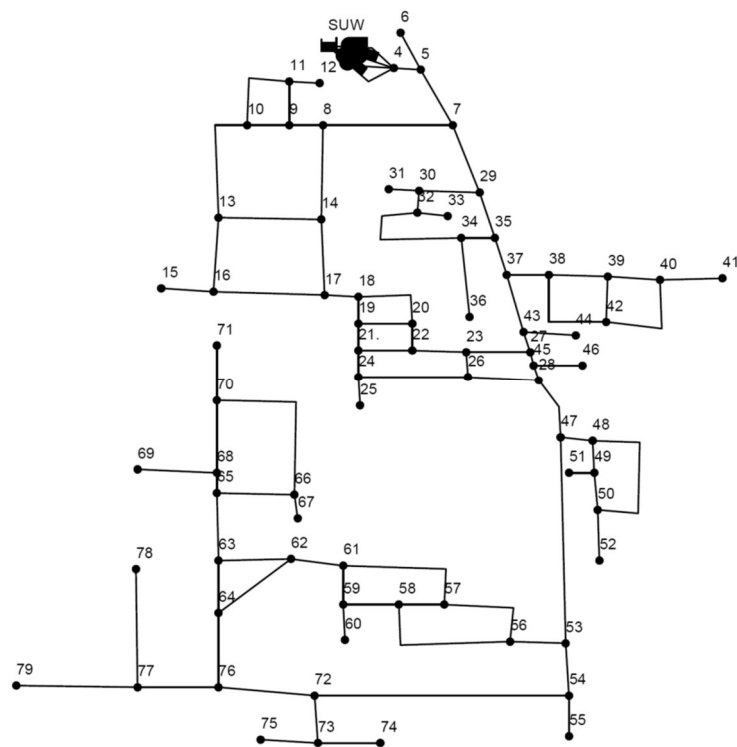
g – przyspieszenie ziemskie, $m \cdot s^{-2}$.

WYNIKI OBLICZEŃ

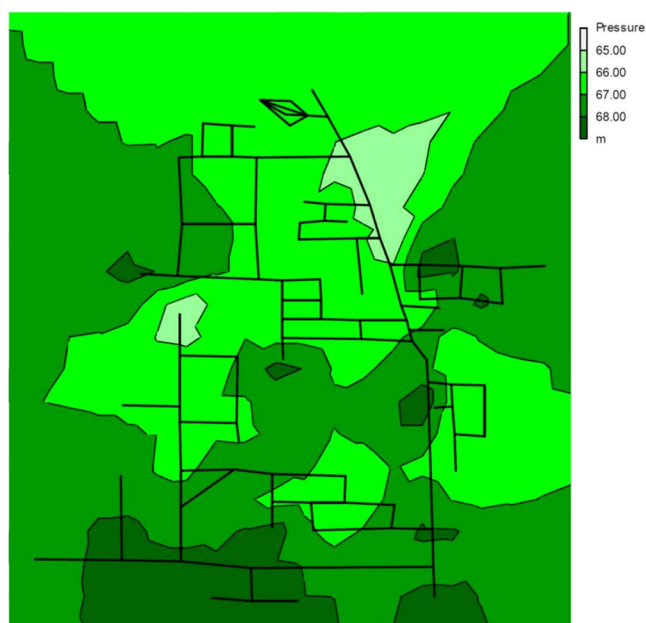
Analizę pracy sieci wodociągowej w Babimoście przeprowadzono dla wartości skrajnych rozborów wody eksploatacyjnych – minimalnego i maksymalnego. Założono pracę różnej liczby pomp roboczych. Analizowane parametry to ciśnienie i prędkość przepływu wody w sieci. Zakresy wybranych parametrów, obliczonych przy założeniu różnych wariantów rozbiory wody i liczby pomp roboczych, zamieszczono w tabeli 1.

