

IRENEUSZ NOWOGOŃSKI^{*}, KAROLINA RABURSKA^{}**

**KONCEPCJA ZAOPATRZENIA W WODĘ GMINY LIPNO
Z ANALIZĄ WYKORZYSTANIA
ISTNIEJĄCYCH ŹRÓDEŁ ZASILANIA**

Streszczenie

W pracy zaprezentowano przykład wykorzystania modelu komputerowego do oceny istniejących systemów zaopatrzenia w wodę. Wykorzystano program Epanet. Stwierdzono znaczne rozproszenie źródeł zasilania w wodę. Zaproponowano cztery warianty umożliwiające poprawę ciśnienia rozprężalnego oraz zmniejszenie działających źródeł zasilania.

Słowa kluczowe: symulacja, system zaopatrzenia w wodę

WSTĘP

Gospodarka wodno-ściekowa jest podstawowym elementem funkcjonowania gminy, jako samodzielnej jednostki terytorialnej. Zbiorcze zaopatrzenie w wodę stanowi podstawę egzystencjalną mieszkańców oraz zlokalizowanych na terenie gminy zakładów przemysłowych i gospodarstw rolnych. Dostępność, a szczególnie jakość wody przyczynia się w znacznym stopniu do atrakcyjności inwestycyjnej i wzrostu gospodarczego regionu. Dobrze funkcjonujący wodociąg jest dziś jednym z głównych elementów bytowania człowieka. Rozbudowa, modernizacja oraz poprawa niezawodności systemu wodociągowego i jakości wody to priorytetowe zadania, jakie stają przed administracją samorządową. Tworzone obecnie i konsekwentnie realizowane strategie rozwoju regionalnego stworzyły m. in. konieczność opracowywania koncepcji modernizacji systemu zaopatrzenia w wodę dla Gminy Lipno. Prognozowany rozwój infrastruktury gminnej, głównie z zakresu budownictwa mieszkaniowego, usług nieuciążliwych, turystyki i rekreacji, wiąże się z pilną potrzebą analizy istniejącego systemu. Wytyczone kierunki modernizacji oraz rozbudowy zmierzają do optyma-

^{*} dr inż., Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Zielonogórski

^{**} mgr inż., absolwentka Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska, kierunek: Inżynieria Środowiska

lizacji pracy układu, obniżenia kosztów jego eksploatacji, zapewniając przy tym pokrycie perspektywicznego zwiększonego zapotrzebowania na wodę.

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA GMINY

Gmina Lipno położona jest w południowo-zachodniej części województwa wielkopolskiego w powiecie leszczyńskim. Gmina ta jest jedną z najmniejszych w województwie, obejmuje ona swoim zasięgiem obszar 103,43 km². Jest to gmina wiejska, na jej terenie znajduje się 15 wsi sołeckich.

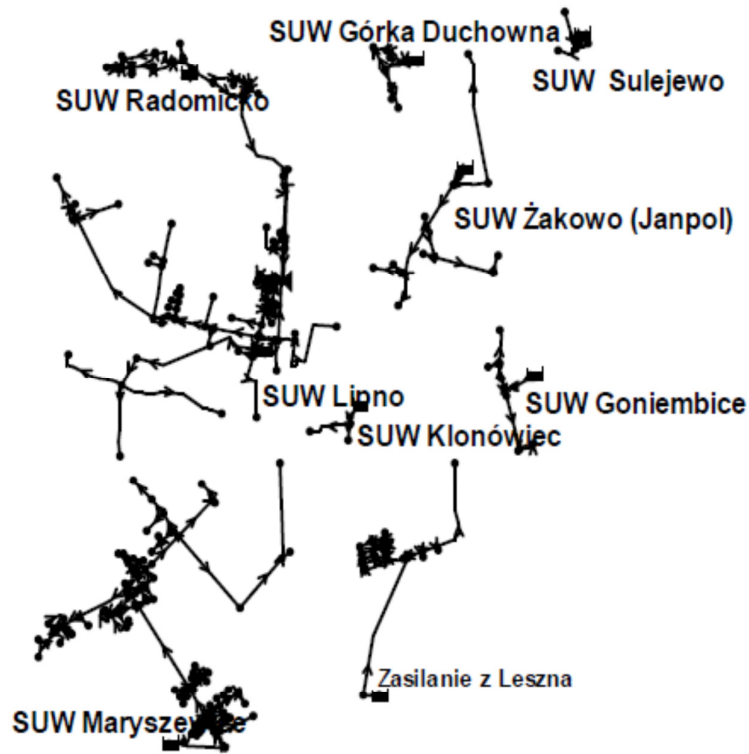
Na terenie Gminy Lipno w dniu 31 grudnia 2006 roku mieszkało 5 799 osób. Liczba ta w ostatnich latach szybko wzrasta. Istotny wpływ na liczbę ludności w gminie, oprócz przyrostu naturalnego, miało zjawisko migracji. Gmina sąsiaduje bezpośrednio z Leszmem. W ostatnich latach mieszkańcy dużych miast, mają tendencję do wyprowadzania się z obszarów miejskich i osiedlania w podmiejskich gminach. Ta tendencja sprawia, że również w Gminie Lipno saldo migracji jest wysoko dodatnie.

Gęstość zaludnienia na terenie Gminy jest niższa niż średnia krajowa. [Raport o stanie gminy 2007].

