

EWA OGIOLDA*, MAŁGORZATA KOŁOSZYC**

OCENA HYDRAULICZNA WARUNKÓW PRACY ISTNIEJĄCEJ SIECI WODOCIĄGOWEJ W KROŚNIE ODRZAŃSKIM

Streszczenie

W artykule przedstawiono charakterystykę istniejącego systemu zaopatrzenia w wodę w miejscowości Krosno Odrzańskie. Przy pomocy programu Epanet wykonano obliczenia pozwalające na ocenę warunków pracy sieci, a sformułowane wnioski zastosowano do przeprowadzenia obliczeń symulacyjnych.

Słowa kluczowe: system zaopatrzenia w wodę, sieć wodociągowa, obliczenia hydrauliczne

Wstęp

Krosno Odrzańskie jest stolicą gminy położonej w zachodniej części województwa lubuskiego. Na terenie gminy, biorąc pod uwagę kryterium zasięgu terytorialnego, można wyróżnić następujące systemy zaopatrzenia w wodę [Plan Rozwoju]:

- system centralny, który obejmuje swoim zasięgiem miejscowości: Krosno Odrzańskie, Łochowice, Marcinowice, Osiecznica, Chyże, Kamień, Stary Raduszec (rys.1),
- system lokalny zasilający miejscowości: Wężyska, Czarnowo, Retno, Szklarka Radnicka,
- system grupowy, w skład którego wchodzi: Gostchorze – Radnica – Morsko, Czetowice – Bielów, Czarnowo – Sarbia, Retno – Strumiennie.

W celu zaopatrzenia gminy w wodę eksploatowanych jest siedem ujęć wraz ze stacjami uzdatniania wody w następujących miejscowościach: Krosno Odrzańskie, Czetowice, Gostchorze, Szklarka Radnicka, Retno, Czarnowo, Wężyska [Strategia Rozwoju].

* Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Inżynierii Łądowej i Środowiska, Instytut Inżynierii Środowiska, Zakład Sieci i Instalacji Sanitarnych

** Przedsiębiorstwo Drogowe „KONTRAKT” w Krośnie Odrzańskim

Większość urządzeń wodociągowych, wchodzących w skład systemu centralnego, została wybudowana w początkach lat 70-tych XX wieku, a rozbudowa objęła sieci wodociągowe we wsi Kamień w 1997 r. i Marcinowice – Osiecznica w 2005 r. [Plan Rozwoju].



*Rys. 1. Centralny system zaopatrzenia w wodę miasta Krosno Odrzańskie
[Strategia Rozwoju]*

*Fig.1. Water supply system in Krosno Odrzańskie according to Development Strategy
[Strategia Rozwoju]*

Charakterystyka systemu zaopatrzenia w wodę

System zaopatrzenia w wodę obejmuje Krosno Odrzańskie oraz przyległe do niego wsie: Łochowice, Marcinowice, Osiecznicę, Chyże, Kamień, Stary Raduszec, zamieszkiwane przez ok. 14600 mieszkańców. Zaopatrywany jest w wodę z ujęcia zlokalizowanego na zalesionych obszarach w Krośnie Odrzańskim, pomiędzy ul. Gubińską a obwodnicą miasta; w skład ujęcia wchodzi siedem studni wierconych. W pobliżu ujęcia przed 1945 rokiem została wybudowana stacja uzdatniania wody, która w latach siedemdziesiątych XX w. została wyłączona z eksploatacji. Po modernizacji oddano ją ponownie do użytku w 2007 roku. Wydajność stacji uzdatniania wody wynosi 160 m³/h [Sprawozdanie 2007].

Miasto podzielone jest na dwie części – Stare Miasto (dolna część) – usytuowane w dolinie Odry, u ujścia Bobru, na wysokości około 40 m n.p.m. i nowe miasto (górną część) – wybudowane na stromych zboczach pradoliny, na wysokości polodowcowej, na wysokości 80-85 m n.p.m. System wodociągowy jest systemem pompowym dwustrefowym ze strefowaniem szeregowym. Układ taki jest niezbędny ze względu na znaczne różnice rzędnych terenu w obrębie obszaru zasilania.