Tab. 1. Zakresy ciśnienia i prędkości przepływu dla rozbioru maksymalnego
 Tab. 1. Ranges of pressure and velocity during maximum demand

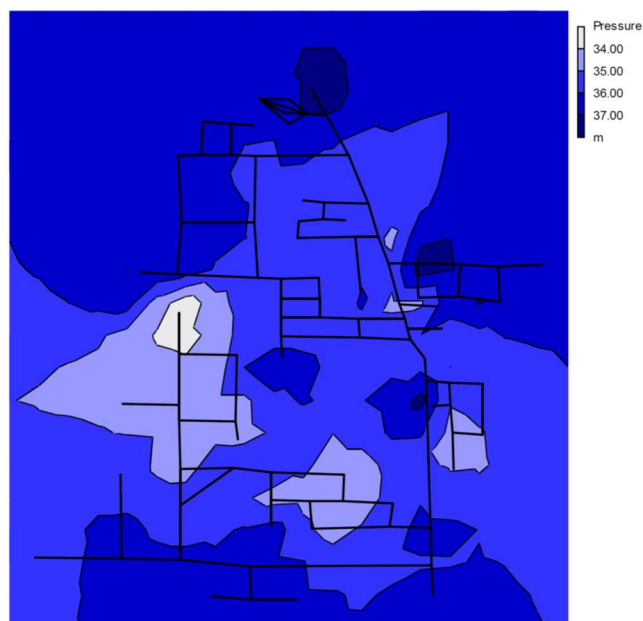
liczba pomp roboczych	zakres	
	ciśnienia	prędkości przepływu
	m	m·s ⁻¹
rozbiór maksymalny		
2	-3,03 – 1,48	0,01 – 0,84
3	33,26 – 37,78	
4	51,41 – 55,93	
rozbiór minimalny		
1	64,97 – 69,33	0,01 – 0,14
2	70,89 – 75,25	
3	72,31 – 76,67	



Rys. 1. Graf sieci wodociągowej w Babimost
 Fig. 1. Graph of network in Babimost



Rys. 2. Warstwice ciśnienia dla rozbioru minimalnego przy pracy 1 pompy
Fig. 2. Contour plot of pressure during minimum demand, 1 pump working



Rys. 3. Warstwice ciśnienia dla rozbioru maksymalnego przy pracy 3 pomp
Fig. 3. Contour plot of pressure during maximum demand, 3 pumps working

Wymagane ciśnienie u poszczególnych odbiorców w Babimoście, ze względu na wysokość zabudowy, nie powinno być niższe niż 30 m. Wyniki przeprowadzonych symulacji wykazały, że w przypadku maksymalnych wartości rozbioru wody ciśnienie wystarczające będzie zapewnione przy włączeniu trzech pomp, natomiast przy wartościach minimalnych rozbioru wody nawet przy pracy jednej pompy ciśnienie przekracza ciśnienie dopuszczalne 60 m.

Warstwice ciśnienia dla wybranych wariantów zasilania podczas rozbioru maksymalnego i minimalnego przedstawiono na rysunkach 2 i 3.

Przeprowadzono także obliczenia symulacyjne parametrów hydraulicznych sieci w przypadku zaistnienia pożaru. Założono dodatkowy rozbiór $10 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na cele przeciwpożarowe [Rozporządzenie 2009] w węźle nr 71, w którym ciśnienie dyspozycyjne podczas rozbioru maksymalnego jest najniższe.

Zakresy ciśnienia i prędkości przepływu w warunkach rozbioru maksymalnego z pożarem zamieszczono w tabeli 2, a warstwice ciśnienia na rysunku 5.

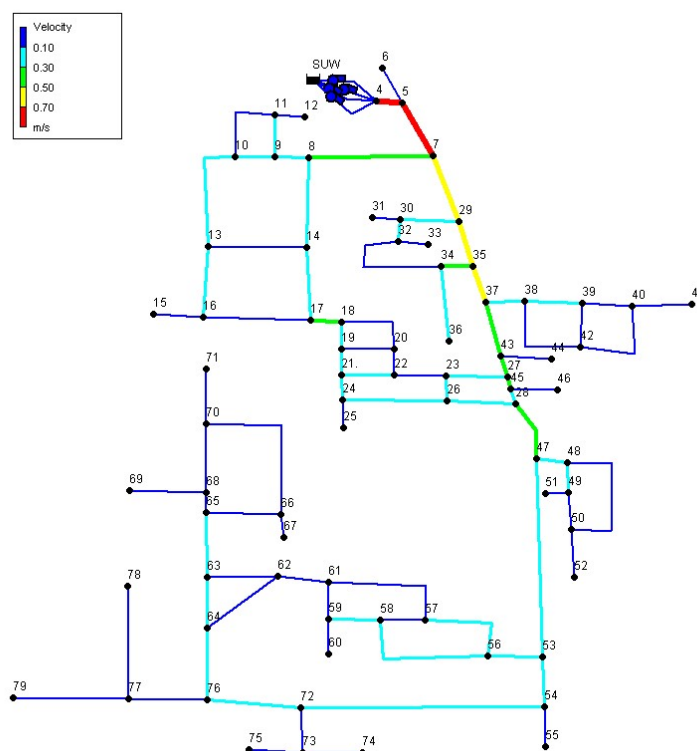
Wyniki obliczeń wykazały, że podczas włączenia czterech pomp ciśnienie umożliwia czerpanie wody na obszarze całego miasta.