ANALIZA ISTNIEJĄCEJ GOSPODARKI WODNEJ GMINY LIPNO

Analiza stanu aktualnego systemu zaopatrzenia w wodę gminy Lipno wykonana została w oparciu o raport opracowany dla Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Lesznie będącego administratorem sieci.

Zgodnie z danymi Urzędu Gminy z października 2008 roku zameldowanych było 6181 osób. Niemal do wszystkich miejscowości wodę dostarczają systemy wodociągów zbiorowych, z wyjątkiem Błotkowa, gdzie liczba mieszkańców wynosi 13 osób i nie zrealizowano sieci wodociągowej. Eksploatuje się osiem stacji wodociągowych zasilających osiem odrębnych układów sieci wodociągowych, z których jedynie dwa są obecnie ze sobą połączone, lecz sztucznie rozdzielone zasuwami. Gminne sieci wodociągowe zasilane są z odrębnych ośmiu Stacji Uzdatniania Wody (SUW). Sieć wodociągowa w Gronówku jest zasilana z sieci wodociągowej miasta Leszna. Na terenie gminy działają też dwa wodociągi zakładowe, w tym jeden należy do Jednostki Wojskowej w Lesznie (wodociąg Wyciążkowo-Poligon), drugi natomiast do prywatnego przedsiębiorcy - wodociąg Gronówko. Oba wyposażone są tak, jak wodociągi komunalne. Schemat sieci przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat analizowanych sieci wodociągowych [Bylka 2009]

Fig. 1. Analysed water pipe networks [Bylka 2009]

Obecnie eksploatowane układy wodociągowe projektowano i budowano ponad trzydzieści lat temu, w okresie, gdy duże państwowe gospodarstwa rolne były największymi odbiorcami wody a przy niskich opłatach, zapotrzebowanie na wodę było znacznie większe. Zgodnie z obserwacjami pogorszył się stan techniczny eksploatowanych urządzeń. W ostatnich latach zmniejszyło się zapotrzebowanie w większości układów, z wyjątkiem wodociągów zasilających Lipno i Wilkowice, gdzie ostatnio znacznie rozwinęło się budownictwo mieszkaniowe [Bylka 2009].

W tabeli 1 zestawione są dane z pozwoleń wodnoprawnych o wartościach wielkości charakteryzujących ilość wody, jaka może być pobierana z ujęcia. Dane odnoszą się do wartości, o jakie wnioskowano i tych jakie zostały przy-

znane. Dodatkowo zestawiono także średniodobowe ilości wody tłoczonyj ze stacji do sieci w 2008 r.

Tab. 1. Ilość wody – dane z pozwoleń wodnoprawnych [Bylka 2009]

Tab. 1. Water quantity - the data from water-use certifications [Bylka 2009]

Stacje wodociągowe	Przyznane			Zasoby	W roku 2008 do sieci	Liczba osób	Do sieci na mk/d
	$Q_{d_{sr}}$ m ³ /d	$Q_{d_{max}}$ m ³ /d	$Q_{h_{max}}$ m ³ /h	$Q_{h_{max}}$ m ³ /h	$Q_{d_{sr}}$ m ³ /d	mk	m ³ /mk/d
Lipno	424	720	30	30	267	1750	0,153
Maryszewice	424	720	30	30	398	1840	0,216
Radomicko	140	350		28	145	508	0,285
Goniembice	80	150		31	67	399	0,168
Sulejewo	47	80	4,4	8,5	15	110	0,136
Górka Duchowna	163		22	23	60	504	0,119
Klonówiec	174	296	14,8	14,8	39	373	0,105
Żakowo	75	130		22	41	423	0,097
Razem	1527			187,3	1032	5907	0,175

Analizując zgromadzone dane (tabela 1) można zauważyć się, że w przypadku niemal wszystkich stacji wodociągowych (za wyjątkiem Radomicka), przyznane limity średniodobowe są większe od notowanych w ostatnich dwóch latach średniodobowych objętości wody tłoczonyj do sieci. W przypadku wsi Maryszewice różnica szacowana w 2008 roku jest niewielka.

MODEL SIECI ZAOPATRZENIA W WODĘ DLA GMINY LIPNO

W przygotowaniu modelu modernizacji sieci zaopatrzenia w wodę gminy Lipno zastosowana została aplikacja EPANET, która daje możliwość pełnego

odwzorowania pracy sieci wodociągowej wraz z uwzględnieniem zmian zużycia wody w czasie [Rossman 2000].

Przyjęto poniższe założenia do modelu Epanet:

- zasilane sieci wodociągowej stanowią układy pompowe z klasycznymi zbiornikami hydroforowymi;
- w miejscach zasilania sieci założono stałe wartości rzędnych naporu;
- ciśnienie w miejscu zasilania stopniowo się zwiększa w trakcie napełnienia zbiornika aż do momentu osiągnięcia wartości maksymalnej;
- w rurociągach nie zalegają osady które mogą mieć wpływ ich na zdolności przepustowe;
- wszystkie zasuwy są otwarte a struktura sieci – trasy przewodów i ich wzajemne połączenia, są takie jak je odwzorowano w modelu;
- przewody sieci wodociągowej opisano w modelu jako wykonane z PVC.

