

Wpływ błędu konfiguracji zestawu pompowego, sterowanego przetwornicą częstotliwości na pracę wodomierzy jednostrumieniowych – studium przypadku

Error of single-jet water meter indications caused by configuration of frequency converter controlled local pumping stations – case study

WOJCIECH KORAL

DOI 10.36119/15.2020.12.5

W artykule opisano problemy błędnych wskazań wodomierza głównego jednostrumieniowego, jakie może spowodować niewłaściwa konfiguracja sterownika pompowni sterowanej przetwornicą częstotliwości, zasilającej budynek wielorodzinny.

Słowa kluczowe: bilans wody, wodomierz jednostrumieniowy, błędy wskazań wodomierzy

The paper shows results of research on configuration error of local pumping stations supplying multi-family buildings: pulse of pressure and failure of indication of the main (single-jet) water meters.

Keywords: water balance, single-jet water meter, water-meter errors

Wstęp

W artykule z 2008 roku [1] autor opisał przypadek pompowni, w której błędna konfiguracja sterownika zestawu pompowego powodowała niestabilną pracę wodomierza sprzężonego, za pomocą którego był opomiarowany budynek wielorodzinny. W bieżącej publikacji przedstawiony zostanie przypadek, gdy po wymianie wodomierza jednostrumieniowego DN40 na jednostrumieniowy DN25 tego samego producenta i typu w budynku wielorodzinnym spadła wartość mierzonego zużycia wody, a przyczyną okazała się niestabilna praca pompowni i pulsacja ciśnienia spowodowana wysoką częstotliwością włączzeń/wyłączeń zestawu pompowego.

Opis badanych obiektów i metodyka badań

Badania rozpoczęto w wyniku zakwestionowania przez odbiorcę poprawności wskazań wodomierza jednostrumieniowego DN40, ponieważ po wymianie na wodomierz jednostrumieniowy DN25 zmniejszyło się rejestrowane zużycie wody w budynku wielorodzinnym, 10 kondygnacyjnym.

Jednocześnie, badanie wykonane przez Okręgowy Urząd Miar wykazało, że wodomierz DN40 spełnia wszystkie warunki stawiane wodomierzom używanym, nawet nie przekraczając błędów dopuszczalnych dla wodomierza nowego.

Z tego powodu w celu sprawdzenia przyczyn wyższych wskazań zużycia wody dla wodomierza DN40, (przebadanego względem rzeczywistych rozbiórów wody) w porównaniu do wodomierza DN25, badanie przeprowadzono w dwóch seriach:

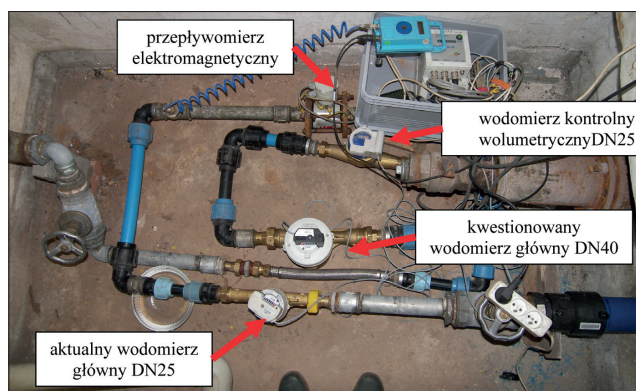
– w serii pierwszej pomiarów wodomierz DN25 był zabudowany jako pierwszy, a za nim szeregowo zamontowano wodomierz DN40 (rysunek 1),

– w serii drugiej jako pierwszy zabudowano wodomierz DN40 (odtworząc wcześniejszy, kwestionowany sposób zabudowy za zaworem grzybkowym), za nim szeregowo zamontowano wodomierz DN25 (rysunek 2).

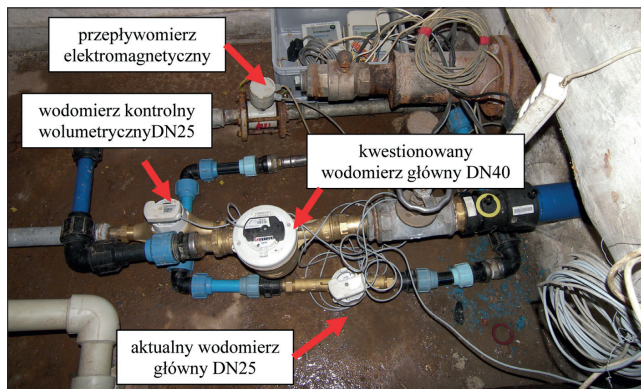
Pomiary rozbiórów wody wykonano przy użyciu zestawu kontrolnego: przepływomierza elektromagnetycznego o średnicy nominalnej DN32 i zakresie pomiarowym $Q_{max} = 24 \text{ m}^3/\text{h}$ oraz wodomierzy objętościowych DN25 (dwóch różnych producentów dla dwóch etapów badań).

