

## WODOMIERZE WOLUMETRYCZNE (OBJĘTOŚCIOWE) PO PIĘCIU LATACH EKSPLOATACJI W SIECI WODOCIĄGOWEJ

**Piotr Krzysztof TUZ\***

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45 A, 15-351 Białystok

**Streszczenie:** Wodomierz w przedsiębiorstwie wodociągowym w obecnej chwili jest podstawowym urządzeniem do pomiaru zużycia wody zarówno wtłoczonej do sieci jak i u końcowego odbiorcy. Najliczniejszą grupę stanowią urządzenia w średnicach DN 15 i DN 20. Coraz częściej przedsiębiorstwa wodociągowe w celu ograniczenia strat wody decydują się na zakup i montaż w sieci wodociągowej wodomierzy klasy C. Wybór typu wodomierza powinien być uzależniony m.in. od jakości wody w sieci. Wodomierze objętościowe ze względu na dużą dokładność oraz odporność na kradzieże wody coraz częściej stają się obiektem zainteresowań przedsiębiorstw wodociągowych. Okres pracy wodomierzy w sieci – okres międzylegalizacyjny wynosi w Polsce 5 lat. W artykule przedstawiono badania właściwości metrologicznych wodomierzy objętościowych po 5 latach eksploatacji w sieciach wodociągowych w różnych przedsiębiorstwach wodociągowych.

*Słowa kluczowe:* wodomierz, wolumetryczny, objętościowy, straty wody.

### 1. Wprowadzenie

Strat wody występuje praktycznie we wszystkich sieciach wodociągowych na świecie i stanowią często duży problem. W Polsce skala tego problemu uwidoczniła się dopiero w okresie gospodarki rynkowej. Dawniej wskutek niskiej ceny wody występowało niewłaściwe nią gospodarowanie, co przyczyniła się do marnotrawienia wody i nieprzywiązywania wagi do powstających strat. Za IWA (*International Water Association*) straty można

podzielić na rzeczywiste i pozorne (Piechurski, 2007). Straty pozorne, rzadziej prezentowane w literaturze, są przeważnie utożsamiane z wyborem nieodpowiedniej wielkości urządzenia pomiarowego.

Według IWA wodę wprowadzoną do sieci można podzielić na: wodę zużytą na konsumpcje i straty. Kolejnych podziałów wody konsumowanej (tab. 1) dokonano ze względu na sposób jej rozliczania i obecność przyrządów pomiarowych.

Tab. 1. Tworzenie bilansu wody według International Water Association (IWA) (Piechurski, 2007)

		Zafakturowana autoryzowana konsumpcja	Zafakturowana zmierzona konsumpcja (zawierająca wodę eksportowaną)	Woda przynosząca dochód
			Zafakturowane i niepomierzone zużycie (np. klienci ryczałtowi)	
Woda wtłoczona do systemu wodociągowego (w tym import)	Autoryzowana konsumpcja	Niezafakturowana autoryzowana konsumpcja, np. woda zużyta do płukania sieci	Niezafakturowana zmierzona konsumpcja	
			Niezafakturowana i niezmierna konsumpcja	
Straty wody		Starty pozorne	Nieautoryzowana konsumpcja (np. kradzieże)	Woda nie przynosząca dochodu
			Błąd pomiaru i odczytu wodomierzy	
		Straty rzeczywiste	Straty na sieci przesyłowej i rozdzielczej	
			Straty na zbiornikach magazynujących wodę	
			Straty na przyłączach	

\* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: tuz@pb.edu.pl

Wodę wtłoczoną do sieci wodociągowej podzielono na autoryzowaną konsumpcję i straty. Całkowite straty wody stanowią różnicę pomiędzy zmierzoną ilością wody wprowadzoną do sieci wodociągowej a zafakturowaną ilością wody dostarczoną odbiorcom. Straty te z kolei podzielono na straty rzeczywiste i pozorne. Straty rzeczywiste to te, które powstają:

- w stacjach pomp,
- w urządzeniach do uzdatniania wody,
- w zbiornikach wody,
- w sieciach wodociągowych wraz z uzbrojeniem,
- w wewnętrznych instalacjach wodociągowych.

Większość tych strat powstaje w wyniku nieszczelności przewodów i uzbrojenia sieci wodociągowej lub awarii przewodów.

Natomiast na straty pozorne składa się nieautoryzowana konsumpcja np. kradzieże oraz straty powstające w wyniku błędnych pomiarów i odczytu wodomierzy (Czeszczewik i Tuz, 2009). Przyczyn błędów wskazań wodomierzy należy upatrywać w:

- konstrukcji wodomierza (w tym materiałów, z których jest wykonany),
- twardości i korozyjności wody w sieci wodociągowej (u końcowego odbiorcy),
- zawartości żelaza i manganu w wodzie wodociągowej (u końcowego odbiorcy),
- wieku sieci i materiale z jakiego wykonana jest sieć wodociągowa,
- liczbie awarii na sieci i częstotliwości jej płukania,
- średnicy wodomierza i doborze do warunków panujących na połączeniu wodociągowym (przepływy charakterystyczne),
- położeniu w stosunku do źródła wody,
- występowaniu uderzeń hydraulicznych,
- sposobie montażu,
- wyborze klasy metrologicznej urządzenia.

