

Urszula KĘPA, Ewa STAŃCZYK-MAZANEK, Longina STĘPNIAK

INSTYTUT INŻYNIERII ŚRODOWISKA,
POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA

OPTIMALIZACJA PROJEKTOWANIA SIECI WODOCIĄGOWYCH W NIEWIELKICH JEDNOSTKACH OSADNICZYCH

OPTIMIZATION OF WATER SUPPLY SYSTEMS IN SMALL SETTLEMENTS

Water supply system is usually the most expensive system of the water supply networks. Its task is to supply water with adequate amount, quality, pressure and at times convenient for the user. The prerequisite for performing the above tasks is to design, build and use the existing systems. The design and operating conditions of the water supply system in rural areas differ than those used in cities. Rural areas are usually characterized by a low demand for water compared to urban areas. This is connected with the specific nature of the areas where population density is lower, land development is more distributed, whereas the industry is characterized by small factories. Furthermore, compared to cities, the fluctuations of hourly water supply are higher, which is connected with the specific patterns of meeting water demand.

Designing a water supply system is a complex process, with the stage of computation of hydraulic data and preparation of drawings preceded by an in-depth analysis of guidelines the project should meet. Among them, it is obligatory to use the principles of designing water supply systems contained in the Ordinance of the Minister of Internal Affairs and Administration as of 24 June 2009 on fire water supply and fire escape roads. This legal act stipulates minimal permissible diameters of water supply pipes depending on the type of the system. During extension or modernization of the current water supply system with flow rates of up to 5 dm³/s and the number of inhabitants of up to 2,000 people, permissible minimal diameter of distribution pipes is DN 80mm, whereas in the case of new systems, the minimal diameter for the radial networks is DN 125 mm.

The aim of this study was to evaluate the effect of the diameters of water supply pipes on operation of a small water supply system. The system was designed to supply water to the inhabitants of Bulina village in the Lesser Poland Voivodeship.

Maximal demand for water per hour in this location for the prospective period was $Q_{\text{hmax}} = 1.79 \text{ dm}^3/\text{s}$. The demand for fire water was adopted according to the Ordinance and it was $Q_{\text{ppoz.}} = 5.0 \text{ dm}^3/\text{s}$. Total length of the system was 2,309 metres and the network was composed of three sections (radii), with water supplied from a water pumping room.

Hydraulic computations were performed using the Wodociągowiec software for two variants of selected diameters. In the first variant, pipe diameters were adopted as in the Ordinance. In the second, the diameters were computed by the program so that the minimal water flow rates are achieved. Furthermore, pressure losses were compared for both variants. The network operation during flow of water for only household purposes was also analysed, using the conditions which are mostly observed during use, without flow for fire-fighting purposes.

The analysis performed in the study revealed that in the case of new small water supply systems, pipe diameters adopted according to current legal regulations are too high. Consequently, the flow rates in such water supply networks are much below the values that ensure self-cleaning of the pipes. Such water supply networks require intensive maintenance while their full capacities are never used. Selection of smaller pipe diameters should be accepted in small water supply systems, similar to what is observed during extension of water supply networks. Obviously, a comprehensive hydraulic analysis of the designed network should be performed, with determination of the minimal pressure line.

Sieć wodociągowa to zazwyczaj najdroższa część systemu wodociągowego. Jej zadaniem jest dostarczenie wody w wymaganej ilości, o odpowiedniej jakości, pod właściwym ciśnieniem i w dogodnej dla każdego użytkownika porze. Warunkiem właściwego pełnienia powyższych zadań jest odpowiednie zaprojektowanie, wykonanie, jak i eksploatacja już istniejącej sieci. Układ i warunki pracy systemu zaopatrzenia w wodę na terenach wiejskich są odmienne w stosunku do rozwiązań występujących w miastach. Tereny wiejskie charakteryzują się z reguły niewielkim zapotrzebowaniem na wodę w stosunku do aglomeracji miejskich. Związane jest to ze specyfiką tych obszarów, na których występuje mniejsza gęstość zaludnienia, zabudowa najczęściej jest rozproszona, a przemysł zaliczany jest do małych zakładów. Ponadto na wsiach, w porównaniu do miast, występują większe wahania godzinowego rozbioru wody, wiążące się ze specyfiką pokrywania potrzeb wodnych.