Rejestracja obejmowała równoczesny pomiar sygnałów analogowych 4-20 mA (przepływ chwilowy oraz ciśnienie) oraz sygnałów impulsowych o wadze 1 dm^3

Rysunek 1. Zdjęcie układu pomiarowego w pierwszym etapie badań



dr inż. Wojciech Koral <https://orcid.org/0000-0002-6316-1261> – Politechnika Śląska, Katedra Inżynierii Wody i Ścieków; Gliwice, Adres do korespondencji/ Corresponding author: Wojciech.Koral@polsl.pl



Rysunek 2. Zdjęcie układu pomiarowego w drugim etapie badań – odtworzenie kwestionowanego sposobu montażu wodomierza DN40

rych konstrukcja charakteryzuje się znacznie wyższą odpornością na niestabilność ciśnienia od wodomierzy jednostrumieniowych) względem przepływomierza elektromagnetycznego wskazują, że najbardziej prawdopodobną przyczyną rozbieżności wskazań była niestabilna praca zestawu pompowego – różnica wskazań wodomierzy objętościowych względem przepływomierza nie przekraczała 1% w obu etapach badań.

W celu sprawdzenia rzeczywistych zakresów pomiarowych badanych wodo-

(z przepływomierza i wodomierzy DN25) oraz 10 dm³ (z wodomierza DN40) z interwałem czasowym dwóch minut.

W drugim etapie badań dodatkowo wykonano pomiar zmienności ciśnienia zasilającego budynek. Do tego celu wykorzystano rejestrator uderzeń hydraulicznych, mierząc wartość ciśnienia za zestawem pompowym co 0,2 sekundy.

W celu weryfikacji wskazań impulsatorów i stanów w rejestratorach, stany wszystkich wodomierzy i przepływomierza zostały zapisane na początku i końcu obu serii badań.

Rejestrację przeprowadzono w dwóch dwutygodniowych seriach pomiarowych.

Wyniki badań

Badania wodomierzy

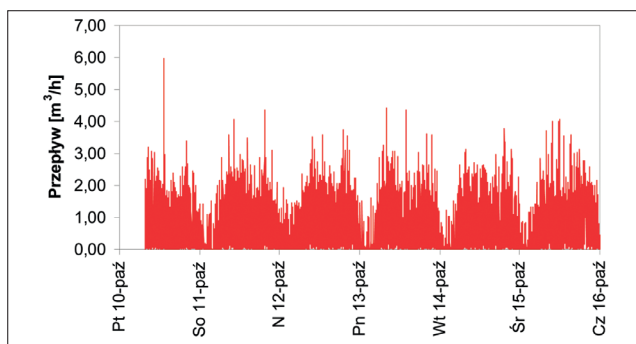
W ramach sprawdzenia poprawności wskazań przeprowadzono porównanie stanów wodomierzy: głównego DN25, kwestionowanego DN40, kontrolnego DN25 (wolumetrycznego) oraz przepływomierza elektromagnetycznego na początku, w trakcie i przy zakończeniu badań. Wyniki przedstawiono w tabeli 1 i tabeli 2.

Otrzymane wyniki potwierdziły zawyżanie wskazań kwestionowanego wodomierza DN40 – zarówno w pierwszej jak

Tabela 2. Rozbieżności wskazań względem zestawu kontrolnego – drugi etap badań

Urządzenie pomiarowe	data początkowa	data końcowa	zużycie [m ³]	różnica względem przepływomierza [m ³]	różnica [%]
DN25 jednostrumieniowy	2014-10-21 13:45	2014-10-28 12:05	231,92	+11,39	+5,2%
DN40 jednostrumieniowy			260,85	+40,32	+18,3%
Przepływomierz			220,53		
DN25 wolumetryczny			221,81	+1,28	+0,6%

Rysunek 3. Profil chwilowych rozbiórów wody dla pierwszego etapu badań (pierwszy tydzień pomiarów)