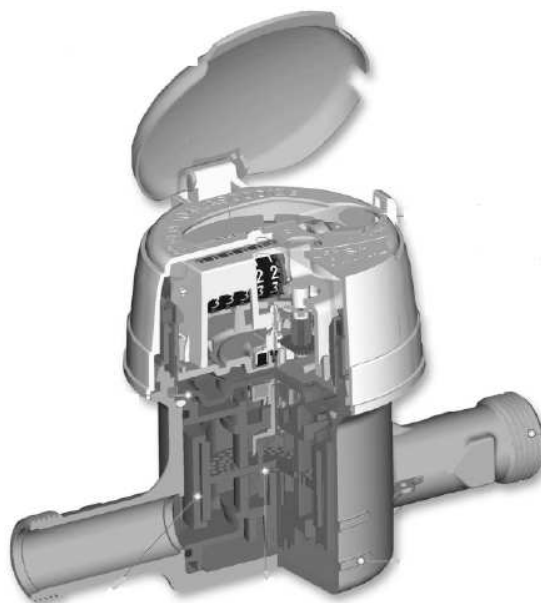
Straty te szacuje się na poziomie nawet do 10% wody wtłoczonej do systemu wodociągowego.

W zmianie do Dyrektywy Komisji Europejskiej 2004/22/WE z 10 listopada 2009 roku nr 2009/137/WE można przeczytać, iż błędy wodomierza nowego jak i w eksploatacji nie powinny faworyzować żadnej ze stron umowy na dostarczanie wody i odprowadzanie ścieków. Dotyczy to sytuacji, gdy reguluje się błędy nowego wodomierza przy wykonaniu legalizacji pierwotnej jak i urządzenia eksploatowanego w sieci wodociągowej. Typ urządzenia wybrany w danym przedsiębiorstwie

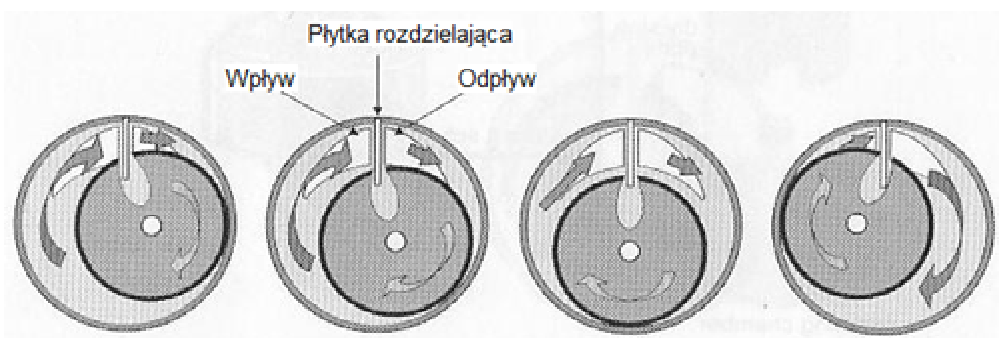
wodociągowym powinien zabezpieczać obie strony umowy przed przekroczeniem błędów granicznych dopuszczalnych przez cały okres legalizacyjny. Zmiana dyrektywy znalazła swoje odzwierciedlenie w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 16 sierpnia 2010 roku o zmianie do rozporządzenia w sprawie zasadniczych wymagań dla przyrządów pomiarowych (Dz. U. nr 163, poz. 1103). Za zasadne wydaje się więc postawienie pytania o zmianę właściwości metrologicznych urządzeń w czasie ich eksploatacji, przykładowo po okresie 5 lat, czyli po upływie ważności legalizacji, w zależności od typu i wielkości urządzenia pomiarowego oraz warunków pracy.

## 2. Metodyka badań

Wodomierze pochodzą z sieci wodociągowych przedsiębiorstw wodociągowych na terenie Polski. Wszystkie wodomierze zostały przebadane pod względem metrologicznym na stołach legalizacyjnych zatwierdzonych przez Główny Urząd Miar i posiadających ważną dokumentację stanowiska. Zasadę ich działania objaśnia rysunku 1, a przekrój widoczny jest na rysunku 2.