Pierwsza strefa ciśnienia obejmuje dolną część miasta oraz wsie: Chyże, Kamień i Stary Raduszec, a zasilana jest w wodę za pomocą pompowni usytuowanej w Stacji Uzdatniania Wody, skąd woda za pomocą pomp oraz dwóch rurociągów wtłaczana jest do zbiorników w górnej części miasta, która wraz z wsiami Marcinowice i Łochowice stanowi obszar drugiej strefy ciśnienia. Sieć wodociągowa ma układ mieszany pierścieniowo – rozgałęźny.

Woda uzdatniona tłoczona jest do sieci przy pomocy 5 pomp typu CR 64-3-2 firmy Grundfos, o mocy silnika 15kW; wydajność każdej z nich wynosi 64 m³/h. Pompownia II stopnia wyposażona jest w trzy pompy typu 150PJM-230 wyprodukowane przez Leszczyńską Fabrykę Pomp. Parametry techniczne pomp są następujące: zakres wydajności $Q=240\div360$ m³/h, zakres wysokości podnoszenia $H = 48\div69$ m. Pompy połączone są równolegle, dwie z nich pracują w sposób ciągły, natomiast trzecia stanowi rezerwę. Zaprojektowano także pięć zbiorników hydroforowych o pojemności $V=10$ m³ każdy i zakresie ciśnień 4,0÷5,5 atm. [Sprawozdanie 2007].

Sieć wodociągowa zbudowana jest z rurociągów o średnicach $\varnothing 80\div350$ mm, w 90% składa się z rurociągów żeliwnych, a pozostałe to przewody stalowe, z PCV i PE. Zagłębienie rurociągów wynosi 1,6÷2,0 m p.p.t. Długość sieci wodociągowej magistralnej wynosi 10,4 km, rozdzielczej – 52,1 km, przyłączy domowych – 23,9 km [Strategia Rozwoju].

Obliczenia hydrauliczne sieci wodociągowej

Obliczenia hydrauliczne sieci wodociągowej w Krośnie Odrzańskim przeprowadzono przy pomocy programu EPANET, który został opracowany przez Dział Zaopatrzenia w Wodę i Gospodarki Wodnej Amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska.

Program umożliwia symulację zmian warunków hydraulicznych w technologicznych układach tłocznych oraz sieciach wodociągowych współpracujących z pompowniami i zbiornikami wodociągowymi [Rossman 2000].

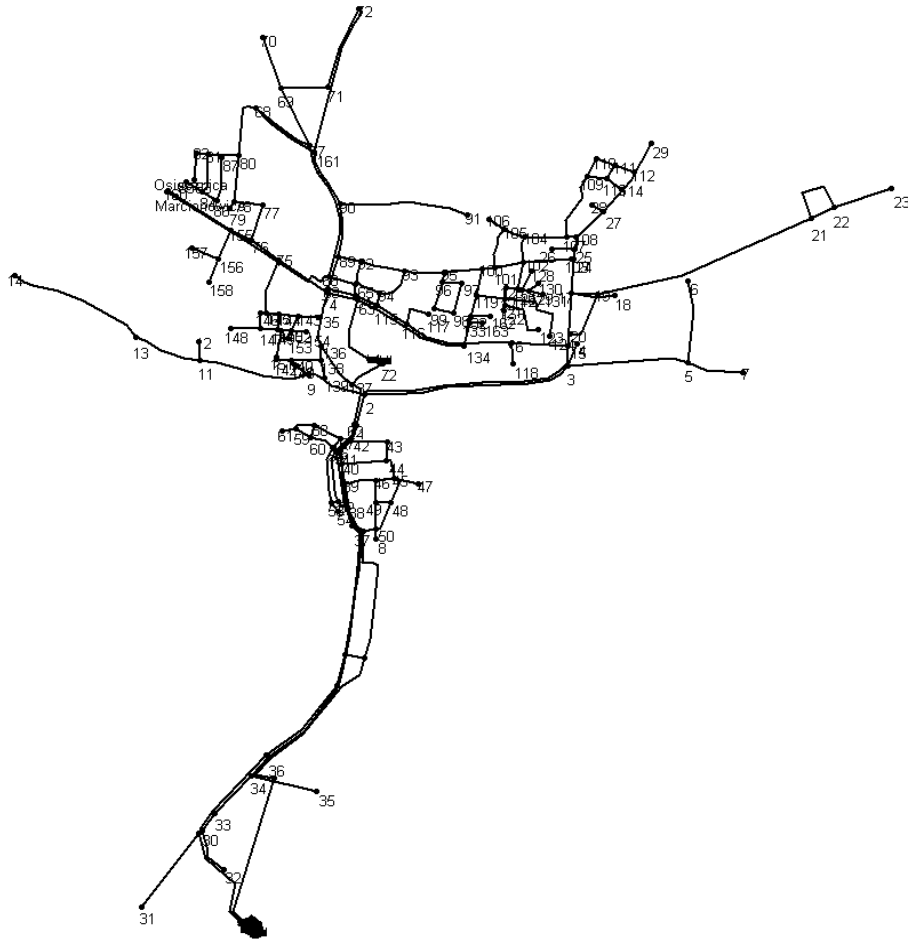
Dane wejściowe do obliczeń charakteryzują:

- układ sieci wodociągowej – przedstawiony w formie schematu obliczeniowego, tzw. grafu,
- rurociągi sieci - długości, średnice i chropowatość poszczególnych odcinków,
- węzły sieci - wielkości rozbioru wody, rzędne terenu,
- pompy – przebieg charakterystyki, liczba pomp,
- zbiorniki – rzędne zwierciadła wody.

Program EPANET pozwala na obliczenia parametrów pracy sieci przy zmiennym rozborze wody - rezultatami są wartości ciśnienia w węzłach sieci, natężenia i prędkości przepływu oraz straty ciśnienia na poszczególnych odcinkach rurociągów. Prezentacja wyników możliwa jest w formie tabelarycznej lub graficznej – jako graf sieci lub profil linii ciśnień. Program umożliwia także symulację zmian wybranych chemicznych wskaźników jakości wody.

Na podstawie obliczeń zapotrzebowania na wodę i uzyskanych danych dotyczących zużycia wody stwierdzono znaczną rozbieżność między tymi wielkościami (zapotrzebowanie na wodę w sieci wynosi ok. 140% rzeczywistego zużycia) [Sprawozdanie 2007]. W obliczeniach uwzględniono zatem różne warianty rozborów wody i zasilania sieci. Graf sieci wodociągowej w Krośnie Odrzańskim przedstawiono na rys. 2.

Ocenę warunków pracy istniejącego systemu przeprowadzono dla wariantów rozbioru wody i rzeczywistego zużycia, w godzinach rozbioru minimalnego i maksymalnego. W tabelach zamieszczono zakresy prędkości przepływu wody na odcinkach i ciśnień w poszczególnych węzłach. Obliczenia zostały wykonane dla systemu zaopatrzenia zasilanego przez pompownię II stopnia (tab. 1) oraz dla zaopatrzenia z zastosowaniem stacji hydroforów (tab. 2).



Rys. 2. Graf sieci wodociągowej w Krośnie Odrzańskim [Ogiółda 2009]

Fig. 2. Graph of water distribution system in Krosno Odrzańskie [Ogiółda 2009]

Przeprowadzono również obliczenia dla rozbioru maksymalnego z pożarem, w których sprawdzono wartości ciśnienia w najbardziej oddalonych węzłach (w zaopatrywanych przez wodociągi krośnieńskie wsiach). Został uwzględniony w nich dodatkowy rozbiór wody w ilości $5 \text{ dm}^3/\text{s}$ na wypadek wystąpienia pożaru. W tab. 3 przedstawiono obliczone wartości ciśnienia przy założeniu istniejących średnic rurociągów.