Tab. 2. Zakresy ciśnienia i prędkości przepływu dla rozbioru maksymalnego z pożarem

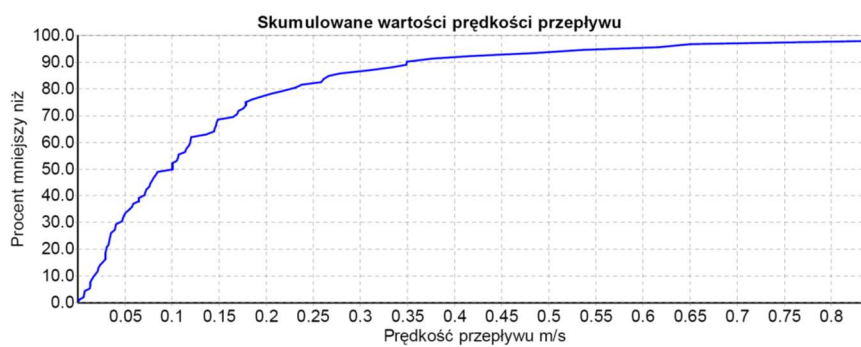
Tab. 2. Ranges of pressure and velocity during fire demand

liczba pomp roboczych	zakres	
	ciśnienia	prędkości przepływu
	m	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
3	5,02 – 15,37	0,01-1,09
4	28,58 – 38,94	

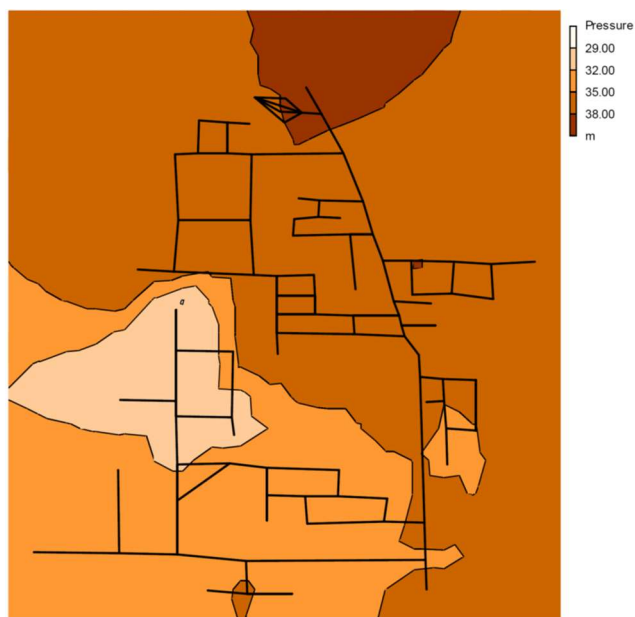
Prędkości przepływu w poszczególnych wariantach są bardzo niskie, zadowalające wartości osiągają tylko na odcinkach w rejonie ujęcia. W godzinach najwyższego rozbioru wody dochodzą do $0,84 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, z kolei w godzinach najniższego rozbioru wody do $0,14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Na rysunkach przedstawiono wyniki uzyskane dla rozbioru maksymalnego - na rysunku 4 rozkład prędkości, na rysunku 5 wykres skumulowanych wartości prędkości przepływu.