Rys. 2. Wodomierz objętościowy – przekrój



Rys. 1. Wodomierz objętościowy – zasada działania

### 3. Kryteria oceny

Przyjęto, iż w badaniach obowiązują znane z przepisów prawnych kryteria oceny metrologii wodomierzy nowych i w użytkowaniu wydane na podstawie Ustawy Prawo o Miarach i rozporządzeń wykonawczych (2001, 2007 i 2009):

- błąd graniczny dopuszczalny (MPE) dodatni lub ujemny objętości dostarczanych przy strumieniach objętości pomiędzy pośrednim strumieniem objętości  $Q_t$  (włącznie) a maksymalnym strumieniem objętości  $Q_{max}$  wynosi:
  - $\pm 2\%$  dla wody o temperaturze  $< 30^\circ C$ ,
  - $\pm 3\%$  dla wody o temperaturze  $> 30^\circ C$ ,
- błąd graniczny dopuszczalny dodatni lub ujemny objętości dostarczanych przy strumieniach objętości pomiędzy minimalnym strumieniem objętości ( $Q_{min}$ ) i pośrednim strumieniem objętości ( $Q_t$ ) (wyłączenie) wynosi  $5\%$  niezależnie od temperatury wody.

W Polsce podczas sprawdzania wodomierzy w eksploatacji obowiązują błędy graniczne w użytkowaniu – podwójne w stosunku do błędów dla legalizacji pierwotnej i ponownej.

Błąd graniczny dopuszczalny (MPE) dodatni lub ujemny, objętości dostarczanych przy strumieniach objętości pomiędzy pośrednim strumieniem objętości ( $Q_t$ ) (włącznie) a przeciętnym strumieniem objętości ( $Q_{max}$ ) wynosi:

- $\pm 4\%$  dla wody o temperaturze  $< 30^\circ C$ ,
- $\pm 6\%$  dla wody o temperaturze  $> 30^\circ C$ .

Błąd graniczny dopuszczalny dodatni lub ujemny objętości dostarczanych przy strumieniach objętości pomiędzy minimalnym strumieniem objętości  $Q_1$  ( $Q_{min}$ ) i pośrednim strumieniem objętości  $Q_2$  ( $Q_t$ ) (wyłączenie) wynosi  $\pm 10\%$  niezależnie od temperatury wody.

Jeśli na wniosek odbiorcy wody wykonano ekspertyzę wodomierza i nastąpiło przekroczenie błędów granicznych dopuszczalnych w użytkowaniu, rozpoczyna się procedura korekty naliczonych opłat.

### 4. Analiza wyników badań

Rozkład błędów metrologicznych wodomierzy przeprowadzono w oparciu o zatwierdzenie typu tych urządzeń dla charakterystycznych strumieni objętości to  $Q_n = 1,5$  (2,5)  $m^3/h$ ,  $Q_t = 22,5$  (37,5)  $l/h$ ,  $Q_{min} = 15$  (25)  $l/h$ .

W wyniku przeprowadzonej analizy wodomierzy objętościowych klasy C – Vega i Altair DN 15 i 20 stwierdzono, iż w populacji 747 wodomierzy 32% nie mieściła się w błędach pierwotnych, odpowiednio 21% nie mieściła się w błędach granicznych dopuszczalnych w eksploatacji – użytkowych dla przepływu minimalnego. Średni błąd przebadanej populacji wodomierzy w średnicy nominalnej DN 15-20 dla przepływu minimalnego wynosi  $-15,45\%$  (mediana  $-2,38\%$ ) i nie mieści się w błędzie granicznym dopuszczalnym dla tego strumienia objętości (tab. 2, rys. 3).

Dla parametru przepływu przejściowego  $q_t$  zanotowano 164 wodomierzy z błędem przekraczającym maksymalny błąd graniczny dopuszczalny w użytkowaniu, co stanowi 22% całej przebadanej populacji. W granicach błędu pierwotnego mieściło się 485 wodomierzy co stanowi 65% przebadanej populacji. (tab. 2, rys. 4).

Średni błąd dla przepływu przejściowego w analizowanej próbie wynosi  $-12,54\%$  i nie mieści się w granicach błędu pierwotnego (mediana  $-0,5\%$ ).

