

EWA OGIOŁDA\*, AGATA UCHMAN\*\*

## OCENA HYDRAULICZNA WARUNKÓW PRACY SIECI WODOCIĄGOWEJ W ŁĘŻYCY W GMINIE ZIELONA GÓRA

### *Streszczenie*

*Artykuł przedstawia wyniki obliczeń hydraulicznych sieci wodociągowej w Łężyicy k. Zielonej Góry przeprowadzonych przy pomocy programu Epanet. Umożliwiły one ocenę parametrów sieci pracującej w warunkach zróżnicowanego zużycia wody – odpowiadającego zarówno wartościom dla stanu istniejącego, jak i dla wariantów symulacyjnych. Uzyskane rezultaty były podstawą wniosków istotnych w prowadzeniu procesu eksploatacji.*

Słowa kluczowe: sieć wodociągowa, obliczenia hydrauliczne, obliczenia symulacyjne

### WSTĘP

Dostarczanie odbiorcom wody o wymaganej jakości, w wystarczającej ilości i pod odpowiednim ciśnieniem, a także o akceptowalnej cenie to zadanie systemu wodociągowego oraz służb nim zarządzających, nałożone na nie przez Ustawę z dnia 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków (Dz.U. 2001 nr 72 poz. 747 z p. zm.).

Systemy zaopatrzenia w wodę są projektowane przy założeniu wieloletniej eksploatacji, która przebiega w zróżnicowanych warunkach – zmienia się liczba odbiorców wody, sieci są rozbudowywane, a zużycie jednostkowe wody często również odbiega od zapotrzebowania przyjętego na etapie projektowania. Wraz z tymi wartościami zmianom ulegają także parametry pracy systemu. Istnieją narzędzia, które pozwalają na wykonanie obliczeń hydraulicznych systemów, zarówno na etapie projektowania, jak i eksploatacji. Uzyskiwane wyniki pozwalają określić wpływ wprowadzanych zmian na parametry pracy systemu dostawy wody [Denczew 2003, Kotowski 2010].

---

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

\*\* Uniwersytet Zielonogórski, studentka kierunku Inżynieria Środowiska

### CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Przedmiotem analizy jest sieć wodociągowa w Łężycy położonej w gminie Zielona Góra, oddalonej od miasta o 5 km. Zabudowa na jej terenie to budynki jednorodzinne, brak tu obiektów typowo rolniczych, prowadzona jest działalność o charakterze handlowym i usługowym, funkcjonuje ogrodnictwo oraz ferma drobiu. Woda jest więc zużywana na cele bytowe mieszkańców oraz cele gospodarcze – podlewanie upraw, czy cele hodowlane. Liczba mieszkańców wynosi 774 osoby (stan z dn. 31.12.2011).

Dane dotyczące rocznego zużycia wody z podziałem na elementy zagospodarowania przestrzennego zamieszczono w tabeli 1.

*Tab. 1. Roczne zużycie wody w Łężycy [Zestawienie zużycia wody, 2011]*

*Tab.1. Annual water consumption in Łężycy [Zestawienie zużycia wody, 2011]*

| Elementy zagospodarowania przestrzennego |                    | Zużycie wody [ $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ ] |
|--|--------------------|---|
| mieszkalnictwo                           | jednorodzinne      | 17875   |
| usługi                                   | sklep              | 115   |
| przemysł                                 | ogrodnictwo, ferma | 195   |
| suma                                     |                    | 18185   |

Łężycy zaopatrywana jest przez odrębny system zaopatrzenia w wodę. Ujęcie składa się z 2 studzien wierconych, wykonanych w 1996 r., zlokalizowanych w obrębie obszaru zabudowy. W stacji uzdatniania woda surowa jest kierowana na dwa filtry ciśnieniowe  $\varnothing 1200\text{mm}$ , stabilizacja składu chemicznego wody prowadzona jest natomiast na filtrach wypełnionych warstwą złoża odkwaszającego. Zasoby eksploatacyjne ujęcia wynoszą  $30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

Sieć wodociągowa zasilana jest przez 2 pompy głębinowe typu SP-27-9 firmy Grundfos, charakteryzuje się układem mieszanym pierścieniowo - promienistym. Długość rurociągów wykonanych z polietylenu wynosi ok. 7400 m, z czego ok. 6850 m to rurociągi o średnicy  $\varnothing 90 \text{ mm}$ , a pozostałe to  $\varnothing 110 \text{ mm}$ . Łężycy jest rozbudowywana, wobec czego zwiększa się liczba odbiorców wody, w miarę jak sukcesywnie następuje podłączanie kolejnych domów do wykonanej sieci wodociągowej i eksploatacja przyłączy [Uchman, 2007].

