

KOMPUTEROWE MODELOWANIE WYBRANYCH PARAMETRÓW JAKOŚCI WODY W SIECIACH WODOCIĄGOWYCH

Wojciech Kruszyński¹

¹ Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45 A, 15-351 Białystok, e-mail: w.kruszynski@pb.edu.pl

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono wyniki komputerowego modelowania przepływów i wieku wody w dwóch gminach wiejskich woj. podlaskiego – Rutki i Jeleniewo. Modele wykonano za pomocą programu Epanet. W badaniach nad modelami wykonano szereg wariantów symulujących działanie istniejących systemów dystrybucji oraz przeprowadzono analizy wieku wody. Analiza wieku wody w modelowanych wodociągach pokazała obszary gdzie stojąca woda starzeje się, nie mając ujścia i nie ustępując miejsca świeżej. Wiek wody w przewodach stanowi ważny wskaźnik jej jakości i przydatności do spożycia. Im woda dłużej stagnuje w wodociągu, tym bardziej prawdopodobne, że rozwiną się w niej niebezpieczne bakterie i wytworzą osady zalegające na ścianach przewodów.

Słowa kluczowe: komputerowe modelowanie sieci wodociągowych, wiek wody

COMPUTER MODELING OF SELECTED WATER QUALITY PARAMETERS IN WATER DISTRIBUTION SYSTEMS

ABSTRACT

The paper presents the results of computer modeling of flows and the age of the water in two rural communities province Podlasie - Rutka and Jeleniewo. The model is made using Epanet. In the study, a series of variants of models simulating the behavior of existing distribution systems and water analyzes were performed century. Analysis of the age of the water in water works modeled showed areas where standing water is aging, not having the estuary and not giving way to fresh. Age of water in the pipes is an important indicator of its quality and shelf life. The longer standing water in the aqueduct, the more likely that it will develop dangerous bacteria and produce deposits which remain on the walls of the ducts.

Keywords: water supply, computer modeling of water quality

WPROWADZENIE

Celem pracy jest przeprowadzenie komputerowego modelowania przepływów i wieku wody w sieciach wodociągowych wybranych gmin wiejskich woj. podlaskiego.

Za pomocą oprogramowania do modelowania można modelować zmiany w wieku wody w całym systemie dystrybucji, które. Świeża woda wpływa do sieci ze zbiorników lub źródła. Wiek wody w przewodach jest parametrem określającym świeżość wody i wpływającym na jej jakość. Model uwzględnia czas, w jakim woda przebywa w danym odcinku od momentu wpły-

nięcia z ujęcia i wymieszania ze znajdującą się już wodą w sieci [Denczew, 2006, Knapik, 1989].

W opracowaniu do modelowania użyto programu Epanet, który wykonuje rozszerzone symulacje hydrauliczne oraz symulacje zachowania jakości wody w sieciach ciśnieniowych. W trakcie trwania okresu symulacji, który składa się z określonych kroków czasowych, za pomocą programu możliwe jest obserwowanie przepływu wody w rurociągach, zmiany wartości ciśnień w węzłach, zmiany poziomu wody w poszczególnych zbiornikach oraz rozkładu stężeń związków chemicznych w obrębie całej sieci. Analiza chemiczna programu pozwala na symulacje wieku

wody jak i jej rozplywu z poszczególnych źródeł [Knapik, 1989, Knapik, 2000].

Systemy dystrybucji wody w poprzednich latach miały o wiele większe zapotrzebowanie na wodę. Rygorystyczne normy przeciwpożarowe, które muszą spełniać zbudowane wodociągi, spowodowały wraz ze spadkiem zapotrzebowania na wodę, że obecne systemy zaopatrzenia w wodę są przewymiarowane [Kulbik, 1997].

Utrzymanie prawidłowego przepływu wody w sieciach wodociągowych (min. 0,5 m/s) zapobiega gromadzeniu się osadów na ścianach przewodów wodociągowych. Ma to znaczący wpływ na jakość wody i koszty eksploatacji systemów zaopatrzenia w wodę [Mielcarzewicz, 2000]. Zbyt niskie prędkości wpływają na pogorszenie jakości wody i zwiększają ryzyko awarii. To znacznie zwiększa koszty uzdatniania wody i funkcjonowania systemów zaopatrzenia w wodę.

CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU BADAŃ

Jako obiekt badań w roku 2015 wybrano dwa systemy dystrybucji wody zaopatrujące w wodę pitną obszary wiejskie w woj. podlaskim - gminę Rutki i Jeleniewo. Badane wodociągi znajdują się na terenach o stosunkowo zróżnicowanej, jak na woj. podlaskie, rzeźbie terenu (rys. 1 i 2).

Według danych uzyskanych z przedsiębiorstwa „Wodociągi wiejskie z o.o.” w Łomży, które nadzoruje funkcjonowanie wodociągów w gminie Rutki wynika, że na 6105 mieszkańców gminy 4635 osoby korzystają z sieci wodociągowej, co stanowi 75,9% wszystkich mieszkań-

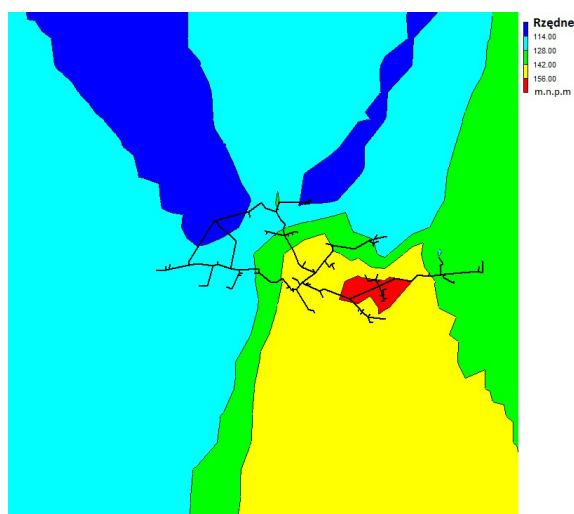
ców. Gmina posiada sieć wodociągową o łącznej długości 121,5 km oraz 1073 przyłączy wodociągowych. Woda produkowana jest na dwóch stacjach wodociągowych znajdujących się na terenie gminy: Rutki i Szlasy Lipno oraz dostarczana jest z wodociągów sąsiedniej gminy ze stacji Cibory Gałęckie.

W gminie funkcjonują trzy wodociągi grupowe: Rutki, Cibory Gałęckie, Szlasy Lipno. Na terenie analizowanego systemu dystrybucji wody rzędne poszczególnych węzłów wahają się w granicach od 105,0 do 162,0 m.n.p.m.

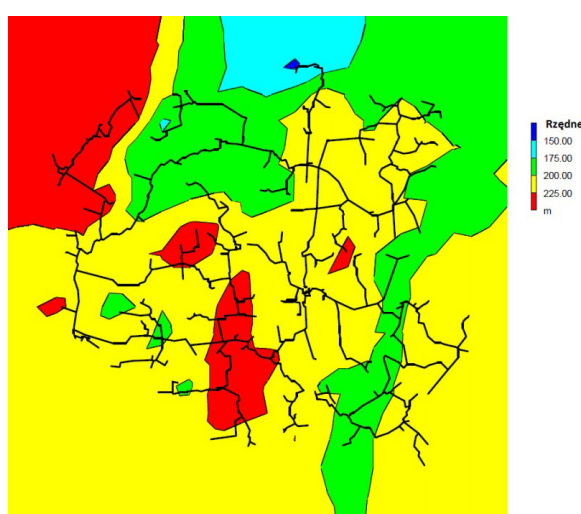
Gmina Jeleniewo położona jest w północno-wschodniej części województwa podlaskiego. Znajduję się w 12 km od miasta powiatowego Suwałki. Powierzchnia gminy to 13184 ha, liczba miejscowości wynosi 34, a liczba mieszkańców 3203. Sieć wodociągowa składa się z 4 połączonych wodociągów: Jeleniewo, Białorogi, Szurpiły i Gulbieniszki. Łączna długość przewodów bez przyłączy wynosi 150 km, a suma przyłączy: 784. Różnica wysokości pomiędzy najwyższą i najniższą położonym punktem na terenie Gminy Jeleniewo wynosi aż 98,3 m.