Rysunek 4. Profil chwilowych rozbiórów wody dla drugiego etapu badań (pierwszy tydzień pomiarów)

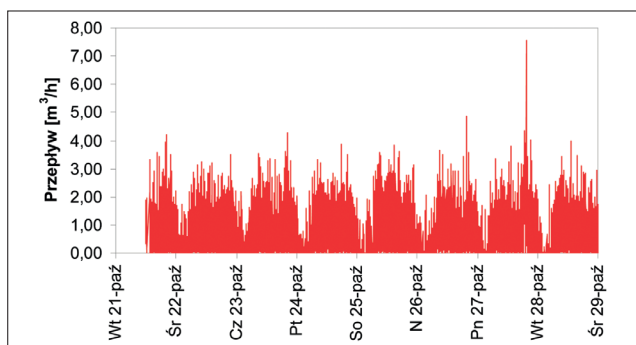


Tabela 1. Rozbieżności wskazań względem zestawu kontrolnego – pierwszy etap badań

Urządzenie pomiarowe	data początkowa	data końcowa	zużycie [m ³]	różnica względem przepływomierza [m ³]	różnica [%]
DN25 jednostrumieniowy	2014-10-07 14:23	2014-10-21 11:45	219,09	+11,03	+5,3%
DN40 jednostrumieniowy			246,72	+38,66	+18,6%
Przepływomierz			208,06		
DN25 wolumetryczny			207,14	-0,92	-0,4%

i drugiej serii badań wodomierz zawyżał wskazania względem przepływomierza o ponad 18%.

Nie potwierdziły się natomiast zastrzeżenia dotyczące sposobu montażu wodomierza DN40 – w obu seriach badań rozbieżność wskazania wodomierza względem przepływomierza była praktycznie identyczna.

Oznacza to, że zawyżanie wskazań miało inną przyczynę. Wyniki ekspertyzy kwestionowanego wodomierza DN40

pokazują, że dla właściwych warunków pracy tego wodomierza (braku pulsacji przepływów) błędy jego wskazań nie przekraczają wartości błędów dopuszczalnych w czasie eksploatacji, zgodnych z wymaganiami Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 23 października 2007 r (Dz. Ustaw nr 209 z 13 listopada 2007r., poz. 1513).

Dodatkowo bardzo niskie wartości rozbieżności wskazań zastosowanych do badań wodomierzy wolumetrycznych (któ-

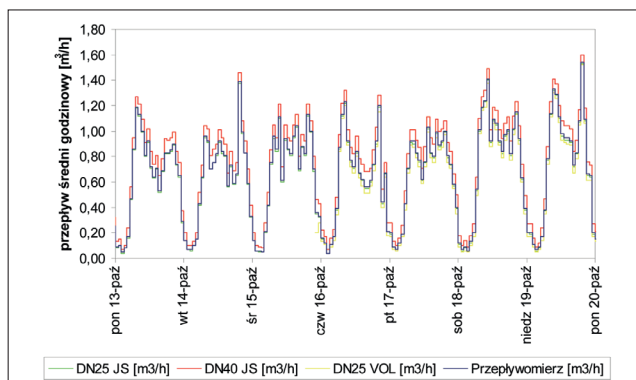
mierzy względem ich zakresów teoretycznych wykonano badania profili chwilowego zużycia wody w budynku dla obu serii pomiarowych. Profile rozbiórów chwilowych tygodniowych (z pomiarów wykonanych przepływomierzem elektromagnetycznym) dla pierwszego etapu badań przedstawia rysunek 3, a dla drugiego – rysunek 4.

Analizy profili rozbiórów wskazują na kilka charakterystycznych wielkości:

