

EWA OGIOŁDA*, BARTOSZ DĘBICKI**

STRATY WODY W SYSTEMIE WODOCIĄGOWYM W NOWEJ SOLI

Streszczenie

W niniejszym artykule przedstawiono klasyfikację i przyczyny powstawania strat wody w systemach wodociągowych. Na podstawie danych z lat 2006-2010 przeprowadzono analizę strat występujących w Nowej Soli. Wyniki odniesiono do danych z literatury i wskazano możliwości poprawy istniejącego stanu.

Słowa kluczowe: zaopatrzenie w wodę, straty wody

WSTĘP

Straty wody są nieodłącznie związane z eksploatacją systemu wodociągowego, występują w różnych punktach systemów zaopatrzenia w wodę. Przyczynami ich powstawania są zarówno nieszczelności, powodujące wyciek wody do gruntu ze złącz rur i armatury, jak również potrzeby własne związane z funkcjonowaniem poszczególnych obiektów. Jednym z zadań przedsiębiorstwa wodociągowego jest ustalenie akceptowalnego poziomu strat, który należy wypracować i utrzymać wraz z odpowiadającym mu stanem technicznym. Ograniczanie strat pozwala na obniżenie kosztów sprzedaży wody, co ma wpływ na jej zużycie przez odbiorców, ale również na zwiększenie rezerw wody.

Analiza wielkości i przyczyn strat wody pozwala na określenie stanu systemu zaopatrzenia w wodę i wskazanie niezbędnych działań dotyczących poszczególnych jego elementów. Dla systemu wodociągowego w Nowej Soli przeprowadzono ją na podstawie danych z lat 2006-2010.

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

** xxx

CHARAKTERYSTYKA ZAOPATRZENIA W WODĘ NOWEJ SOLI

Nowa Sól to stolica powiatu, miasto położone w południowo-wschodniej części województwa lubuskiego, nad rzeką Odrą. Miasto należy do mezoregionu Pradoliny Głogowskiej, a jego powierzchnia wynosi 2156 ha, co stanowi 2,80% powierzchni powiatu nowosolskiego i 0,15% powierzchni województwa lubuskiego [Wróbel 2007].

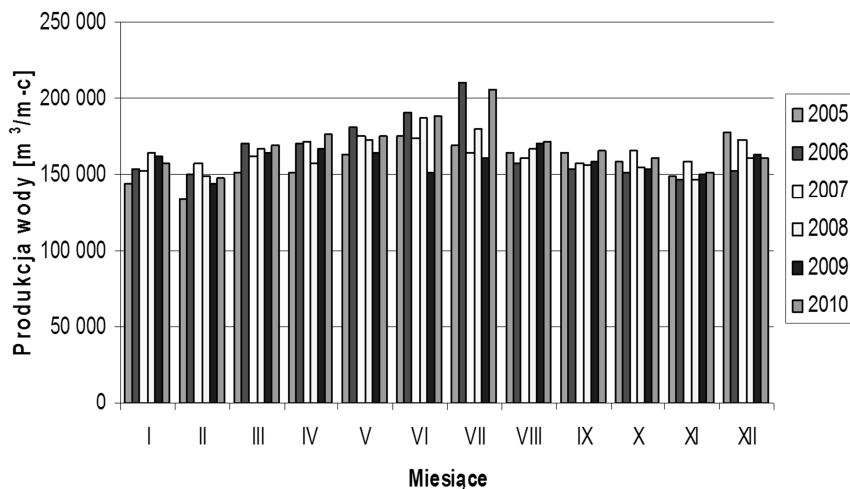
System zaopatrzenia w wodę w Nowej Soli zaopatruje w wodę ok. 42 tys. mieszkańców miasta i okolicznych miejscowości. Woda ujmowana jest z dwóch ujęć, a następnie kierowana do dwóch stacji uzdatniania i sieci wodociągowej o układzie pierścieniowo - promienistym. Przewody magistralne tworzą zamknięte obiegi, dzięki czemu ciśnienie w sieci rozkłada się równomiernie. Przewody magistralne wykonane są z żeliwa i azbestocementu, a niewielka ilość z PVC w zakresie średnic od 225 mm do 400 mm, łączna ich długość w roku 2009 wynosiła 18,3 km. Przewody rozdzielcze w większości wykonane są z żeliwa o średnicach od 80 mm do 150 mm, mniejszy udział mają przewody rozdzielcze z azbestocementu, stali, PE i PVC [Wróbel 2007].