Tab. 1. Zakresy prędkości przepływu i ciśnienia w systemie zasilanym przez pompownię II stopnia

Tab. 1. Velocity and pressure ranges in system distributed by pumps

Warianty obliczeń	Ciśnienie [m]	Prędkość przepływu [m/s]
rozbiór maksymalny		
Zapotrzebowanie na wodę	17,50 ÷ 77,84	0,01 ÷ 1,76
Zużycie wody	19,97 ÷ 78,38	0,01 ÷ 1,88
rozbiór minimalny		
Zapotrzebowanie na wodę	24,01 ÷ 81,53	0,01 ÷ 2,06
Zużycie wody	24,27 ÷ 81,70	0,01 ÷ 2,08

Tab. 2. Zakresy prędkości przepływu i ciśnienia w systemie zasilanym przez stację hydroforową

Tab. 2. Velocity and pressure ranges in system distributed by pressure tank

Warianty	Ciśnienie	Prędkość przepływu [m/s]
	[m]	
rozbiór maksymalny		
Zapotrzebowanie na wodę	17,50 ÷ 54,66	0,01 ÷ 1,76
Zużycie wody	19,97 ÷ 55,14	0,01 ÷ 1,88
rozbiór minimalny		
Zapotrzebowanie na wodę	24,01 ÷ 73,23	0,01 ÷ 2,06
Zużycie wody	24,27 ÷ 73,40	0,01 ÷ 2,08

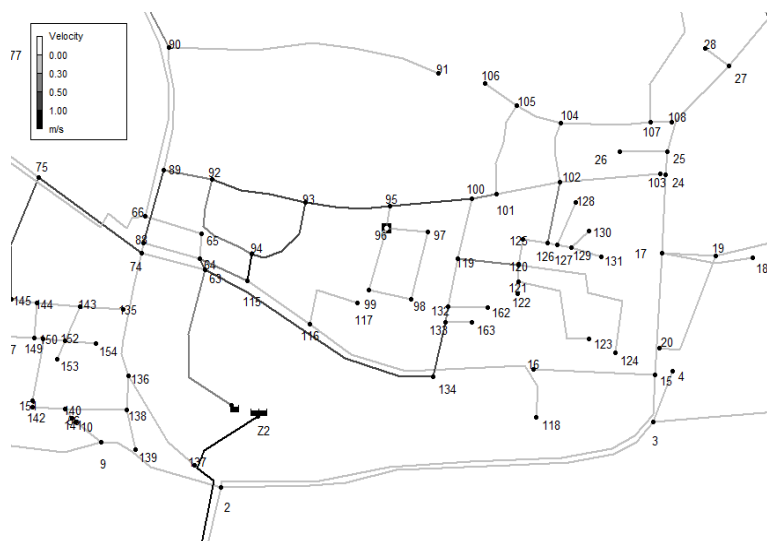
Tab. 3. Ciśnienia w najbardziej oddalonych węzłach sieci w czasie rozbioru maksymalnego z pożarem

Tab. 3. Pressure in the most far-away nodes during fire flow

Miejscowość	Średnica rurociągu [mm]	Ciśnienie [m H ₂ O]
Kamień	100	17,07
Chyże	80	- 4,21
Łochowice	80	20,08
Marcinowice	160	26,15
Osiecznica	100	-16,63

Analiza wyników obliczeń

Przeprowadzona analiza wykazała znaczną rozbieżność między obliczonymi wartościami zapotrzebowania, a wielkością rzeczywistego zużycia wody, która wynikać może z oszczędności prowadzonych przez odbiorców wody. Rzutuje ona na warunki pracy i stan sieci wodociągowej. Na podstawie analizy prędkości przepływu stwierdzono, że w większości odcinków zakres prędkości przepływu wody wyniosły $0,35 \div 1,5$ m/s; w nielicznych przypadkach wartości są bliskie zeru, co może być spowodowane przewymiarowaniem średnic przewodów lub obniżeniem wartości natężenia przepływu w stosunku do wartości projektowanych. W jednym z odcinków sieci (przewód magistralny – od mostu do zbiorników pompowni strefowej w górnej części miasta) wartości prędkości przepływu wody przekroczyły 2 m/s. Porównując wyniki przeprowadzonych obliczeń można zauważyć wyraźną różnicę pomiędzy zakresem ciśnienia w systemie zaopatrzenia zasilanym przez pompownię II stopnia i w przypadku zastosowania hydroforów. Wartości ciśnienia w poszczególnych węzłach w wariancie zasilania przez pompownię są zbyt wysokie. Bliższe wartościom zalecanym są wartości obliczone w wariancie zasilania sieci przez stację hydroforów. Na rys. 3 przedstawiono graf fragmentu sieci wodociągowej zasilanej przez stację hydroforów z zaznaczonymi wartościami prędkości przepływu w poszczególnych węzłach dla rozbioru maksymalnego i ciśnienia 4,0 atm.