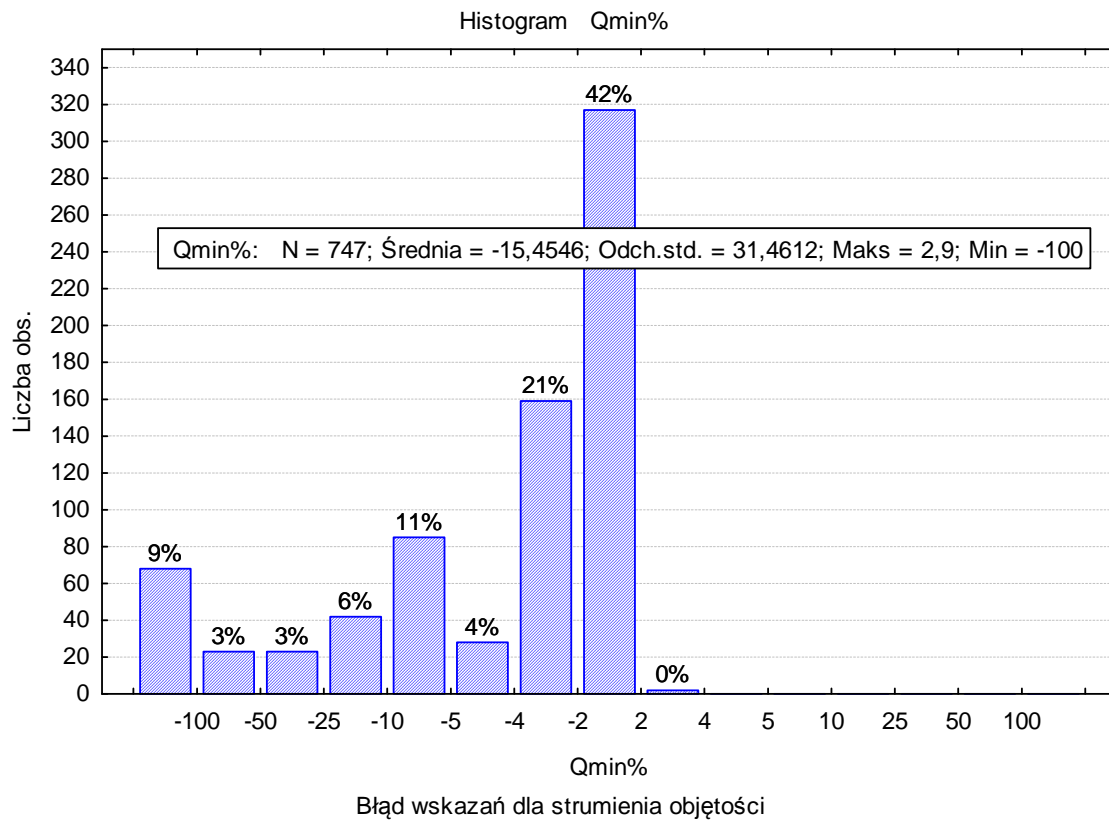
Dla parametru przepływu nominalnego  $q_n$  poza zakresem dopuszczalnego błędu granicznego w użytkowaniu, czyli przedziału  $<-4\%, 4\%>$  znalazło się 149 wodomierzy, co stanowi 8% przebadanej populacji. Stwierdzono, iż 88% populacji mieści się w granicach błędu pierwotnego dla tego strumienia objętości (tab. 2, rys. 5).

Średni błąd dla przepływu nominalnego w analizowanej próbie wynosi  $-5,39\%$  i mieści się w granicach błędu pierwotnego (mediana  $-0,16\%$ ).

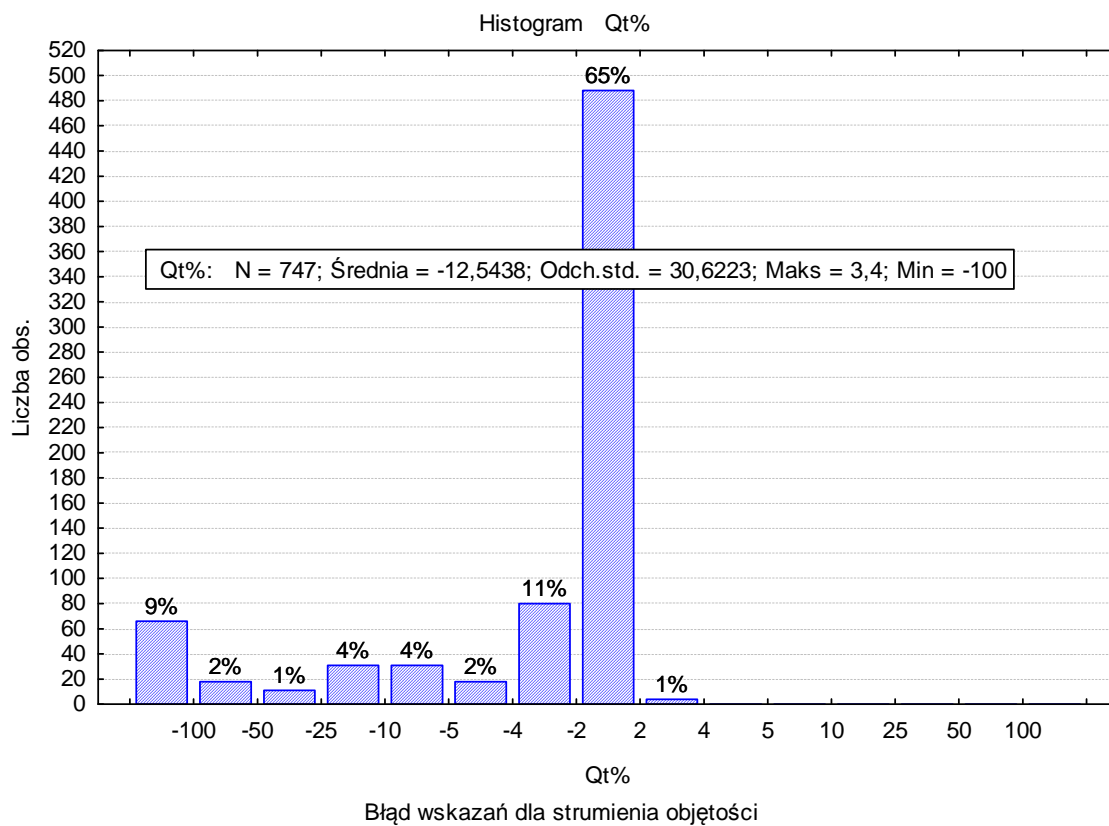
Przeprowadzono również analizę rozrzutu wyników ze względu na stan [ $m^3$ ] użytkowanych wodomierzy (rys. 6-9).