Wielkość zużycia i związana z nią wielkość produkcji wody jest zależna od wielu czynników, zmienna zarówno w obrębie lat, poszczególnych miesięcy, dni tygodnia czy doby. W tabeli 1 przedstawiono wielkość produkcji wody w latach 2005-2010, a na rys. 1 wielkości produkcji w poszczególnych miesiącach tych lat.

Tab. 1. Wielkość produkcji wody w latach 2005-2010 [Bobowska 2010]

Tab. 1. Water production in 2005-2010 [Bobowska 2010]

| Średnia produkcja wody [m ³] | Rok | | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
| Roczna | 1899766 | 1987190 | 1973123 | 1961882 | 1906985 | 2027918 |
| Miesięczna | 158313 | 165599 | 164427 | 163490 | 158915 | 168993 |
| Dobowa | 5205 | 5444 | 5406 | 5375 | 5225 | 5556 |



Rys. 1. Miesięczna produkcja wody pobieranej z ujęć w Nowej Soli [Dębicki 2011]
 Fig. 1. Monthly production of water taken from the intakes in Nowa Sól [Dębicki 2011]

STRUKTURA I WSKAŹNIKI STRAT WODY W SYSTEMIE WODOCIĄGOWYM

Całkowite straty wody to suma strat rzeczywistych i pozornych oraz woda zużywana na potrzeby systemowe. Straty rzeczywiste stanowią przecieki z sieci przewodów i armatury, w instalacjach przed wodomierzem, przelewy ze zbiorników oraz kradzieże wody (nielegalne przyłącza), które w praktyce są niemożliwe do oszacowania. Miejski Zakład Gospodarki Komunalnej w miesięcznych i rocznych rozliczeniach podaje straty rzeczywiste powstałe w wyniku wycieków wody. Na objętość przecieków wpływ mają następujące czynniki [Hotłós 2003, Siwoń 2004]:

- stan techniczny przewodów i armatury,
- średnica i wiek przewodów,
- materiał konstrukcyjny przewodów,
- gęstość przyłączy wodociągowych,
- gęstość przewodów sieci,
- warunki gruntowe,
- ciśnienie wody w sieci i jego zmiany w cyklu dobowym.

Na straty pozorne wpływa niedokładność i niejednoczesność pomiaru dostawy i zużycia wody – straty te nie stanowią faktycznych wycieków wody z systemu. Teoretyczny błąd pomiaru powinien wynosić do 10% – w praktyce trudno określić błąd pomiaru przepływomierza. Do strat pozornych można zali-

czyć wodę przeznaczoną na potrzeby systemu po wtłoczeniu, czyli zużywaną do płukania sieci, gdy następuje zjawisko brudnej wody oraz zużycie wody na próby szczelności nowo wybudowanego lub wymienionego przewodu.

Straty wody wyrażane mogą być w postaci [Hotłoś 2003]:

- procentowego udziału ilości wody wtłaczanej do sieci wodociągowej,
- objętości odniesionej do jednego mieszkańca zaopatrywanego z wodociągu w jednostce czasu ($\text{dm}^3/\text{M}\cdot\text{d}$),
- objętości przypadającej na jednostkę długości sieci wodociągowej w jednostce czasu ($\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{km}$ lub $\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{km}$).

Wskaźnikiem stanowiącym podstawę podejmowania działań mających na celu ograniczenie strat rzeczywistych jest Infrastrukturalny Indeks Wycieku (IIW), który wyraża krotność strat nieuniknionych do strat rzeczywistych, a obliczany jest ze wzoru [Speruda 2011]:

$$IIW = \frac{S_{rz}}{S_n} \quad (1)$$

gdzie: IIW- infrastrukturalny indeks wycieku [-],

S_{rz} - rzeczywiste straty wody [m^3/rok],

S_n - nieuniknione straty wody [m^3/rok].