W modelu, ze względu na brak danych dotyczących charakterystyk pomp nie odwzorowano pompowni zasilających sieci. W miejscu usytuowania stacji odwzorowano zbiornik typu rezerwuuar, w którym poziom zwierciadła jest równy naporowi, jaki ustala się w miejscu zasilania sieci wtedy, gdy ciśnienie w hydroforze ma minimalną wartość (moment włączenia pompy).

Zarządca sieci – Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Lesznie wykazuje w swoich raportach następujące trudności eksploatacyjne:

- okresowe niedobory ciśnienia na ulicy Krańcowej i obrzeżach Mórkowa,
- okresowa zła jakość wody w sieci Lipno;
- okresowa zła jakość wody w sieci Maryszewice,
- niedobory ciśnienia w Wilkowicach – rejon ulicy Szkolnej i Świąteczowskiej;
- okresowe niedobory ciśnienia i okresowa zła jakość wody w sieci Górka Duchowna;
- bardzo zły stan techniczny stacji uzdatniania wody w Klonówcu;
- zły stan techniczny stacji w Sulejewie a także występujące okresowo niedobory ciśnienia;
- znaczny stopień dekoncentracji, duża ilość stacji wodociągowych, zwiększa koszty utrzymania i eksploatacji, choć jednocześnie zmniejsza długość magistral przesyłowych;
- znaczny wzrost ilości odbiorców w Lipnie i Wilkowicach.

Tab. 2. Wzorzec zmian rozbiórów w godzinach dla doby przyjęty w modelu [Dane MPWiK Leszno 2007]

Tab. 2. Time pattern used in model [MPWiK Leszno data 2007]

Godzina	% Q dob	przelicznik (pattern)
1	1	0,10
2	1	0,10
3	1,5	0,14
4	3	0,29
5	5,5	0,53
6	8	0,77
7	8	0,77
8	4,5	0,43
9	2	0,19
10	2	0,19
11	3	0,29
12	4	0,38
13	8	0,77
14	6	0,58
15	3	0,29
16	3	0,29
17	4	0,38
18	4	0,38
19	10,4	1,00
20	7	0,67
21	4	0,38
22	4,1	0,39
23	2	0,19
24	1	0,10

ANALIZA WYKORZYSTANIA ISTNIEJĄCYCH ŹRÓDEŁ ZASILANIA

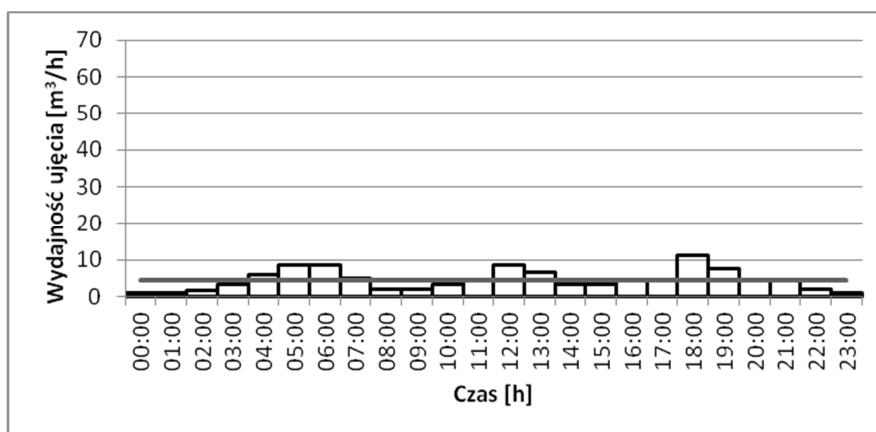
Biorąc pod uwagę dane z raportów Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Lesznie, a także wyniki analizy i oceny istniejących źródeł zasilania i sieci wybrano cztery rozwiązania umożliwiające zmniejszenie punktów zasilania.

Warianty obliczeniowe to:

- koncepcja 1 – połączenie sieci Górka Duchowna, Żakowo, Sulejewo i Klonówek;
- koncepcja 2 – połączenie sieci zaopatrzenia w wodę ze stacji Lipno i Maryszewic;
- koncepcja 3 – połączenie sieci miejscowości Klonówek oraz Lipno;
- koncepcja 4 – współpraca sieci w Górcie Duchownej, Żakowie, Sulejewie i Goniembicach.

Jako pierwszą przeprowadzono analizę hydrauliczną sieci wodociągowych prowadzoną przy założeniu, że w rurociągach nie zalegają osady a wszystkie zasuwki są otwarte. Kryterium oceny było zachowanie minimalnych wartości ciśnienia przy zbliżonych minimalnych wartościach ciśnienia w zbiornikach hydroforowych. Wyniki oceny bazują na założeniach o stanie technicznym i poziomie utrzymania sieci - zwykle lepszym od rzeczywistego. Zastosowanie modeli hydraulicznych pozwoliło na analizę niezawodnościową systemu dostarczania wody odbiorcom. Analizując wstępne wyniki symulacji wykorzystania istniejących ujęć oraz sieci wodociągowych dokonano optymalizacji funkcjonowania systemów zaopatrzenia. jako najkorzystniejsze wskazano warianty nr 2 i 4.