Tab. 2. Statystyki opisowe wodomierza DN 15-20

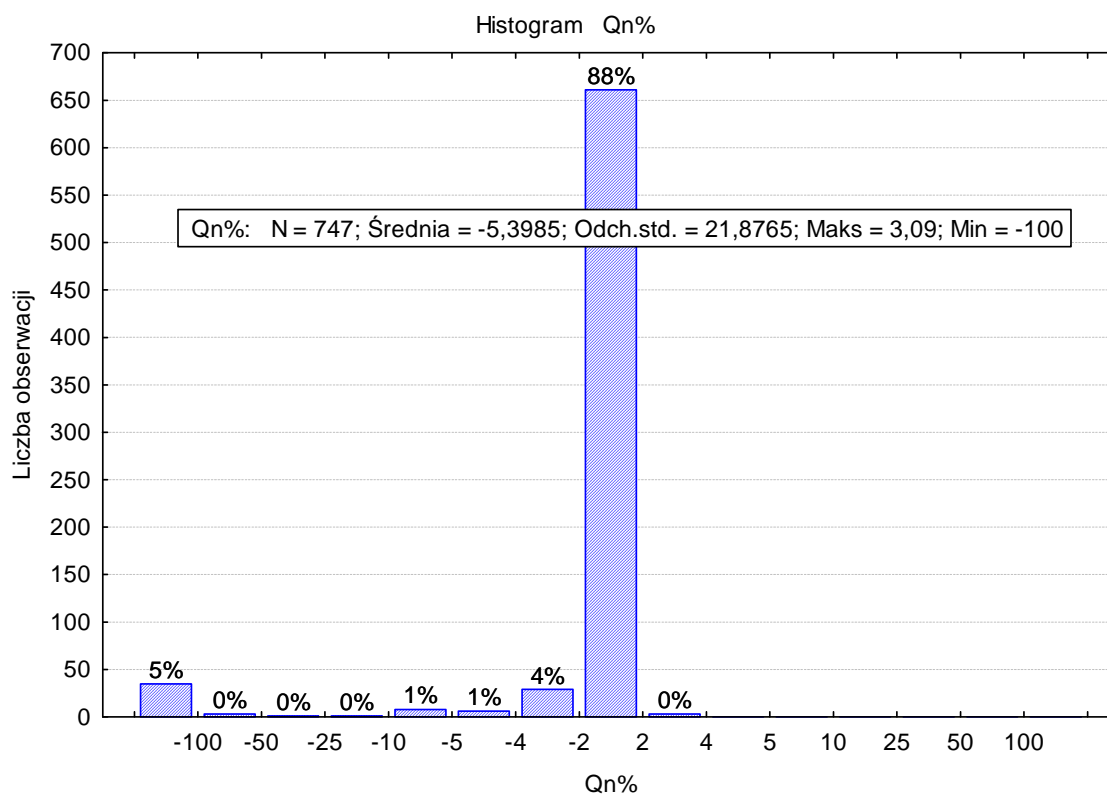
	Średnia	Ufność -95,000%	Ufność 95,000	Mediana	Minimum	Maksimum	Odchylenie standartowe
Qn%	-5,3985	-6,9698	-3,8272	-0,1600	-100,000	3,090	21,877
Qt%	-12,5438	-14,7433	-10,3442	-0,5000	-100,000	3,400	30,622
Qmin%	-15,4546	-17,7143	-13,1948	-2,3800	-100,000	2,900	31,461
Stan $m^3$	831,9183	748,8747	914,9620	516,0000	1,000	9873,000	1156,148