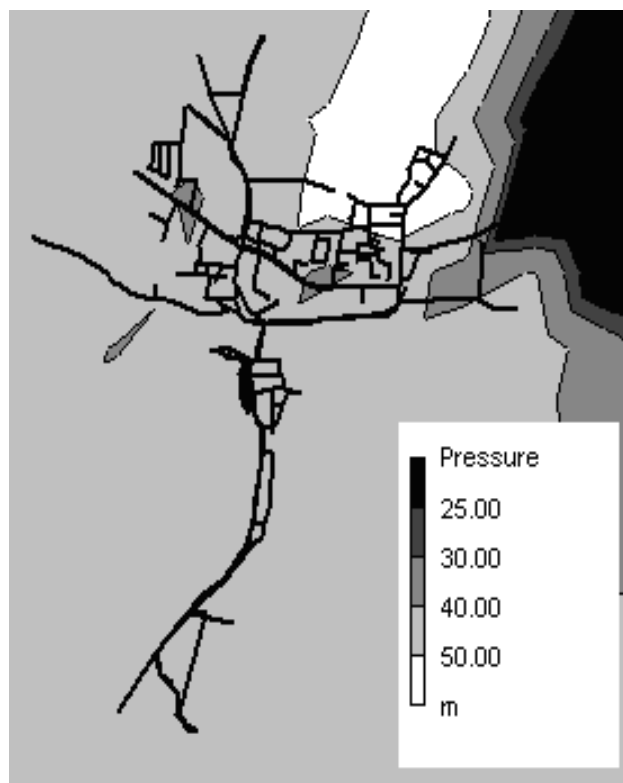


Rys. 3. Graf fragmentu sieci wodociągowej zasilanej przez stację hydroforową - prędkości przepływu na poszczególnych odcinkach dla rozbioru Q_{max}

Fig. 3. Graph of pipe network part in system distributed by pressure tank - velocity of flow during maximum demands of water

Na rys. 4. przedstawiono zakresy ciśnienia w obrębie obszaru zasilania dla wariantu rozbioru Q_{\min} i zasilania przez stację hydroforową.

Z analizy wyników uzyskanych przy założeniu rozbioru maksymalnego z pożarem wynika, że ciśnienie wody we wsiach: Kamień, Łochowice oraz Marcinowice będzie wystarczające, natomiast w pozostałych dwóch wsiach niezbędne jest zwiększenie średnic przewodów.



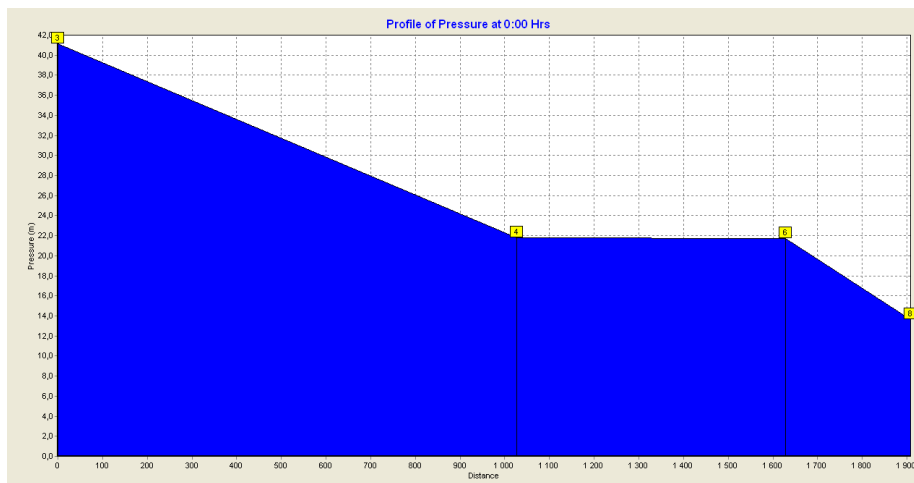
Rys. 4. Zakresy ciśnienia na obszarze zasilania przy rozbiorze Q_{\min} i zasilaniu przez stację hydroforową