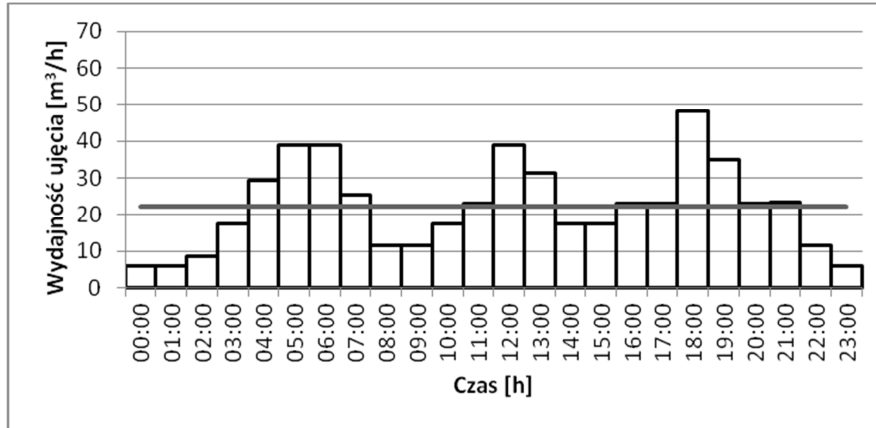
Kolejnym etapem była ocena rozwiązań pod względem możliwości centralizacji produkcji wody oraz ograniczenie ilości działających ujęć. Najbardziej widoczne różnice zaobserwować można porównując warianty 1 i 4 opierających się na połączeniu 4 miejscowości w jeden system.



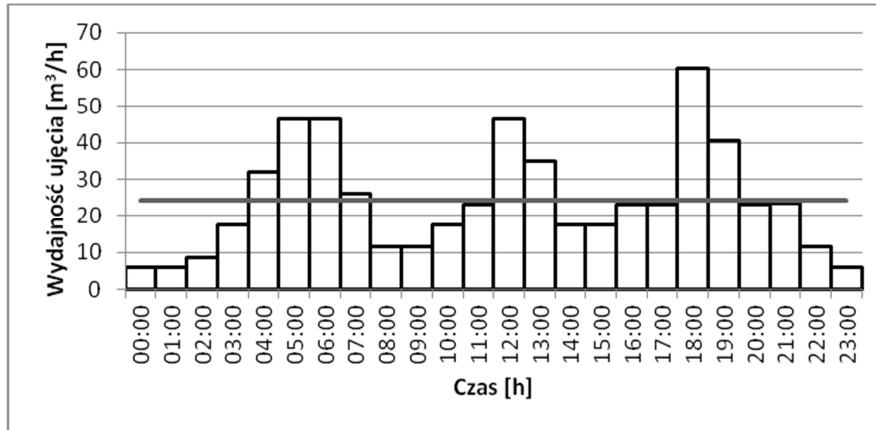
Rys. 2. Wydajność ujęcia w Żakowie – stan istniejący

Fig. 2. Efficiency of Żakowo intake - current

Koncepcja nr 1 opiera się na dwu ujęciach o znacznych wydajnościach które obecnie nie są wykorzystywane. W koncepcji nr 4 znaczną niewykorzystaną wydajnością charakteryzuje się jedno ujęcie. Przeprowadzono symulacje warunków pracy przy trzech i dwu działających ujęciach w obu wariantach obliczeniowych.



Rys. 3. Wydajność ujęcia w Żakowie – 3 pracujące ujęcia
Fig. 3. Efficiency of Żakowo intake – 3 intakes active

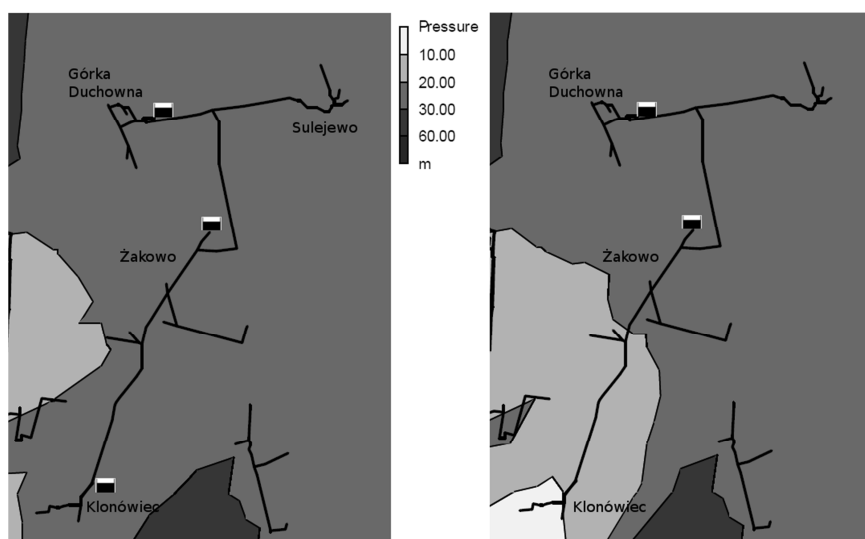


Rys. 4. Wydajność ujęcia w Żakowie – 2 pracujące ujęcia
Fig. 4. Efficiency of Żakowo intake – 2 intakes active

W przypadku koncepcji nr 1 zdecydowano się na unieruchomienie ujęcia w Sulejewie w przypadku pracy z trzema ujęciami oraz w Sulejewie i Klonówcu w przypadku pracy z dwoma ujęciami. Intuicyjnie najkorzystniejszy wariant

pracy systemu w oparciu o ujęcia w Górce Duchownej i Klonówcu odrzucono po wstępnej analizie z uwagi na bardzo zły stan ujęcia w Klonówcu i problemy z zapewnieniem wystarczającego ciśnienia rozporządzalnego w miejscowości Żakowo.