WYNIKI Z OBLICZEŃ SYMULACYJNYCH BADANYCH SIECI WODOCIĄGOWYCH

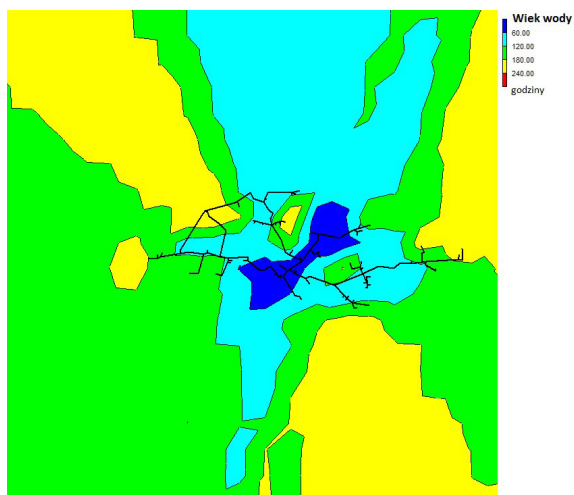
Z analizy danych otrzymanych po 240-godzinnej symulacji czasu zatrzymania wody w sieci wodociągowej gminy Rutki wynika, że czas zatrzymania wody w sieci zwiększa się wraz z odległością węzła od ujęcia wody. Na rysunku 3 przedstawiono schemat izolinii rozgraniczają-



Rys. 1. Schemat izolinii rozgraniczających rozkład rzędnych w węzłach sieci wodociągowej gminy Rutki



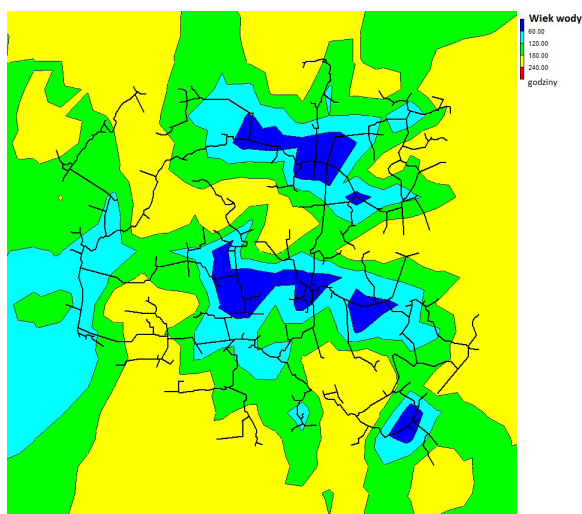
Rys. 2. Schemat izolinii rozgraniczających rozkład rzędnych w węzłach sieci wodociągowej gminy Jeleniewo



Rys. 3. Maksymalny wiek wody w symulacji do 240 godzin w sieci wodociągowej gminy Rutki

cych czas zatrzymania wody w węzłach. Najwyższą wartość czasu zatrzymania wody charakteryzują się węzły we wschodniej i zachodniej części systemu, najdalej położone od ujęcia. Czas zatrzymania wody wynosi tam powyżej 104 godzin. Natomiast wartości najniższe występują w środkowej części systemu, gdzie występują ujęcia wody i czas zatrzymania wody wynosi tam o 0 do 16 godzin. Średnia wartość czasu zatrzymania wody dla całej sieci w węzłach wynosi 66,8 godziny (rys. 3, tab. 1).

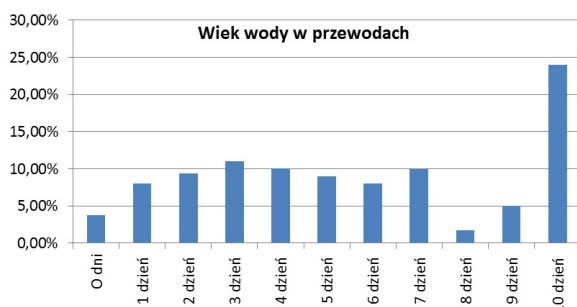
Po przeprowadzeniu symulacji wieku wody w przewodach po 10 dniach (240 godzinach) w sieci wodociągowej gminy Jeleniewo, wyniki są podobne do badanej gminy Rutki. W 24% całej sieci, wiek wody utrzymuje się do 240 godzin (rys. 4, rys. 5).