Straty nieuniknione ze względów ekonomicznych są nieopłacalne do usunięcia, a wyciek nieunikniony zależy od długości i awaryjności sieci oraz liczby odbiorców.

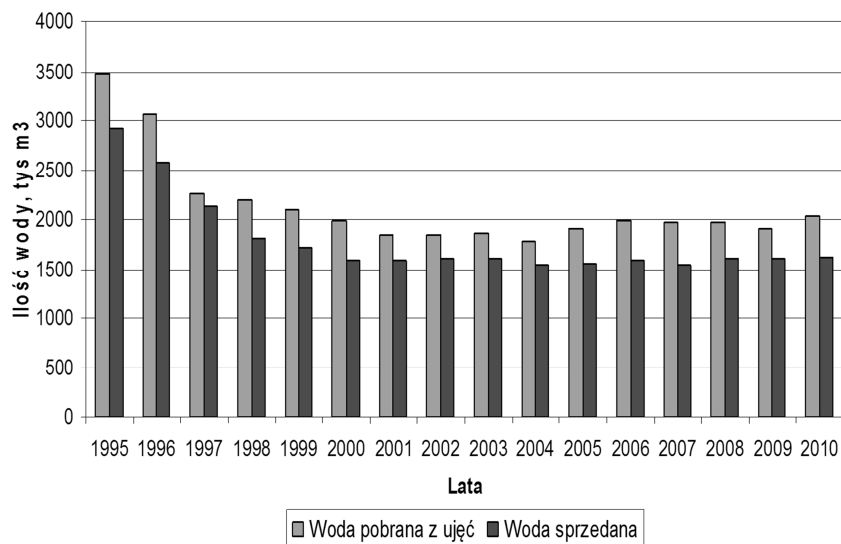
ANALIZA STRAT WODY W SIECI WODOCIĄGOWEJ W NOWEJ SOLI

Wielkość strat obrazuje różnica między objętością wody wtłaczanej do sieci a zużyciem wody przez odbiorców. Ilości wody ujmowanej i sprzedanej w latach 1995-2005 w Nowej Soli przedstawiono na rys. 2.

W początkowych latach analizowanego okresu widoczna jest tendencja niżkowa ilości sprzedanej i ujmowanej wody, wynikająca ze zmniejszenia zużycia wody na cele przemysłowe i wprowadzenia opomiarowania u mieszkańców. W kolejnych latach wielkości te utrzymywały się już na zbliżonym poziomie.

Kolejna analiza przeprowadzona została dla danych z lat 2006-2010 i dotyczyła porównania ilości wody pobranej z ujęć, wtłoczonej do sieci i sprzedanej, z uwzględnieniem potrzeb własnych systemu. Na tej podstawie obliczony został procentowy udział rzeczywistych strat wody w systemie (tab. 2).

W dalszej analizie uwzględniono zarówno straty rzeczywiste, jak i pozorne (w tym potrzeby własne systemu i błąd pomiarowy określony proporcjonalnie do ilości wody wtłoczonej do sieci). W ten sposób określono udział procentowy strat pozornych, rzeczywistych i całkowitych (tab. 3).



Rys. 2. Produkcja i sprzedaż wody w latach 1995-2010 [Dębicki 2011]
 Fig. 2. Production and sale of water in 1995-2010 [Dębicki 2011]

Tab. 2. Roczne rozliczenie wody za okres 2006-2010 r. [Bobowska 2010]
 Tab. 2. Annual balance of water amount in 2006-2010 [Bobowska 2010]

| Rok | Woda pobrana z ujęć | Potrzeby własne przed wtłoczeniem | Woda wtłoczona do sieci | Potrzeby własne po wtłoczeniu | Woda sprzedana | Rzeczywiste straty wody | Udział strat rzecz. |
|------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------|-------------------------|---------------------|
| | [m ³] | | | | | | [%] |
| 2006 | 1987190 | 77015 | 1910175 | 95509 | 1590157 | 224509 | 11,75 |
| 2007 | 1970023 | 74720 | 1895303 | 94765 | 1539497 | 261040 | 13,77 |
| 2008 | 1961882 | 74890 | 1886992 | 94350 | 1610549 | 182093 | 9,65 |
| 2009 | 1906985 | 74860 | 1832125 | 91606 | 1606579 | 133031 | 7,31 |
| 2010 | 2027918 | 74860 | 1953058 | 97653 | 1617898 | 237507 | 12,16 |