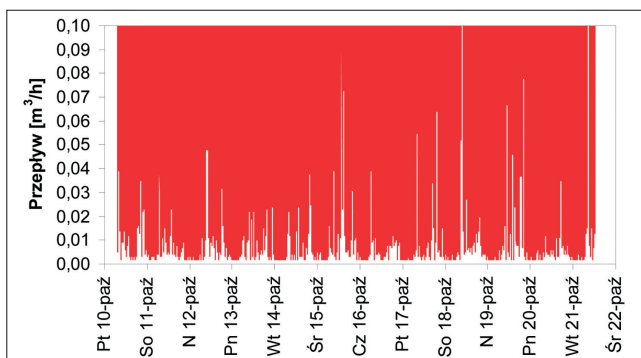
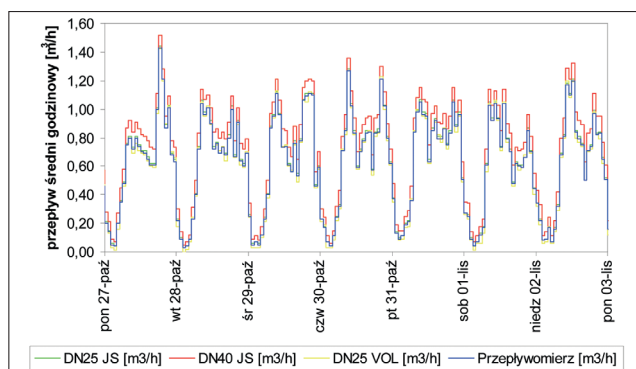
- Maksymalne chwilowe wartości poborów wody praktycznie nie przekraczają 4,0 m³/h; przekroczenia tej wartości występowały sporadycznie. Oznacza to, że wodomierz jednostrumieniowy DN25 o przepływie nominalnym 3,5 m³/h jest dobrany poprawnie i pracuje we właściwym zakresie swojej charakterystyki pomiarowej.

- Jednak pomiary przepływów chwilowych, przeprowadzone w trakcie uruchomienia zestawu pompowego (np. po dłuższym zaniku zasilania w energię elektryczną) wskazują, że w trakcie uruchomienia zestawu może dojść do jego uszkodzenia – przy rozruchu pomp mierzony przepływ chwilowy przekraczał 10 m³/h.
- W czasie pomiarów zarejestrowano rozbiory o minimalnej zmierzonej wartości poniżej 0,01 m³/h (praktyczne zatrzymanie poboru wody, próg rozruchu wodomierza DN25), jednak przepływ minimalny zmieniał się bardzo dynamicznie (rysunek 5, rysunek 6). Oznacza to, że pompa pracowała z bardzo wysoką częstotliwością uruchomień/zatrzymań, praktycznie przez cały okres pomiarów.
- Zmierzone wartości ciśnienia wskazały na niestabilną pracę zestawu pompowego, uzyskano wahania ciśnienia (w zakresie od 4,8 do 5,8 bara) o wysokiej częstotliwości co było potencjal-

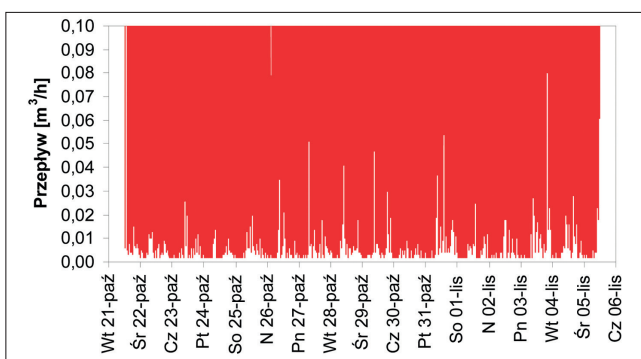
Rysunek 8.
Profil średnich godzinowych rozbiorów wody – pierwsza seria badań, wszystkie urządzenia pomiarowe



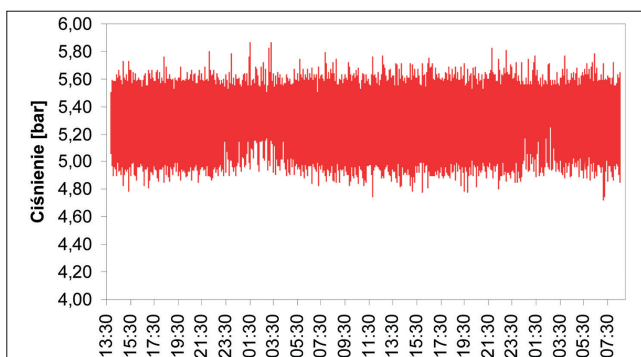
Rysunek 9.
Profil średnich godzinowych rozbiorów wody – druga seria badań, wszystkie urządzenia pomiarowe



Rysunek 5.
Profile minimalnych rozbiorów w godzinach nocnych (pierwszy etap badań)



Rysunek 6.
Profile minimalnych rozbiorów w godzinach nocnych (drugi etap badań)



Rysunek 7.
Wykresy ciśnienia chwilowych za zestawem pompowym – drugi etap badań (29-31 października 2014)

ną przyczyną nieprawidłowych wskazań kwestionowanego wodomierza DN40 (rysunek 7).