### METODYKA BADAŃ

Analizę parametrów pracy systemu przeprowadzono przy użyciu programu EPANET opracowanego przez Dział Zaopatrzenia w Wodę i Gospodarki Wodnej Amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska.

Program umożliwia przeprowadzenie zarówno obliczeń hydraulicznych sieci wodociągowych, jak i oceny jakości przepływającej wody. Punktem wyjścia do obliczeń jest graf sieci oraz dane opisujące poszczególne jego elementy [Rossman, 2000]:

- rurociągi – średnica, długość, chropowatość, współczynnik strat miejscowych,
- węzły obliczeniowe – rzędne rurociągu, rozbiór wody,
- pompy – współrzędne charakterystyki,
- zbiorniki – rzędne zwierciadła, rzędna terenu.

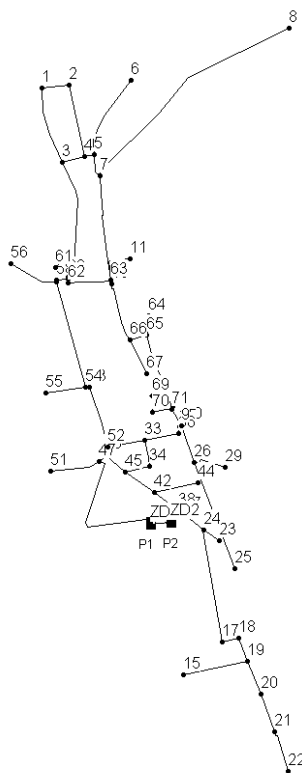
Rezultatami obliczeń są wartości ciśnienia w węzłach sieci, natężenia i prędkości przepływu oraz straty ciśnienia w poszczególnych rurociągach. Dane wejściowe i wyniki obliczeń przedstawiane są zarówno w formie tabelarycznej, jak i graficznej (grafy, profile linii ciśnień, rozkłady ciśnienia itd.).

Program umożliwia wybór formuły, przy pomocy której następuje obliczanie strat ciśnienia: Darcy – Weisbacha, Hazena – Williamsa i Chezy – Manninga. W prezentowanych obliczeniach wybrano formułę Darcy – Weisbacha [Mielcarzewicz, 2000]:

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

- gdzie:  $\Delta h$  – strata ciśnienia na odcinku, m,  
 $\lambda$  – współczynnik liniowych oporów tarcia,  
 $l$  – długość rurociągu, m,  
 $d$  – wewnętrzna średnica rurociągu, m,  
 $v$  – prędkość przepływu,  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  
 $g$  – przyspieszenie ziemskie,  $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

Przy pomocy programu EPANET opracowano model hydrauliczny sieci o układzie mieszanym, którego podstawą jest 7 obwodów zamkniętych. Na całość składają się 62 węzły i 71 rurociągów, pompownia i zbiornik dolny. Graf przedstawiono na rys. 1.



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

### WYNIKI BADAŃ

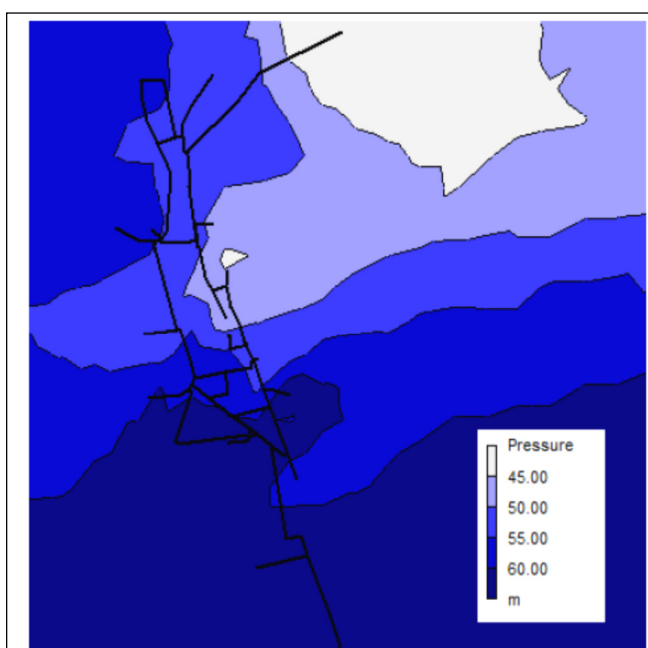
Prezentowane wyniki dotyczą obliczeń przeprowadzonych dla maksymalnego rozbioru wody, przy uwzględnieniu różnych wariantów obciążenia sieci. Wielkości rozborów ustalono na podstawie zużycia, zależnego od liczby i lokalizacji odbiorców, a odpowiednio do specyfikacji programu EPANET podano je jako rozbiory węzłowe. Określono także rzędne terenu w poszczególnych węzłach sieci oraz rzędne ciśnienia gospodarczego, obliczone przy uwzględnieniu wysokości zabudowy. Chropowatość rurociągów założono na poziomie  $k = 0,4 \text{ mm}$  [Kotowski, 2010]. Z parametrów obliczanych przez program w trakcie analizy skupiono się na prędkościach przepływu, charakteryzujących kolejne odcinki rurociągów i rzędnych ciśnienia w poszczególnych węzłach.