Rys.4. Rozkład prędkości dla rozbiór maksymalnego
 Fig.4. Network graph with velocity ranges



Rys.5. Skumulowane wartości prędkości przepływu przy rozbiórze maksymalnym
 Fig.5. Frequency plot of velocity during maximum demand



Rys. 6. Warstwy ciśnienia dla rozbioru maksymalnego z pożarem przy pracy 4 pomp

Fig. 6. Contour plot of pressure during fire demand, 4 pumps working

DYSKUSJA WYNIKÓW

W artykule przedstawiono charakterystykę systemu zaopatrzenia w wodę miasta Babimost. Sieć wodociągowa zasilana jest przez trzy pompy robocze i jedną rezerwową, charakteryzuje się układem mieszanym, złożonym z 17 obwodów zamkniętych. W programie EPANET opracowano model hydrauliczny sieci, dla którego przeprowadzono obliczenia symulacyjne różnych wariantów zasilania sieci i rozbiorów wody. Wyniki pozwalają na stwierdzenie, że zarówno w warunkach skrajnych rozbiorów eksploatacyjnych, jak i przy założeniu rozbioru pożarowego możliwe jest zapewnienie ciśnienia na wystarczającym poziomie na obszarze całego miasta. W przypadku rozbioru minimalnego następuje przekroczenie wartości maksymalnej ciśnienia, co skutkować może podwyższonymi stratami wody [Piechurski 2014].

Niskie wartości prędkości przepływu obserwowane są w ponad 95% odcinków sieci - prowadzić to może do wytrącania się osadów i tworzenia biofilmu na ściankach rurociągów [Świdorska-Bróz 2012].

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych analiz sformułowano następujące wnioski:

- zarówno w warunkach rozbiórów eksploatacyjnych, jak i rozbioru maksymalnego z pożarem możliwe jest zapewnienie ciśnienia na akceptowalnym poziomie w całym obszarze zasilania; przekroczenie wartości maksymalnej ciśnienia powodować może podwyższone straty wody w układzie,
- przeważająca większość odcinków zagrożona jest występowaniem niskiej prędkości przepływu, a wraz z nią stagnacją wody w przewodach, która może skutkować pogorszeniem jakości wody u odbiorców.

LITERATURA

1. KNAPIK, K.; BAJER, J.: 2011. Wodociągi. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. Kraków.
2. KOTOWSKI, A.; PAWLAK, A.; WÓJTOWICZ, P.; 2010. Modelowanie miejskiego systemu zaopatrzenia w wodę na przykładzie osiedla mieszkaniowego Baranówka w Rzeszowie. *Ochrona Środowiska* vol. 32 nr 2, s. 43-48.
3. NOWOGOŃSKI, I.; KUCZYŃSKI, D.; 2011. Weryfikacja rozwiązań eksploatacyjnych istniejącej sieci wodociągowej miasta i gminy Cybinka przy wykorzystaniu modelu hydraulicznego. *Instal – teoria i praktyka w instalacjach nr 1*, s. 52-55.
4. OGIOŁDA, E.; DĘBICKI, B.; 2014. Analiza warunków pracy zmodernizowanego systemu zaopatrzenia w wodę w Nowej Soli woj. lubuskie. *Instal – teoria i praktyka w instalacjach nr 5*, s. 32-34.
5. ORŁOWSKA – SZOSTAK, M., WRÓBEL, A.; 2016. Analiza pracy przewidywanego systemu transportu i dystrybucji wody przy wykorzystaniu modelowania komputerowego na przykładzie wybranego wodociągu. *Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej*, s. 219-238.
6. PIECHURSKI, F.; 2014. Działania zmierzające do ograniczania strat wody w systemach jej dystrybucji. *Napędy i sterowanie nr 1*, s. 68-79.
7. ROSSMANN, L.; 2000. EPANET 2, Users Manual. National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development U. S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH 45268.
8. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dn. 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych (Dz. U. nr 124, poz. 1030 z dn. 24 lipca 2009 r.).

9. ŚWIDERSKA-BRÓŹ, M.; 2012. Skutki obecności biofilmu w systemach dystrybucji wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. *Ochrona Środowiska* vol. 34 nr 14, s. 9-14.

CHARACTERISTIC OF WATER SUPPLY SYSTEM IN BABIMOST

S u m m a r y

In this paper characteristic of water supply system in Babimost, lubuskie province, was presented. Network of 22,9 km length supply about 4000 inhabitants. Model of system was prepared using EPANET software and calculation of parameters for different water demands was carried out. Results made possible to choose the best variant, to come to conclusions concerning exploitation and further analysis.

Key words: water supply system, pressure of water, water velocity