Tab. 3. Udział procentowy strat wody w okresie 2006-2010 r. [Dębicki 2011]

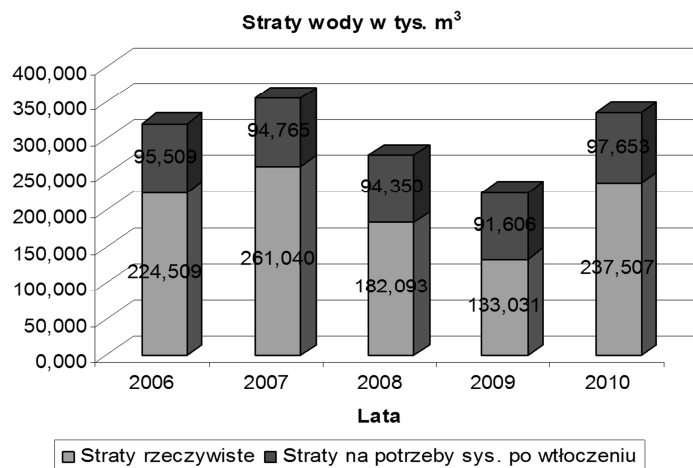
Tab. 3. Percentage of water losses in 2006-2010 [Dębicki 2011]

| Rok | Straty rzeczywiste | Pozorne straty wody | | | Całkowite straty wody | Udział strat wody | | |
|------|--------------------|----------------------------------|------------------------|--------|-----------------------|-------------------|---------------|-------------|
| | | potrzeby systemowe po wtłoczeniu | błąd pomiarowy ok. 12% | suma | | pozornych | rzeczywistych | całkowitych |
| | | [m ³] | | | | [%] | | |
| 2006 | 224509 | 95509 | 229221 | 324730 | 549238 | 17,00 | 11,75 | 28,75 |
| 2007 | 261040 | 94765 | 227436 | 322201 | 583241 | 17,00 | 13,77 | 30,77 |
| 2008 | 182093 | 94350 | 226439 | 320788 | 502881 | 17,00 | 9,65 | 26,65 |
| 2009 | 133031 | 91606 | 219855 | 311461 | 444491 | 17,00 | 7,31 | 24,31 |
| 2010 | 237507 | 97653 | 234367 | 332019 | 569526 | 17,00 | 12,16 | 29,16 |

Na rys. 3 zestawiono wielkość strat rzeczywistych i strat wody na potrzeby systemowe.

Znaczny udział strat rzeczywistych powodowanych przez wycieki wody to konsekwencje zastosowania pasywnej kontroli wycieków, która wiąże się z usuwaniem skutków wycieków dopiero po ich ujawnieniu (np. wypływ wody na powierzchnię).

Poszczególne wartości zużycia i strat wody przeliczone zostały na wielkości przypadające na mieszkańca (tab. 4) i jednostkę długości sieci (tab. 5), które w dalszej analizie porównano z danymi literaturowymi.



Rys. 3. Udział strat rzeczywistych i strat na potrzeby systemowe w latach 2006-2010 [Dębicki 2011]

Fig. 3. Percentage of actual water losses and system needs in 2006-2010 [Dębicki 2011]

Tab. 4. Wielkość strat wody przypadających na mieszkańca w okresie 2006-2010 r. [Dębicki 2011]

Tab. 4. Percentage of water losses per consumer in 2006-2010 [Dębicki 2011]