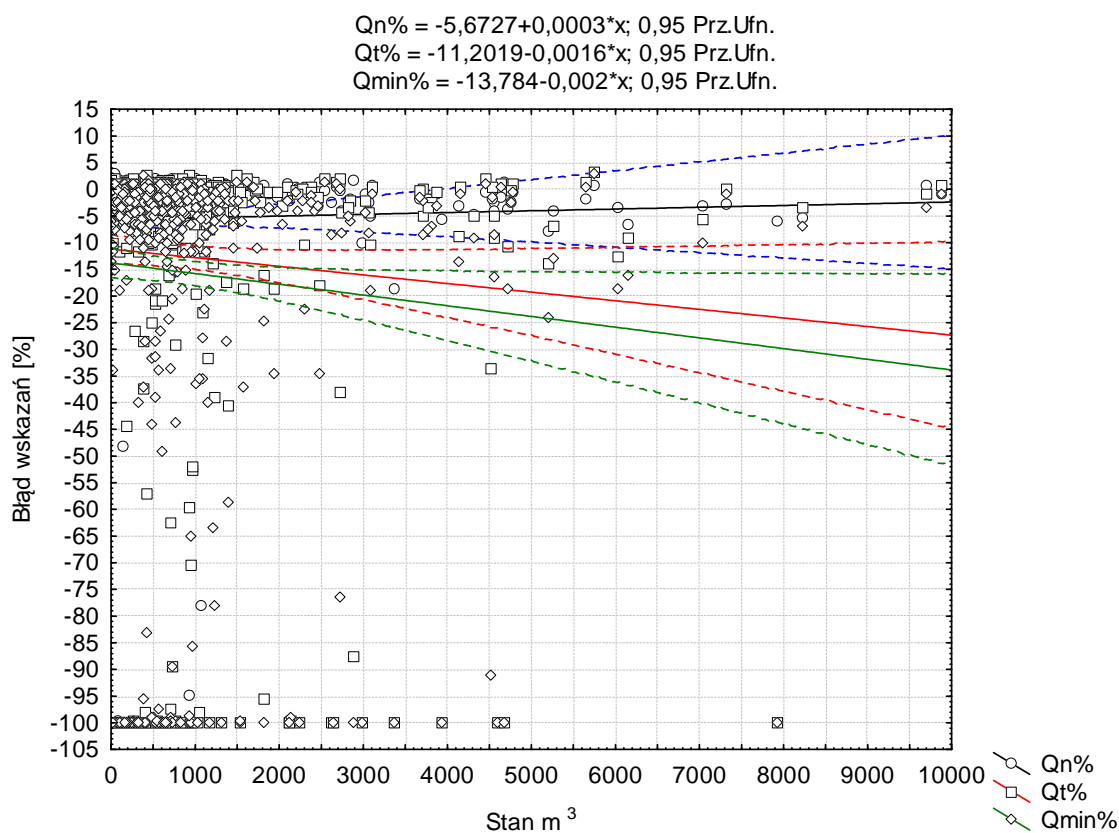
Rys. 3. Rozkład błędów dla strumienia objętości  $q_{\min}$



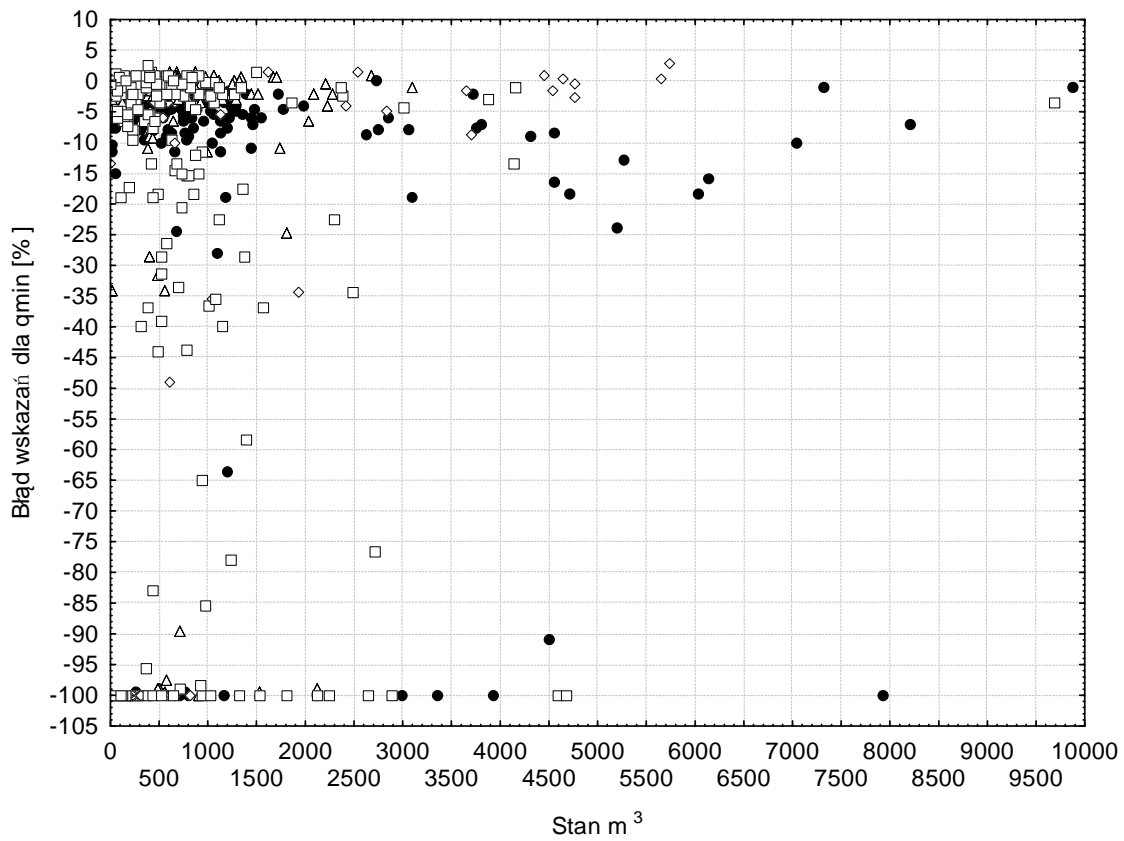
Rys. 4. Rozkład błędów dla strumienia objętości  $q_t$