Rys. 4. Maksymalny wiek wody w symulacji do 240 godzin w sieci wodociągowej gminy Jeleniewo

Tabela 1. Parametry i wyniki modelowania dla wybranych przewodów sieci wodociągowej gminy Rutki w godzinie maksymalnego zapotrzebowania na wodę [Zambrzycka, 2015]

Numer przewodu	Długość [m]	Średnica [mm]	Prędkość przepływu [m/s]	Wiek wody [h]
1	613	100	0,00	113,37
2	190	100	0,00	97,38
3	115	100	0,01	88,47
4	266	100	0,01	92,44
5	1308	100	0,02	75,81
6	236	100	0,01	69,18
7	550	100	0,05	61,97
8	860	150	0,03	53,52
11	305	100	0,01	53,07
12	815	150	0,04	40,82
13	1281	100	0,01	64,77
14	485	100	0,01	89,72
15	1418	150	0,02	53,55
16	786	100	0,03	72,43
17	527	100	0,03	79,45
18	226	100	0,02	83,40
19	158	100	0,01	86,15
20	140	100	0,00	94,00
21	547	150	0,06	34,52
23	171	100	0,03	33,73
24	136	100	0,00	41,23
25	198	100	0,02	36,87
26	223	100	0,01	45,91
27	969	100	0,01	64,77
28	250	100	0,00	95,39
29	1220	150	0,07	29,26
30	201	150	0,07	25,13
32	415	100	0,01	32,16
37	170	150	0,09	17,67
38	513	150	0,09	15,83
39	840	150	0,09	12,27
40	250	100	0,00	23,86
41	344	150	0,09	9,35
42	131	150	0,09	8,13
43	205	100	0,01	13,21
48	429	100	0,00	64,79
49	370	100	0,00	107,62
50	116	100	0,01	11,45
52	414	200	0,15	0,98
53	1320	200	0,09	5,29
54	114	200	0,07	9,06
55	142	100	0,00	27,77
56	79	200	0,07	9,69
57	152	100	0,00	29,56
60	320	100	0,00	32,99
61	336	200	0,06	15,29
66	610	100	0,03	34,93
67	196	100	0,00	101,61



Rys. 5. Procentowy udział wieku wody podczas 10 dniowej symulacji w przewodach sieci wodociągowej gminy Jeleniewo [Urynowicz, 2015].

PODSUMOWANIE

Analiza wieku wody w modelowanych wodociągach pokazała obszary, gdzie stojąca woda starzeje się, nie mając ujścia i nie ustępuje miejsca świeżej. Wiek wody w przewodach stanowi ważny wskaźnik jej jakości i przydatności do spożycia. Im woda dłużej stagnuje w wodociągu, tym bardziej prawdopodobne, że rozwiną się w niej niebezpieczne bakterie i wytworzą osady zalegające na ścianach przewodów.

Komputerowe modelowanie sieci wodociągowych jest wydajnym narzędziem do znajdowania przyczyn zwiększonych kosztów eksploatacji systemu dystrybucji wody pitnej. Symulacje prowadzone w programach modelujących umożliwiają szybkie znalezienie optymalnego wariantu rozwiązania problemu z eksploatacją bądź też efektywny ekonomicznie kierunek modernizacji sieci wodociągowej [Denczew, Królikowski, 2002].

W trakcie modelowania badanych sieci wodociągowych wykazano, że systemy dystrybucji wody projektowane były na dużo większe zapotrzebowania na wodę. Surowe normy przeciwpożarowe, które musiały spełniać budowane dawniej wodociągi, spowodowały wraz ze spadkiem zapotrzebowania na wodę, że obecnie wodociągi tego typu są przewymiarowane. Analiza rozkładu prędkości wykonana na modelach stanu istniejącego badanych sieci wodociągowych wykazała, iż w większości przewodów jej wartości są mniejsze od zalecanego poziomu 0,5 m/s. Prędkość płynięcia wody w przewodach ma znaczenie dla samooczyszczania rur oraz czystości biologicznej wody. Zbyt mała prędkość wody w rurach powoduje odkładanie osadów na dnie rurociągów. Z czasem dochodzi do zmniej-

szenia drożności przewodu, co powoduje wzrost ciśnienia i prędkości przepływu wody w danym odcinku. W pewnym momencie wzrost prędkości przepływu powoduje porwanie osadu nagromadzonego i wypływ zanieczyszczonej wody u odbiorcy końcowego. Jest to zjawisko bardzo niekorzystne. Przy dłuższych odcinkach i małych prędkościach płynięcia dochodzi jeszcze zjawisko zalegania wody w przewodach, co może skutkować groźbą wtórnego namnożenia się bakterii. Stąd zalecenia, aby prędkość wody mieściła się w przedziale 0,5 – 1,3 m/s.

Za pomocą oprogramowania do modelowania można także modelować zmiany w wieku wody w całym systemie dystrybucji. Świeża woda wpływa do sieci ze zbiorników lub źródła. Wiek wody w rurach jest parametrem określającym świeżość wody. Epanet uwzględnia czas, w jakim woda przebywa w danym odcinku od momentu wpłynięcia z ujęcia i wymieszania ze znajdującą się już wodą w sieci.