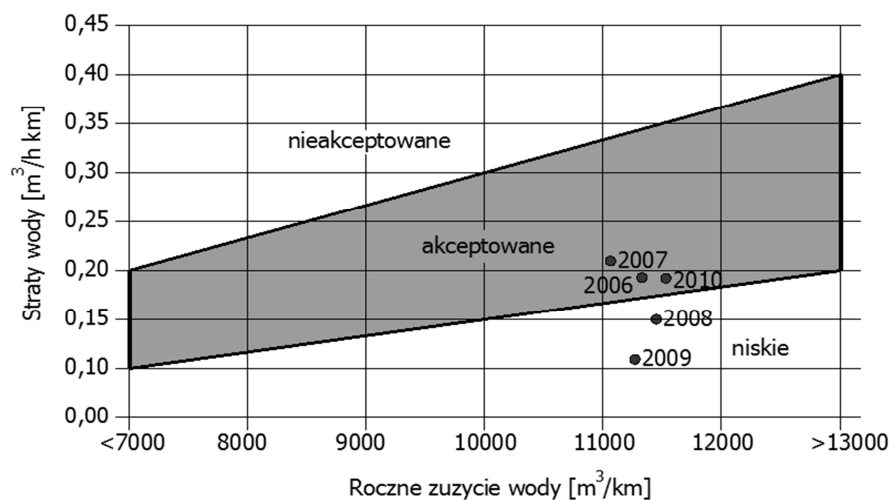
| Rok | Straty rzeczywiste wody | Straty całkowite (rzeczywiste i potrzeby syst.) | Straty rzeczywiste przypadające na mieszkańca | Straty całkowite przypadające na mieszkańca |
|------|-------------------------|---|---|---|
| | [m ³ /rok] | | [dm ³ /M·d] | |
| 2006 | 224509 | 320017 | 15,70 | 22,39 |
| 2007 | 261040 | 355805 | 18,27 | 24,91 |
| 2008 | 182093 | 276443 | 12,80 | 19,43 |
| 2009 | 133031 | 224637 | 9,38 | 15,85 |
| 2010 | 237507 | 335160 | 16,76 | 23,64 |

Tab. 5. Parametry charakteryzujące wielkość strat wody w latach 2006-2010 [Dębicki 2011]

Tab. 5. Parameters of water losses in 2006-2010 [Dębicki 2011]

| Parametr | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| Roczna ilość wody wtłoczonej [m ³ /km] | 13935,76 | 13779,01 | 13690,72 | 13067,01 | 13929,52 |
| Roczne zużycie wody [m ³ /km] | 11601,06 | 11192,28 | 11685,04 | 11458,38 | 11539,11 |
| Obciążenie sieci [m ³ /km·d] | 38,18 | 37,75 | 37,51 | 35,80 | 38,16 |
| Straty wody [m ³ /km·d] | 4,49 | 5,20 | 3,62 | 2,60 | 4,64 |
| Straty i potrzeby syst. [m ³ /km·d] | 6,40 | 7,09 | 5,50 | 4,39 | 6,55 |

Zależność między rzeczywistymi stratami a rocznym zużyciem wody przedstawiono na rys. 5. Współrzędne punktów odpowiadających wartościom dla poszczególnych lat z przedziału 2006-2010 odniesiono do poszczególnych pól, w których przecieki wody określane są jako nieakceptowane, akceptowalne lub niskie.



Rys. 4. Zakres akceptowanych przecieków wody z przewodów wodociągowych [oprac. na podst. Weimera 1999]

Fig. 4. Range of the acceptable water leakage from pipelines [elab. on the base of Weimer 1999]

Przecieki wody w przewodach miejskiego systemu wodociągowego oscylują na granicy wartości akceptowalnych i niskich – w latach 2006, 2007 i 2010 mieszczą się w przedziale akceptowalnym, a w roku 2008 i 2009 w przedziale niskich przecieków.

Na podstawie danych dotyczących strat rzeczywistych i nieuniknionych, przy pomocy wzoru (1) obliczono Infrastrukturalny Indeks Wycieku (tab. 6).