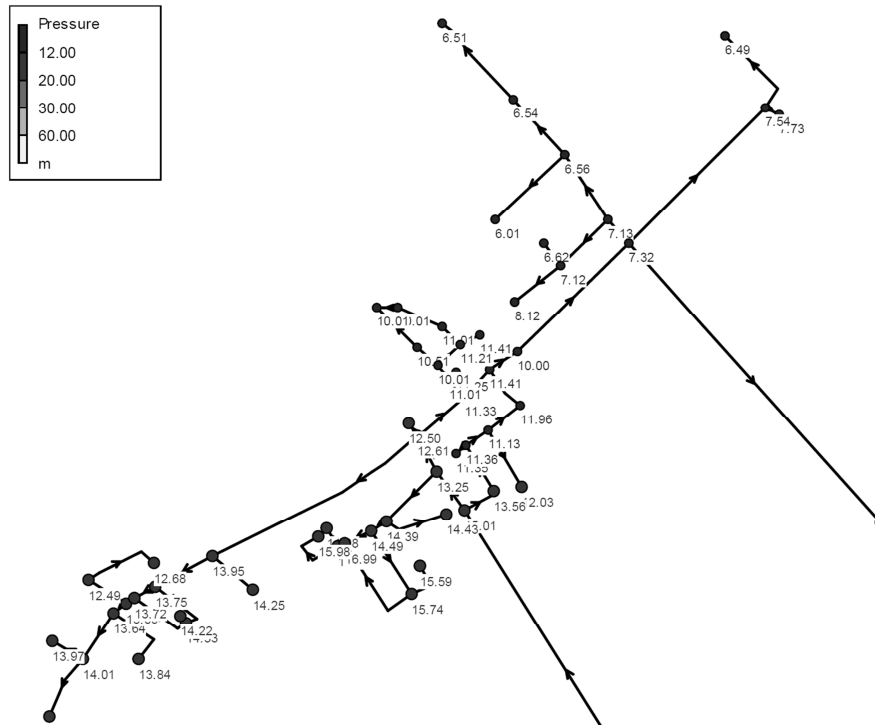
Z uwagi na centralne usytuowanie SUW w Żakowie oraz na ukształtowanie terenu obiekt ten w obu rozpatrywanych przypadkach przejmuje dominującą rolę w systemie, a co za tym idzie staje się głównym źródłem wody. Ponad pięciokrotny wzrost dobowej produkcji wody uniemożliwia realizację takiego rozwiązania bez znacznej rozbudowy ujęcia w Żakowie (rysunki 2, 3 i 4). W przypadku budowy systemu opartego o dwa ujęcia, zauważalne są potencjalne problemy z wysokością ciśnienia rozporządzalnego na terenie Klonówca (rysunek 5).



Rys. 5. Ciśnienie rozporządzalne – 3 ujęcia – po lewej; 2 ujęcia – po prawej
 Fig. 5. Disposable pressure – 3 intakes – on the left; 2 intakes – on the right

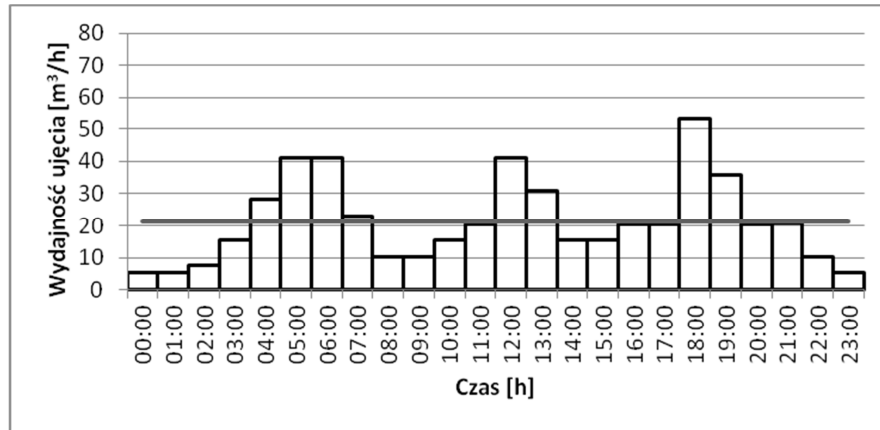
Zbliżone rezultaty uzyskiwane są w przypadku koncepcji nr 4. Co prawda, nie występują problemy z wysokością ciśnienia, ale pozostaje dominująca rola ujęcia w Żakowie i zbliżony wzrost jego obciążenia.

W przypadku powiązania systemów zaopatrzenia w wodę zasilanych z SUW Lipno i SUW Maryszewice (koncepcja 2) możliwe jest zminimalizowanie niedoborów ciśnienia na terenie miejscowości Wilkowice, podłączonej obecnie do systemu w Maryszewicach. Istniejące niedobory ciśnienia w Wilkowicach zilustrowano na rysunku 6.