Fig. 4. Contour plot – pressure ranges during minimum demands and distribution by pressure tank

Uwzględniając wnioski dotyczące warunków hydraulicznych pracy sieci wodociągowej, przeprowadzono obliczenia symulacyjne, w których wprowadzono następujące modyfikacje:

- założono zmianę średnicy przewodu magistralnego zasilającego pompownię strefową z $\varnothing 200$ na $\varnothing 250$, co spowodowało obniżenie prędkości przepływu do 1,50 m/s,

- zwiększono średnice rurociągów doprowadzających wodę do wsi Chyże i Osiecznica – wartości ciśnienia w czasie rozbioru maksymalnego z pożarem wynosiły: we wsi Chyże – 13,64 m, we wsi Osiecznica – 16,93 m.
- Na rys. 5 przedstawiono profil linii ciśnień na trasie Krosno Odrzańskie – Chyże przy rozbiorze $Q_{max+poż}$ dla średnicy rurociągu $\varnothing 100$.



Rys. 5. Profil linii ciśnień na trasie Krosno Odrzańskie – Chyże przy rozbiorze $Q_{max+poż}$ dla średnicy rurociągu $\varnothing 100$

Fig. 5. Pressure profile between nodes Krosno Odrzańskie and Chyże during fire flow when $\varnothing 100$ is applied

Wnioski

Przeprowadzone przy użyciu programu EPANET obliczenia hydrauliczne sieci wodociągowej pozwoliły na analizę warunków pracy sieci i sformułowanie wniosków dotyczących stanu istniejącego, a wykonane obliczenia symulacyjne umożliwiły stwierdzenie zasadności wprowadzenia zmian.

Ciśnienia w sieci są zadowalające w przypadku, gdy tłoczenie wody odbywa się przy pomocy stacji hydroforów. Zakres nastaw hydroforów, przy zastosowaniu których ciśnienia osiągną wartości optymalne, to 4,0÷4,7 atmosfer.

Obliczenia symulacyjne wykazały, że uzasadnione w kilku przypadkach są wymiany rurociągów:

- Krosno Odrzańskie – Chyże – zmiana z $\varnothing 80$ na $\varnothing 100$,
- Krosno Odrzańskie – Osiecznica – zmiana z $\varnothing 100$ na $\varnothing 160$,
- rurociąg magistralny na odcinku przejścia przez rzekę – zmiana z $\varnothing 200$ na $\varnothing 250$.

Zalecane jest regularne płukanie odcinków sieci, w których prędkość przepływu jest zbyt niska.

Literatura

1. KOŁOSZYC M.: *Koncepcja modernizacji sieci wodociągowej w Krośnie Odrzańskim*. Praca magisterska. Uniwersytet Zielonogórski. Zielona Góra 2009
2. ROSSMAN L.: *EPANET 2, Users Manual*. National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH 45268, 2000
3. *Plan Rozwoju Lokalnego Gminy Krosno Odrzańskie na lata 2007-2013*. Urząd Miasta w Krośnie Odrzańskim
4. *Sprawozdanie o wodociągach i kanalizacji za 2007 r.* Zakład Gospodarki Komunalnej i Mieszkaniowej w Krośnie Odrzańskim
5. *Strategia rozwoju gminy i miasta Krosno Odrzańskie na lata 2000-2015*. Urząd Miasta w Krośnie Odrzańskim

ESTIMATION OF HYDRAULIC WORK CONDITIONS OF WATER PIPE NETWORK IN KROSNO ODRZANSKIE

S u m m a r y

Characteristic of exploited water supply system in Krosno Odrzanskie in this paper was shown. Calculations were made by means of Epanet and their results were applied to simulation calculations.

Key words: water supply system, pipe network, hydraulic calculation