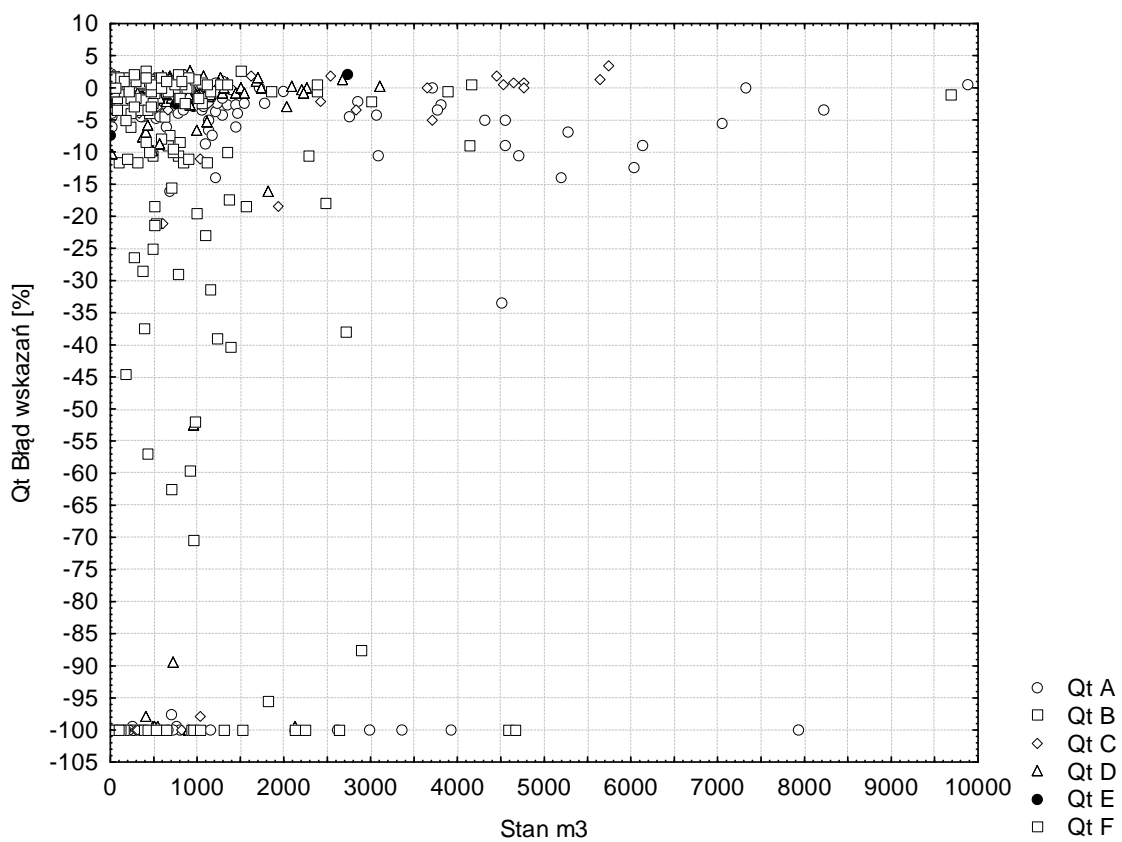
Rys. 5. Rozkład błędów dla strumienia objętości  $q_n$