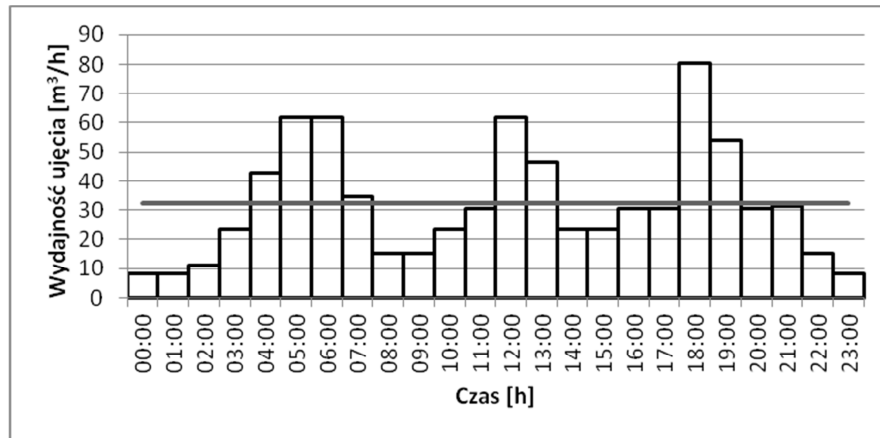
Rys. 6. Ciśnienie w sieci: Wilkowice – stan obecny [Bylka 2009]
Fig. 6. The pressure in the network: Wilkowice - current [Bylka 2009]

Połączenie systemów Maryszewice i Lipno umożliwi uzyskania znaczącego wzrostu ciśnienia rozporządzalnego na terenie miejscowości Wilkowice bez znaczącego negatywnego wpływu na terenie Lipna. Realizacja wariantu wymaga ułożenia około 450 m rurociągu o średnicy wewnętrznej co najmniej 80 mm. Uzyskiwane wartości ciśnienia rozporządzalnego po połączeniu systemów zaprezentowano na rysunku 9. Rezultaty otrzymane wskutek stosunkowo prostej operacji umożliwią zdecydowaną poprawę warunków zasilania. Problem jest o tyle istotny, że miejscowość Wilkowice w najbliższych latach zdecydowanie powiększy się z uwagi na popularność wśród ludności migrującej z terenów miejskich. Pozostawienie stanu istniejącego, może w niedługiej perspektywie doprowadzić do uniemożliwienia podłączenia do sieci nowych odbiorców.



Rys. 7. Wydajność ujęcia Lipno – stan obecny

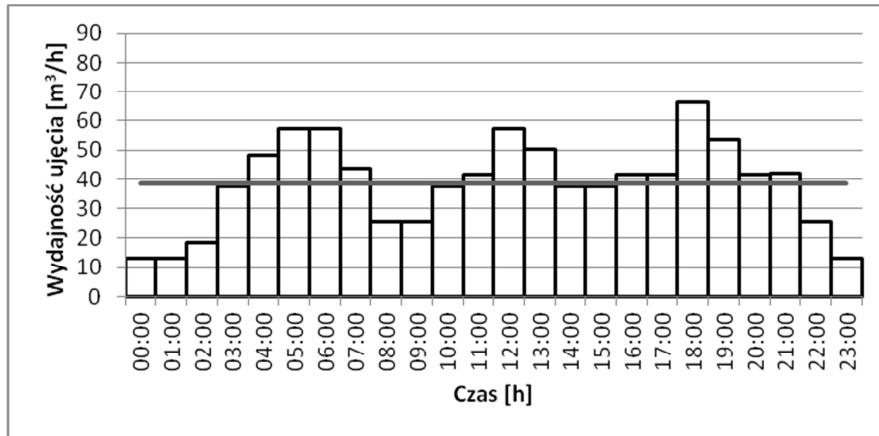
Fig. 7. Efficiency of Lipno intake - current



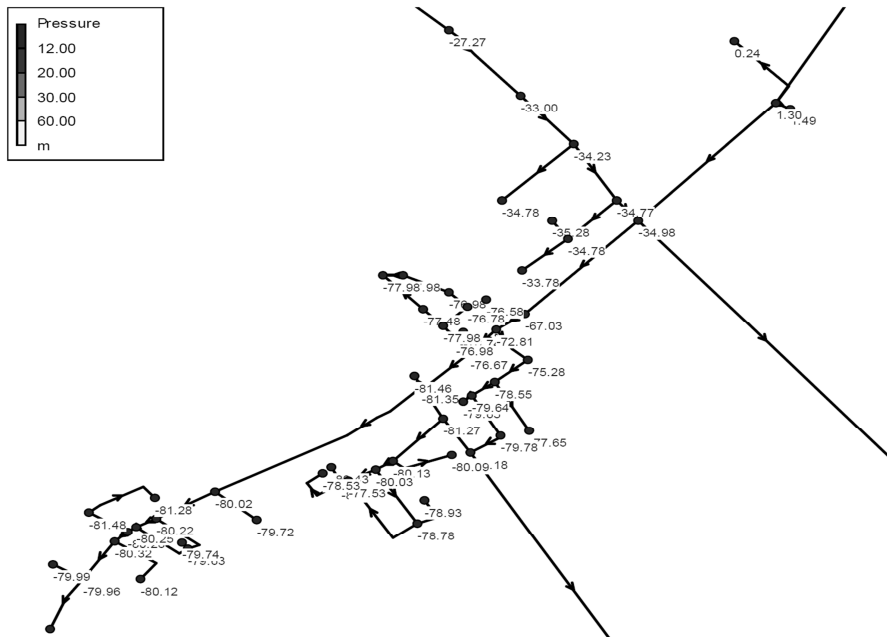
Rys. 8. Wydajność ujęcia Maryszewice – stan obecny

Fig. 8. Efficiency of Maryszewice intake - current

Nie mniej ważne jest zapewnienie odpowiedniej wydajności ujęć i stacji uzdatniania wody. Jak zaprezentowano na wykresach (rysunki 8 i 11) wzrost obciążenia ujęcia wody w Maryszewicach sięga około 20 % obecnej wydajności. Ujęcie w Lipnie będzie z kolei obciążone (rysunki 7 i 10) będzie okresowo w ciągu doby a dobowe zużycie może się zmniejszyć o około 30%.