Projektowanie systemu wodociągowego jest procesem złożonym, w którym etap wykonania obliczeń hydraulicznych i rysunków musi zostać poprzedzony szczegółowym zapoznaniem się z szeregiem wytycznych, z którymi projekt musi pozostać w zgodności. Wśród nich konieczne jest przestrzeganie zasad projektowania sieci wodociągowych znajdujących się w Rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009r w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych. W powyższym akcie prawnym określone są minimalne dopuszczalne średnice przewodów wodociągowych w zależności od rodzaju sieci. Przy rozbudowie i modernizacji istniejącego wodociągu o wydajności do $5 \text{ dm}^3/\text{s}$ i liczbie mieszkańców do 2.000 tys. dopuszczalna jest minimalna średnica przewodów rozdzielczych DN 80mm, natomiast w przypadku nowych wodociągów minimalna średnica dla sieci promienistej wynosi DN 125 mm.

Celem pracy było określenie wpływu dobranych średnic przewodów wodociągowych na pracę niewielkiej sieci wodociągowej. Przeanalizowano sieć zaprojektowaną w celu zaopatrzenia w wodę mieszkańców wsi Bulina, w województwie małopolskim. Obliczone maksymalne godzinowe zapotrzebowania na wodę dla miejscowości, dla okresu perspektywicznego, było równe $Q_{hmax}=1,79 \text{ dm}^3/\text{s}$. Przyjęto zgodnie z Rozporządzeniem zapotrzebowanie na wodę do celów p.poż w wysokości $Q_{ppoz.}=5,0 \text{ dm}^3/\text{s}$. Łączna długość sieci wynosiła 2309 mb, a sieć składała się z trzech odcinków (promieni) zasilanych z hydroforni.

Obliczeni hydrauliczne przeprowadzono przy wykorzystaniu programu Wodociągowiec dla dwóch wariantów dobranych średnic. W pierwszym przyjęto średnice przewodów zgodne z Rozporządzeniem. W drugim średnice przewodów dobrane zostały przez program, tak aby uzyskać odpowiednie minimalne prędkości przepływu wody. Jednocześnie porównano straty ciśnienia występujące w obu wariantach. Przeanalizowano również pracę sieci przy przepływach tylko gospodarczych, w warunkach jakie zazwyczaj panują w trakcie eksploatacji, bez uwzględnienia przepływu na cele p.poż,

Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że obowiązujące przepisy prawne w przypadku niewielkich, nowych systemów wodociągowych wymuszają przyjmowanie zbyt dużej średnic przewodów. Osiągane wówczas prędkości przepływu wody w sieci są znacznie poniżej wartości pozwalających na samooczyszczanie się przewodów. Sieci wodociągowe wymagają wówczas wzmożonych zabiegów eksploatacyjnych oraz nie są wykorzystywane w pełnym zakresie. Należałoby dopuścić, dla małych systemów wodociągowych, możliwość doboru mniejszych średnic rurociągów, podobnie jak ma to miejsce przy rozbudowie sieci wodociągowych. Wymagałoby to oczywiście przeprowadzenia pełnej analizy hydraulicznej projektowanej sieci wraz z wykreśleniem linii ciśnienia minimalnego.

Zygmunt KUBIAK, Ewa ŁUKASIK,
Magdalena SROCZAN, Bartosz ZGRZEBA

INSTYTUT INFORMATYKI
POLITECHNIKA POZNAŃSKA

WYKORZYSTANIE PASM TELEFONII KOMÓRKOWEJ DO TRANSMISJI LPWAN

USE OF CELLULAR NETWORKS FREQUENCY BANDS FOR LPWAN TRANSMISSION

The paper presents radio solutions for IoT implemented in mobile telephony bands. For the Internet of Things (IoT), a category of LPWAN (Low Power, Wide Area Networks) has been created, which includes low power radio communication solutions enabling long-distance transmission. IoT end modules (things) are usually battery-powered devices and should be operated for more than 10 years without replacing the power source. LPWAN is therefore a very good solution also in such areas as water and sewage management or broadly understood environmental protection. LPWAN networks - LoRa and SigFox have already been implemented in unlicensed ISM bands (below 1 GHz). There is also a great potential in the licensed bands of cellular networks. Thus narrow band systems, NB-IoT (Narrow Band IoT) are being developed and implemented. The exemplary systems and applications will be presented.

1. Wprowadzenie

W systemach dystrybucji wody, u końcowych odbiorców, instaluje się wodomierze do wody zimnej i ciepłej, wyposażone w konwertery elektroniczne oraz nadajniki radiowe. Dla wodomierzy zalegalizowanych po 1 maja 2004 r. okres ważności legalizacji wynosi 5 lat, na podstawie rozporządzenia Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 2 kwietnia 2004 r. w sprawie prawnej kontroli metrologicznej przyrządów pomiarowych - Dz. U. Nr 77, poz. 730 [11].