Na wstępie wykonano analizę stanu istniejącego – przeprowadzono obliczenia odpowiadające aktualnej wielkości zużycia wody. Zakresy parametrów pracy systemu zamieszczono w tabeli 2 a graficzną prezentację rozkładu ciśnienia przedstawiono na rys. 2.

Tab. 2. Zakres parametrów istniejącej sieci wodociągowej

Tab. 2. Ranges of exploited water network parameters

| Parametr  | wartości minimalne | wartości maksymalne |
|---|--------------------|---------------------|
| Prędkość przepływu [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ] | 0,01               | 1,21                |
| Ciśnienie wody [m]                                  | 41,74              | 60,06               |



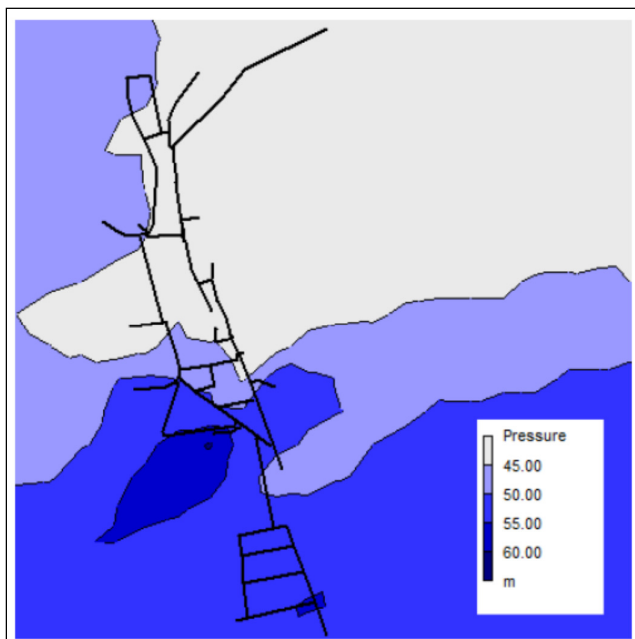
Rys. 2. Rozkład ciśnienia w istniejącej sieci wodociągowej

Fig. 2. Contour plot of pressure in exploited water network

Przeprowadzono także obliczenia symulacyjne, w których zapotrzebowanie na wodę oszacowano, uwzględniając perspektywy rozbudowy, a jednostkowe wskaźniki zużycia wody przyjęto na poziomie odpowiadającym stanowi istniejącemu. Dodatkowe rozbiory wody uwzględniono tam, gdzie projektowane są przyłącza wodociągowe. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 3 i na rys. 3.

Tab. 3. Zakres parametrów dla perspektywicznego zapotrzebowania na wodę  
 Tab.3. Ranges of designed water demand parameters

| Parametr  | wartości minimalne | wartości maksymalne |
|---|--------------------|---------------------|
| Prędkość przepływu [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ] | 0,01               | 1,41                |
| Ciśnienie wody [m]                                  | 33,16              | 53,13               |