Rys. 11. Wydajność ujęcia Maryszewice – Lipno i Maryszewice połączone
 Fig. 11. Efficiency of Lipno intake - Lipno and Maryszewice connected



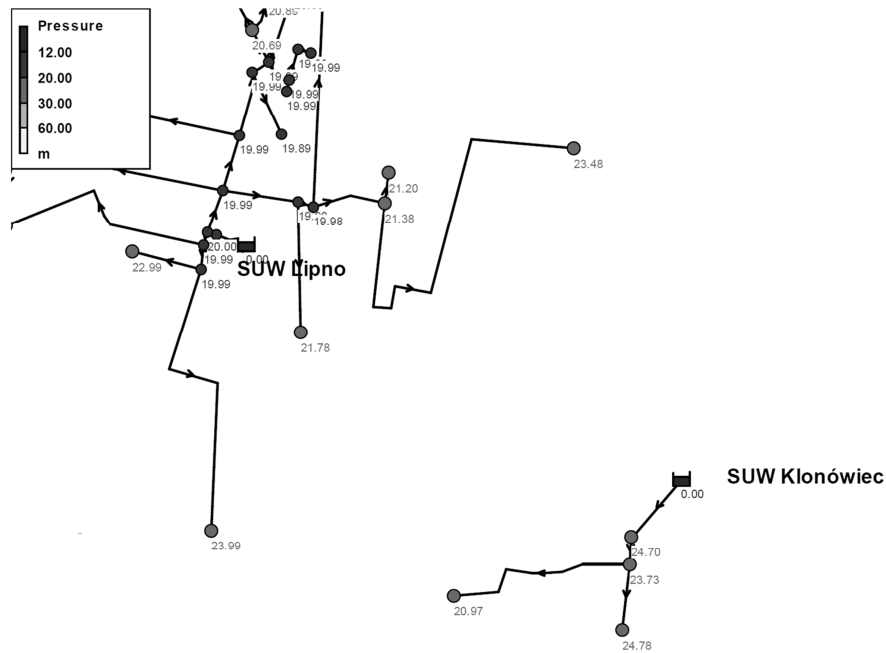
Rys. 12. Ciśnienie w sieci: Wilkowice – połączone systemy Lipno i Maryszewice, SUW Maryszewice nieczynny

Fig. 12. Pressure in the network – Lipno and Maryszewice systems connected, Water Purification Plant Maryszewice inoperative

Analizując rezultaty przeprowadzonych symulacji wykazano, że nie jest możliwe wykorzystanie pojedynczego ujęcia ze stacją uzdatniania wody do

zasilania obecnych systemów Lipno i Maryszewice (rysunek 12). Z uwagi na zbyt małe rezerwy na ujęciu w Maryszewicach oraz konieczność znaczącej przebudowy istniejących sieci wodociągowych rozwiązanie to należy uznać za mało realne.

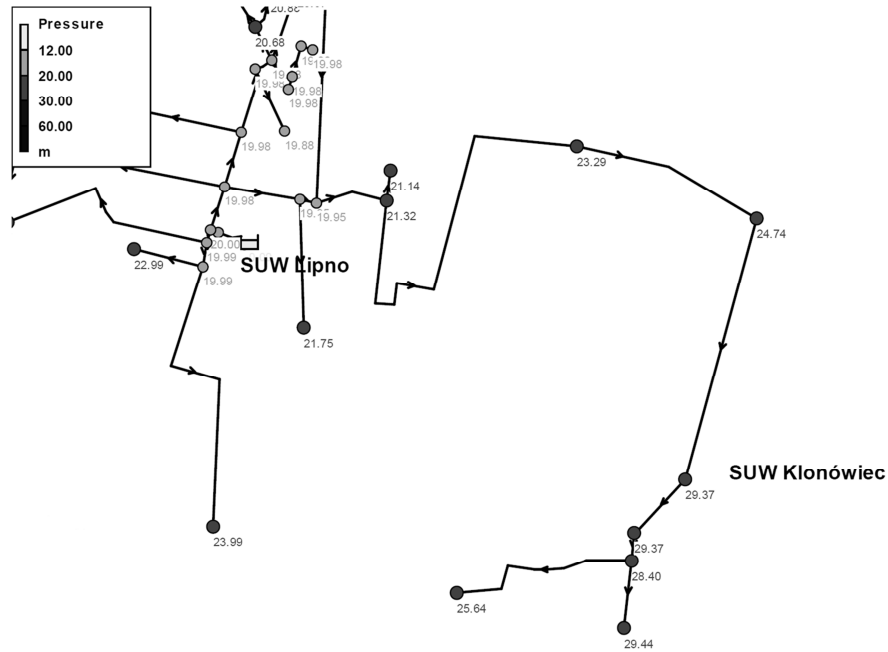
Niezależnie od analizowanych rozwiązań jednym z kluczowych problemów systemu zaopatrzenia w wodę w gminie Lipno jest zły stan techniczny ujęcia w Klonówcu.