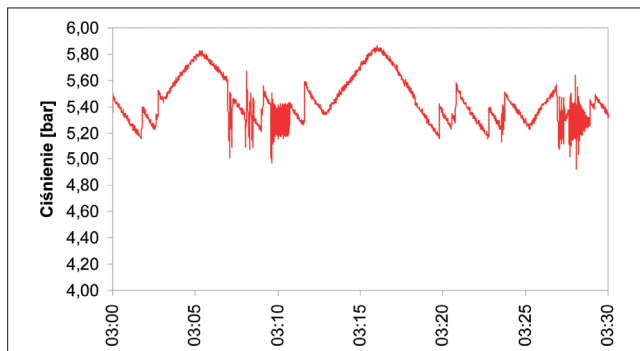
Jednoczesny pomiar stanów wodomierzy oraz przepływomierza elektromagnetycznego umożliwiły jednoczesne porównanie ich wskazań w tym samym czasie. Wyniki porównania ilości wody zmierzonej godzinowo pokazują rysunek 8 i rysunek 9.

Otrzymane wykresy powtórnie wskazują na brak rozbieżności wskazań urządzeń w godzinach nocnych (przy przepływach minimalnych), natomiast przy wyższych rozbiorach (wyższej częstotliwości uruchomień/zatrzymań pomp) zawyżane są wskazania kwestionowanego wodomierza DN40, bez względu na sposób montażu.

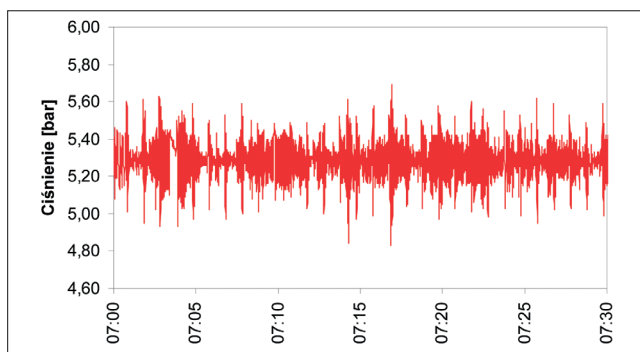
Z powyższych powodów wykonano dodatkowo analizę profili ciśnienia za zestawem pompowym, umożliwiającą sprawdzenie ww. częstotliwości pracy zestawu pompowego w różnych godzinach.

Analiza profili ciśnienia za zestawem pompowym

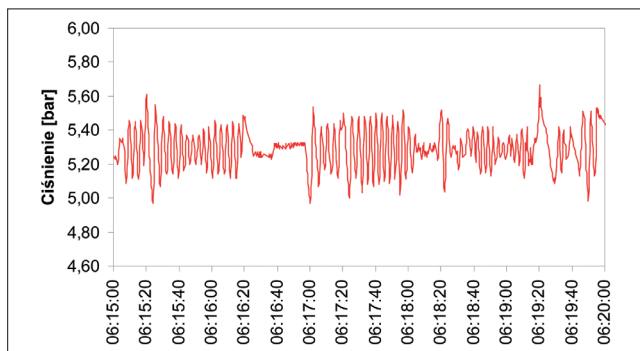
W czasie wizji lokalnej poprzedzającej badania wodomierzy stwierdzono wysoką niestabilność pracy zestawu pompowego – zestaw włączał się i wyłączał wielokrotnie w ciągu minuty, pracując po kilka-kilkanaście sekund. Częstotliwość włączeń pompy wymusiła konieczność przeprowadzenia pomiarów ciśnienia za zestawem pompowym z wysoką częstością pomiarów, wyższą, niż w pierwotnym pomiarze pierwszej serii. Badanie takie przeprowadzono w dniach 29-31 października 2013 roku,



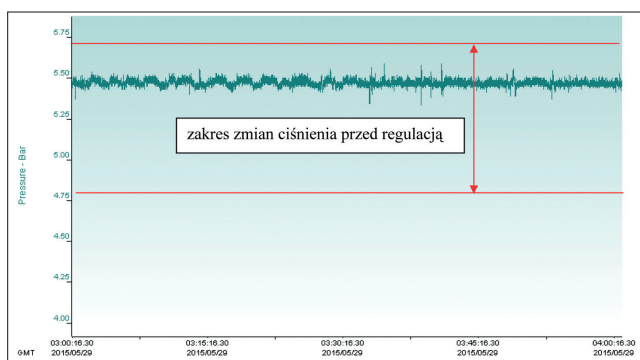
Rysunek 10.
Profil ciśnienia z okresu 30 minut za zestawem pompowym w godzinach nocnych



Rysunek 11.
Profil ciśnienia z okresu 30 minut za zestawem pompowym w godzinach dziennych



Rysunek 12.
Szczegół profilu ciśnienia z okresu 5 minut za zestawem pompowym w godzinach dziennych



Rysunek 13.
Szczegół profilu ciśnienia po regulacji zestawu pompowego

mierząc wartości ciśnienia co 0,2 sekundy (rysunek 7).