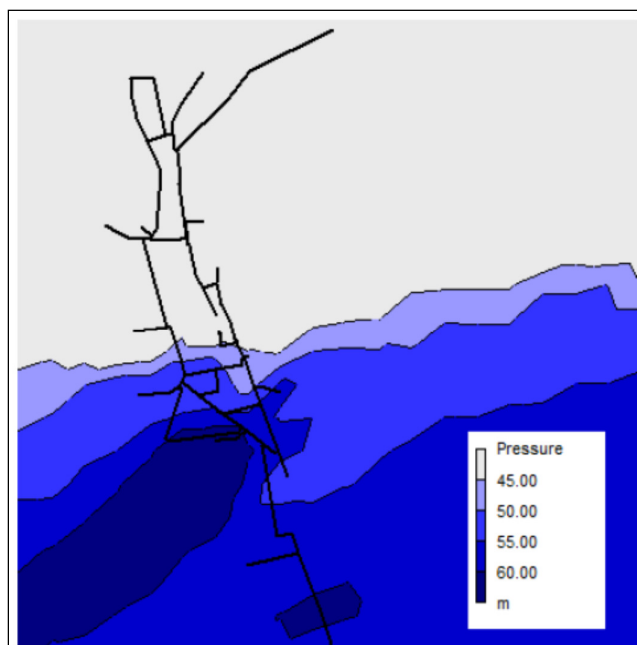


Rys. 3. Rozkład ciśnienia w sieci wodociągowej – obliczenia symulacyjne  
 Fig.3. Contour plot of pressure in water network – simulation calculation

Kolejne obliczenia przeprowadzono dla rozbioru maksymalnego z uwzględnieniem pożaru. W jednym z węzłów założono dodatkowy rozbiór  $5 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  na wypadek pożaru. Uzyskane wyniki – ujemne wartości ciśnienia w części węzłów obliczeniowych wykazały, że praca 2 pomp nie zapewni odpowiedniego ciśnienia w warunkach ekstremalnego rozbioru. Przeprowadzono zatem obliczenia symulacyjne, w których założono zasilanie układu przez 3 pompy – parametry zamieszczono w tabeli 4, a graficzną prezentację rozkładu ciśnienia przedstawiono na rys. 4.

Tab. 4. Zakres parametrów w warunkach rozbioru maksymalnego z pożarem  
 Tab.4. Ranges of parameters during maximum water demand with fire

| Parametr  | wartości minimalne | wartości maksymalne |
|---|--------------------|---------------------|
| Prędkość przepływu [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ] | 0,01               | 1,77                |
| Ciśnienie wody [m]                                  | 14,22              | 58,09               |



Rys. 4. Rozkład ciśnienia w sieci wodociągowej – rozbiór maksymalny z pożarem  
 Fig. 4. Contour plot of pressure in water network - maximum water demand with fire

#### DYSKUSJA WYNIKÓW I WNIOSKI

Przeprowadzone przy użyciu programu EPANET obliczenia hydrauliczne pozwoliły na analizę warunków pracy sieci. Uzyskane wartości parametrów pracy systemu wskazują, że ciśnienie, zarówno przy aktualnym obciążeniu sieci, jak i po podłączeniu w kolejnych latach nowych odbiorców, w godzinach maksymalnego rozbioru pozwolą na czerpanie wody w każdym punkcie sieci. W warunkach ekstremalnych – zaistnienia pożaru - ciśnienie będzie wystarczające pod warunkiem zainstalowania kolejnej pompy.

Wartości prędkości przepływu na wielu odcinkach są zbyt niskie – sytuacja ulegnie poprawie w miarę rozbudowy miejscowości i wzrostu zużycia wody, jednak zastosowanie rurociągów o mniejszych średnicach skutkowałyby problemami z czerpaniem wody w przypadku zaistnienia pożaru. W przebiegu eksploatacji należy zatem pamiętać o potrzebie płukania rurociągów.

W obliczeniach wykazano możliwość wykorzystania modeli hydraulicznych do oceny parametrów systemu wodociągowego. Szczególnie przydatne są one do wykonywania obliczeń symulacyjnych.

#### LITERATURA

1. DENCZEW, S.; KRÓLIKOWSKI, A.; 2003. Podstawy nowoczesnej eksploatacji układów wodociągowych i kanalizacyjnych. Arkady, Warszawa.
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, 43-48.
3. MIELCARZEWICZ, E.; 2000. Obliczanie systemów zaopatrzenia w wodę. Arkady, Warszawa.
4. 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.
5. UCHMAN, A.; 2007. Operat wodnoprawny na pobór wód podziemnych dla potrzeb wodociągu Łężyca gm. Zielona Góra oraz odprowadzanie do zlewni popłuczyn ze stacji uzdatniania wody w Łężycy. Zielona Góra.
6. Zestawienie zużycia wody za rok 2011 dla miejscowości Łężyca. Komunalny Zakład Gospodarczy Gminy Zielona Góra. Zawada.

### ESTIMATION OF HYDRAULIC WORK CONDITIONS OF WATER PIPE NETWORK IN ŁĘŻYCA IN ZIELONA GÓRA COMMUNE

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

*The results of water network in Łężyca in Zielona Góra commune carried out with EPANET are presented in this paper. They make possible to evaluate parameters of both current water consumption and simulation calculation – for conditions of water demand designed in future. Conclusions should be important for exploitators of water network.*

Key words: water network, hydraulic calculation, simulation calculation