Tab. 6. Wskaźniki strat wody [Dębicki 2011]

Tab. 6. Water losses coefficient [Dębicki 2011]

| Rok | Straty wody rzeczywiste [m ³ /rok] | Straty nieuniknione [m ³ /rok] | IIW |
|------|---|---|------|
| 2006 | 224509 | 61147 | 3,67 |
| 2007 | 261040 | 63312 | 4,12 |
| 2008 | 182093 | 67556 | 2,70 |
| 2009 | 133031 | 64220 | 2,07 |
| 2010 | 237507 | 64220 | 3,70 |

Poziom wskaźnika IIW określa stan sieci w następujący sposób:

IIW < 1,5 – bardzo dobry

1,5 < IIW < 2,0 – dobry

2,0 < IIW < 2,5 – średni

2,5 < IIW < 3,0 – słaby

3,0 < IIW < 3,5 – bardzo słaby

IIW > 3,5 – zły

Wartości Infrastrukturalnego Indeksu Wycieku od 2,07 do 4,12 odpowiadają zatem stanowi sieci od średniego do złego.

PODSUMOWANIE

Analizę strat wody w Nowej Soli przeprowadzono na podstawie danych z okresu 2006-2010r. Straty wody w systemie wodociągowym w Nowej Soli podzielono na pozorne i rzeczywiste – straty pozorne stanowią 17% wody wtłoczonej do sieci, a rzeczywiste mieszczą się w granicach 7,31-13,77% wody wtłoczonej. Przyczyną powstania strat pozornych jest zużycie wody na potrzeby systemowe - około 5% wody wtłoczonej oraz błąd pomiarowy przepływomierzy $\pm 12\%$ wody wtłoczonej. W przypadku około 90% przyczyną strat rzeczywi-

stych są wycieki wody z uszkodzonych rurociągów, a pozostałe to kradzieże wody, które trudne są do wykrycia.

Wielkość strat wody odniesiona do zużycia rocznego oscyluje w poszczególnych latach na granicy poziomu akceptowalnego i nieakceptowanego, a poziom Infrastrukturalnego Indeks Wycieku (IIW) wskazuje na stan sieci między średnim a złym – stan techniczny przewodów można więc ocenić jako niezadowolający. W połączeniu z ich długim okresem eksploatacji wskazuje to na potrzebę wymiany, która jest już realizowana w Nowej Soli – poprawę sytuacji zapewnia wymiana starych skorodowanych stalowych przyłączy domowych oraz zbyt długo eksploatowanych przewodów żeliwnych.

Wykrywanie strat odbywa się przez pasywną kontrolę wycieków, co należy zmienić w kierunku działania aktywnego, pozwalającego na ograniczenie strat rzeczywistych. Konieczne są zatem działania takie jak: poprawa skuteczności i jakości napraw, zastosowanie aktywnej kontroli wycieków oraz opracowanie planów napraw sieci wodociągowej.

LITERATURA

1. BOBOWSKA: *Sprawozdanie z produkcji i sprzedaży za okres 2006-2010 r. w Nowej Soli*. Miejski Zakład Gospodarki Komunalnej, Nowa Sól 2010
2. HOTŁOŚ H.: *Analiza strat wody w systemach wodociągowych*. Ochrona Środowiska, nr 1, 2010, 17-24
3. KOCHAŃSKI T.: *Zestawienie miesięczne produkcji wody za okres 2005-2010 r. w Nowej Soli*. Miejski Zakład Gospodarki Komunalnej, Nowa Sól 2010
4. SIWOŃ Z., CIEŻAK J., CIEŻAK W.: *Praktyczne aspekty badań strat wody w sieciach wodociągowych*. Ochrona Środowiska, nr 4/2004, 25-30
5. SPERUDA S.: *Optymalny poziom strat z wycieków w sieci wodociągowej*. Akademia Strat Wody WaterKEY. Warszawa 2011
6. WEIMER D.: *Technische und wirtschaftliche Bewertungskriterien für Wasserverluste*. GWF Wasser Abwasser, nr 13, 1999
7. WRÓBEL S.: *Studium Uwarunkowań i Zagospodarowania Przestrzennego Miasta Nowa Sól*, Regioplan sp. z o.o., Wrocław 2007

WATER LOSSES IN WATER SUPPLY SYSTEM FOR THE NOWA SÓL CITY

S u m m a r y

Classification and causes of water losses in water supply systems have been presented in this paper. Data from 2006 to 2010 were analysed. Results were compared with literature and possibilities of system improvement were shown.

Key words: water supply, water losses