Dzięki komputerowym symulacjom parametrów fizycznych, fizykochemicznych oraz biologicznych można także określić czynniki zwiększające koszty eksploatacji sieci wodociągowych [Kruszynski, 2011]. W związku z pogarszaniem się jakości wody w wyniku jej zastoju w przewodach wymagane będą dodatkowe zabiegi eksploatacyjne:

- dodatkowe płukania sieci;
- częstszy monitoring wody pod względem bakteriologicznym i fizykochemicznym;
- wyższe nakłady na uzdatnienie wody.

Natomiast od strony odbiorcy wody zauważalne jest pogorszenie jakości wody u odbiorcy, wymuszające na nim ponoszenie większych nakładów na filtry do wody, dokupowanie wody pitnej poza siecią dystrybucji.

W związku z tym stwierdzono, że komputerowe modelowanie sieci wodociągowych determinuje ekonomiczne i technologiczne korzyści:

- oszczędności wynikające z zaniechania niewłaściwych inwestycji – sprawdzenie ich zasadności symulacjami w programie;
- planowanie „wyłączeń” na sieci wiążących się z płukaniami, remontami lub inwestycjami w taki sposób, aby nie pogarszać standardów zaopatrzenia mieszkańców w wodę w czasie ich trwania;
- ograniczenie kosztów eksploatacyjnych przez sterowanie pracą pompowni w taki sposób, aby ograniczyć zużycie energii, a jednocześnie

śnie utrzymać standardy zaopatrzenia mieszkańców w wodę;

- informacja w czasie rzeczywistym o parametrach, takich jak, ilości i jakości dostarczanej wody w dowolnym miejscu sieci wodociągowej.

Zastosowanie nowoczesnych metod i rozwiązań technicznych w modelowaniu systemów dystrybucji wody pozwala na szybką analizę danych. Możliwe jest automatyczna przeprowadzenie wielu symulacji w celu znalezienia wariantu optymalnego. W kolejnych pracach przedstawione będą dalsze symulacje mające na celu znalezienie rozwiązań problemu pogarszania się jakości wody w wodociągach spowodowanego zbyt długim zastojem wody w przewodach.

Podziękowania

Artykuł powstał w ramach realizacji pracy S/WBiIS/2/2014 finansowanej przez KBN.

BIBLIOGRAFIA

1. Denczew S. 2006. Podstawy modelowania systemów eksploatacji wodociągów i kanalizacji: teoria i praktyka. Monografia. Polska Akademia Nauk. Komitet Inżynierii Środowiska.
2. Denczew S., Królikowski A., 2002. Podstawy nowoczesnej eksploatacji układów wodociągowych i kanalizacyjnych. Arkady, Warszawa.
3. Grabarczyk Cz., 1997. Przepływy obliczeniowe w przewodach. Metody obliczeniowe. Envirotech, Poznań.
4. Knapik K., 1989. Czasoprzestrzenna symulacja działania systemu dystrybucji wody. Monografia. Kraków, Wyd. Politechniki Krakowskiej.
5. Knapik K., 2000. Dynamiczne modele w badaniach sieci wodociągowych. Monografia 279, Kraków, Wyd. Politechniki Krakowskiej.
6. Kruszynski W., 2011. Modelowanie ciśnienia i przepływów w sieci wodociągowej przy zmniejszającym się zapotrzebowaniu na wodę, Białystok, Politechnika Białostocka.
7. Kulbik M., 1997. Zastosowanie komputerowego modelu systemu dystrybucji wody do oceny zjawiska przewymiarowania sieci wodociągowej. II Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Współczesne problemy gospodarki wodno-ściekowej”, Koszalin-Kołobrzeg.
8. Mielcarzewicz E.W., 2000. Obliczanie systemów zaopatrzenia w wodę. Arkady, Warszawa.
9. Urynowicz K., 2015. Komputerowe modelowanie wybranych parametrów sieci wodociągowej w gminie rolniczo - przemysłowej, praca magisterska, promotor Kruszyński W., Białystok.
10. Zambrzycka P., 2015. Wariantowy projekt systemu zaopatrzenia w wodę przy użyciu komputerowego modelu wybranej gminy, praca magisterska, promotor Kruszyński W., Białystok.