Rys. 13. Ciśnienie w sieciach: Klonówiec, Lipno [Bylka 2009]
Fig. 13. Pressure in the networks: Klonówiec, Lipno [Bylka 2009]

W obecnym stanie należy w miarę możliwości finansowych gminy przewidzieć modernizację obiektu albo przyłączenie miejscowości do innego systemu. Jak wcześniej przedstawiono rozwiązanie łączące w jeden system miejscowości: Klonówiec, Górka Duchowna Sulejewo i Żakowo może być mało efektywne. Alternatywą może być podłączenie miejscowości do systemu miejscowości Lipno zgodnie ze wstępnie odrzuconą koncepcją nr 3. Podstawowym problemem, który przesądził o wstępnym odrzuceniu tego rozwiązania był zaobserwowany spadek ciśnienia na końcówce sieci we wschodniej części miejscowości Lipno. Szczegółowa analiza wykazała, że spowodowany on był głównie negatywnym oddziaływaniem zbiornika hydroforowego w miejscowości Klonówiec. Po usunięciu obecnego obiektu SUW i bezpośrednim podłączeniu sieci

wodociągowej w Klonówcu do systemu zaopatrzenia w wodę dla m. Lipno zmniejszono wpływ inwestycji na ciśnienie w sieci miejscowości Lipno do poziomu akceptowalnego. Z uwagi na minimalny wpływ na wartości ciśnienia w sieci i znaczne rezerwy zasobów ujęcia w Lipnie wariant ten należy uznać za realny do wykonania.



Rys. 14. Ciśnienie w sieci: połączenie Lipno-Klonowice - wersja 1
Fig. 14. Pressure in the network: connection Lipno-Klonowice - version 1

Główną przeszkodą może być konieczność wykonania rurociągu transportującego wodę o długości ok. 1600 m przy połączeniu z węzła 157 (rysunek 14) lub ok. 1150 przy podłączeniu z węzła 189 (rysunek 15).

PODSUMOWANIE

Szereg przeprowadzonych symulacji pracy sieci wodociągowych umożliwił dość precyzyjną analizę przyjętych wstępnie wariantów obliczeniowych. Podsumowując, zrealizowane analizy i symulacje pozwoliły na uzyskanie następujących wniosków:

1. Połączenie sieci w miejscowościach Górka Duchowna, Żakowo, Sulejewo i Klonówiec lub Górcie Duchownej, Żakowie, Sulejewie i Goniembicach należy uznać za mało realne bez znaczących nakładów na rozbudowę w SUW i ujęcie w Żakowie oraz częściową przebudowę istniejących sieci wodociągowych;
2. koncepcja 2 – połączenie sieci zaopatrzenia w wodę ze stacji Lipno i Maryszewic, co prawda nie umożliwi zmniejszenia ilości działających ujęć, lecz w znaczący sposób zniweluje obserwowane niedobory ciśnienia na terenie miejscowości Wilkowo;
3. koncepcja 3 – połączenie sieci miejscowości Klonówiec oraz Lipno jest realne i korzystne z uwagi na zły stan techniczny obiektu w Klonówcu;

Przeprowadzona wstępna analiza umożliwia wskazanie kolejnych wariantów obliczeniowych, które staną się celem kolejnych prac nad optymalizacją systemu zaopatrzenia w wodę w gminie Lipno. Należą do nich:

1. połączenie w jeden system miejscowości Lipno, Klonówiec i Maryszewice;
2. analiza wpływu połączenia systemów w Lipnie i Radomicku obecnie rozdzielonych zasuwą sieciową, zarówno w postaci układu istniejącego, jak i rozbudowanego o połączenia z Maryszewicami i Klonówcem; doświadczenie pokazuje, że efekty oczekiwane w przypadku dzielenia systemu na podsieci nie są uzyskiwane;
3. połączenie systemów Górka Duchowna i Sulejewo;
4. połączenie systemów Żakowo i Goniembice.

Zrealizowanie powyższych zadań pozwoli uzyskać pełny obraz możliwości optymalizacji systemu zaopatrzenia w wodę w gminie, zapewniając tym samym nieprzerwaną ciągłość dostawy wody do gospodarstw domowych i zakładów pracy na terenie gminy Lipno w okresie perspektywicznym.

LITERATURA

1. BYLKA H.: *Ocena stanu i koncepcja modernizacji układów wodociągowych Gminy Lipno*, Poznań 2009
2. *Raport o stanie Gminy Lipno*. Urząd Gminy Lipno, Lipno, 2007
3. ROSSMAN L. A.: *Water Supply and Water Resources Division*. National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati, 2000

4. *Zmiana studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Lipno. Załącznik nr 1 do uchwały nr XLVII/315/2010 Rady Gminy Lipno z dnia 22.10.2010. Urząd Gminy Lipno, Lipno, 2010*

CONCEPT OF WATER SUPPLY OF LIPNO COMMUNE WITH ANALYSIS OF USE OF EXISTING SOURCES OF SUPPLY

S u m m a r y

An example of using computer model in evaluating existing water distribution system was presented. Epanet software were used. Four solutions allowing pressure improvement were proposed. Reducing the amount of active water sources was allowed.

Key words: simulation, water distribution system