Profile zmian ciśnienia dla półgodzinnych pomiarów z godziny nocnych i dziennych pokazano na rysunku 10 i rysunku 11.

Otrzymane wyniki potwierdziły niestabilną pracę pomp – kilkadziesiąt włączeń pompy w ciągu godziny w nocy i kilkadziesiąt włączeń pompy w ciągu dnia.

Przykładowy szczegół pracy z pięciu minut pomiarów pokazuje rysunek 12.

Otrzymane wyniki pomiaru ciśnienia wskazały właściwą przyczynę błędnych wskazań wodomierzy jednostrumieniowych – częste włączania/wyłączania ze-

stawu pompowego powodują gwałtowną zmianę prędkości i poślizg wirnika. Wynika stąd, że bez stabilizacji pracy zestawu pompowego niemożliwy jest poprawny pomiar zużycia wody przy wykorzystaniu wodomierzy jednostrumieniowych.

Z tego powodu autor przeprowadził regulację sterownika zestawu pompowego, mającą na celu zmniejszenie do minimum amplitudy ciśnienia oraz częstości włączeń/wyłączeń pomp. Wyniki regulacji pokazuje rysunek 13.

Po wykonanej regulacji, rozbieżności bilansu wody w budynku względem wodomierza głównego zmniejszyły się do wartości akceptowanej przez odbiorcę wody.

Podsumowanie

Wyniki badań pokazały, że stosowanie fabrycznych nastaw automatyki zestawów pompowych, niedostosowanych do rzeczywistych rozbiorów i hydrauliki zasilanej instalacji, może być przyczyną poważnych nieprawidłowości w pracy urządzeń pomiarowych w zasilanych budynkach, przede wszystkim wodomierzy jednostrumieniowych. Paradoksalnie, może to powodować sytuację, że modernizacja pompowni i zastosowanie pomp sterowanych przetwornicami częstotliwości (zamiast klasycznych zestawów hydroforowych) będzie skutkowało wysokimi rozbieżnościami bilansu wody, pomimo prawidłowych wyników badania metrologicznego ww. wodomierzy.

Podsumowując wyniki badań, stwierdzono, że:

1. Różnica wskazań kwestionowanego wodomierza DN40 (dostawcy wody) i urządzeń kontrolnych wynosiła w całym okresie pomiarów ponad 18%, potwierdzając zastrzeżenia odbiorcy wody.
2. Badania nie potwierdziły nieprawidłowego montażu wodomierza DN40 (braku odcinków prostych przed wodomierzem) jako przyczyny rozbieżności jego wskazań – w obu etapach badań wskazania były na praktycznie identycznym poziomie. Dodatkowo wyniki ekspertyzy wodomierza DN40 wykonanej przez OUM potwierdziły, że przy prawidłowych warunkach jego eksploatacji błędy wskazań kwestionowanego wodomierza nie przekraczają błędów granicznych, określonych w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 23 października 2007 r. (Dz. Ustaw nr 209 z 13 listopada 2007r., poz. 1513).
3. Przyczyną bezpośrednią problemów bilansu wody dla tego budynku była niestabilna praca zestawu pompowego – bez stabilizacji pracy zestawu niemożliwe było trwałe usunięcie przyczyn rozbieżności bilansu wody i wysoce prawdopodobne było uszkodzenie mechaniczne wodomierza głównego DN25 dostawcy wody. Z tego powodu dostawca wody zastosował w końcu w tej lokalizacji wodomierz wolumetryczny.
4. Likwidacja przyczyn rozbieżności bilansu wody w opisanym przypadku, wymagała wspólnych działań technicznych zarówno dostawcy, jak i odbiorcy wody.

BIBLIOGRAFIA

- [1] KORAL W.: „Wpływ błędów konfiguracji zestawu pompowego, sterowanego przetwornicą częstotliwości na pracę instalacji wodociągowej w budynkach wielorodzinnych – studium przypadku”, Instal 1/2008