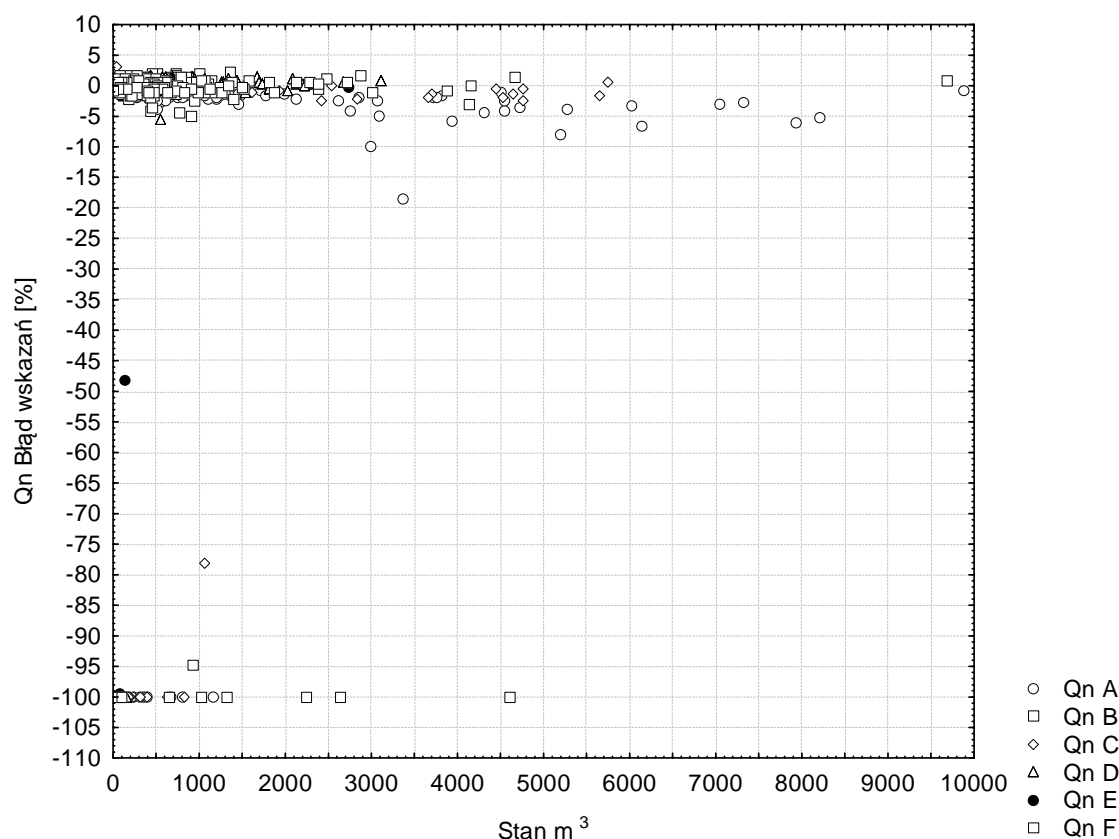
Rys. 6. Krzywa rozrzutu błędów metrologicznych w zależności od stanu wodomierza dla strumienia  $q_{min}$ ,  $q_t$ ,  $q_n$



Rys. 7. Krzywa rozrzutu błędów metrologicznych w zależności od stanu wodomierza dla strumienia  $q_{min}$  oraz miejsca jego użytkowania



Rys. 8. Krzywa rozrzutu błędów metrologicznych w zależności od stanu wodomierza dla strumienia  $q_t$  oraz miejsca jego użytkowania



Rys. 9. Krzywa rozrzutu błędów metrologicznych w zależności od stanu wodomierza dla strumienia  $q_n$  oraz miejsca jego użytkowania

## 5. Podsumowanie i wnioski końcowe

Wodomierze objętościowe stanowią alternatywę dla innych typów urządzeń np. jednostrumieniowych lub wielostrumieniowych, ale ich stosowanie należy poprzedzić badaniami jakości wody dla podstawowych wskaźników, takich jak: twardość wody, korozyjność, przewodność, żelazo ogólne, mangan. Jakość wody decyduje o liczbie wodomierzy które zatrzymują się podczas eksploatacji oraz o wzroście błędów wskazań powyżej MPE. Błędy wskazań wzrastają wraz ze wzrostem stanu wodomierzy (Arregui i in., 2007).

### Literatura

- Arregui F., Cabrera E. Jr, Cobach R. (2006). Integrated Water Meter Management. IWA, London 2006.
- Czszczewik D., Tuz P. K. (2009). Dobór i eksploatacja wodomierzy. *Rynek Instalacyjny*, 5/2009.
- Piechurski F. (2007). Próba oceny straty wody w systemie wodociągowym. *Rynek Instalacyjny*, 5/2007.
- Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 16 sierpnia 2010 roku o zmianie do rozporządzenia w sprawie zasadniczych wymagań dla przyrządów pomiarowych (Dz. U. nr 163, poz. 1103).
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/22/WE z dnia 31 marca 2004 r. w sprawie przyrządów pomiarowych.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 23 października 2007 r. w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać wodomierze, oraz szczegółowego zakresu sprawdzeń

wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów.

Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 7 stycznia 2008 r. w sprawie prawnej kontroli metrologicznej przyrządów pomiarowych.

Ustawa Prawo o Miarach z 11 maja 2001 (Dz. U. 63/2001 poz. 636 z późn. zm., w szczególności Dz. U. 141/2004 poz. 1493).

### VOLUMETRIC WATERMETERS AFTER FIVE YEARS OF USING IN WATER SUPPLY SYSTEMS

**Abstract:** A water meter is the basic device in a water supply company to measure supply of both water pumped into a water-pipe network and at a final consumer. DN15 and DN20 devices belong to the largest group. More often water supply companies decide to buy and install water meters of C class to reduce water loss. The choice of a type of water meter should be based on e.g. quality of water in a water-pipe network. More and more often water supply companies are interested in volume water meters because of accuracy and resistance to stealing them. The time of working water meters in a water-pipe network is 5 years. The article presents the research of metrological features of volume water meters after 5 years of operating in networks in different water supply companies.

Pracę wykonano w Politechnice Białostockiej w ramach realizacji projektu badawczego finansowanego ze środków MNiSW w latach 2007-2010