Ten sam okres dotyczy również urządzeń pomiarowych wyposażonych w część elektroniczną, które nie wymagają odczytów bezpośrednio w miejscach instalacji wodomierzy. W budynkach wielomieszkaniowych na klatkach schodowych umieszczane są koncentratory danych, do których przesyłane są pomiary przepływów w jednokierunkowej transmisji danych z okresem, np. 15 min. Takie rozwiązanie pozwala na transmisję AMR (ang. *Automatic Meter Reading*) [3]. Na ogół możliwy jest też odczyt wskazań każdego z urządzeń oddzielnie. W Polsce nadal najczęściej dla potrzeb rozliczeń korzysta się z metody inkasenta, który dzięki technologii radiowej nie musi już wchodzić do mieszkań. Ciągłe do rzadkości należą systemy umożliwiające w pełni zdalny odczyt danych, stosujące transmisję za pośrednictwem Internetu lub wykorzystujące mobilną transmisję danych GSM/GPRS w ramach sieci komórkowych.

Dla potrzeb systemów wodociągowych, kanalizacyjnych i ciepłowniczych najczęściej wykorzystywanym protokołem w przesyłaniu danych jest M-Bus w rozwiązaniach przewodowych, a do transmisji radiowej - Wireless M-Bus (PN-EN 13757-4) [5]. W transmisji bezprzewodowej istotnym protokołem jest też ZigBee [3]. Wspomniane rozwiązania radiowe gwarantują stosunkowo mały zasięg - do kilkuset metrów w terenie otwartym, co jednak spełnia z powodzeniem warunki przesyłania danych między urządzeniami pomiarowymi a koncentratorem.

Tendencją w czołowych pod względem rozwoju technologicznego krajach jest dążenie do zarządzania gospodarką wodną i ściekową w czasie rzeczywistym, co zapewnia efektywne zarządzanie cennym zasobem, jakim jest woda i jednocześnie umożliwia minimalizację potrzebnej w tej technologii energii elektrycznej. Ten kierunek zmian ma przede wszystkim związek z narastającą migracją ludności do miast. Według prognoz Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) do roku 2050 odsetek ludności miejskiej wzrośnie do 70%, co stwarza różnorodne problemy, których rozwiązaniem mają być inteligentne miasta (ang. *Smart Cities*) [6]. Istotnym sektorem Smart City jest między innymi „inteligentna woda” (ang. *Smart Water*) [1, 4, 5]. Koncepcja inteligentnych miast wymaga olbrzymiej liczby pomiarów oraz przekazywania ich na znaczne odległości. Rozwiązań związanych z tym problemem dostarcza Internet Przedmiotów (ang. *IoT - Internet of Things*).

W ramach Internetu Przedmiotów węzły zawierające sensory („przedmioty”) łączą się z Internetem na ogół za pośrednictwem transmisji radiowej. Dla potrzeb Internetu Przedmiotów stworzono specjalną kategorię sieci bezprzewodowych LPWAN (ang. *Low Power, Wide Area Networks*), do której należą rozwiązania komunikacji radiowej niskiej mocy, umożliwiające transmisję na duże odległości. Dzięki znacznemu zasięgowi przyjęto transmisję jednoskokową - „przedmioty” łączą się z „bramą”, która jest połączona z Internetem. Moduły końcowe IoT („przedmioty”) są zwykle urządzeniami zasilanymi z baterii i bez wymiany źródła zasilania powinny pracować ponad 10 lat. LPWAN są więc bardzo dobrym rozwiązaniem również w takich dziedzinach, jak gospodarka wodna i kanalizacyjna, czy szeroko pojęta ochrona środowiska. Komunikacja może być realizowana w nielicencjonowanych pasmach ISM (ang. *Industrial, Scientific, Medical*) najczęściej poniżej 1GHz lub w licencjonowanych pasmach sieci komórkowych. Aktualnie dużą popularność zyskały systemy LoRa [2] i Sigfox należące do LPWAN. Dostrzeżono też duży potencjał tkwiący w licencjonowanych pasmach sieci komórkowych. Opracowywane są i wdrażane rozwiązania komunikacji wąskopasmowej NB-IoT (ang. *Narrow Band - Internet of Things*) umożliwiające łączenie szerokiej gamy urządzeń i usług za pomocą komórkowych pasm telekomunikacyjnych. W pracy przedstawiono rozwiązania radiowe dla IoT realizowane w pasmach telefonii komórkowej.