

Badania rozbiórów wody w kontekście poprawności doboru wodomierza głównego na przykładzie wybranych budynków wielorodzinnych

tytuł angielski

Doboru wodomierza dokonuje się obecnie najczęściej na podstawie przepływu obliczeniowego określonego według normy, która nie ma statusu normy obowiązującej. Według dyrektywy MID, mającej obowiązywać od listopada 2016 r., należy dobrać wodomierze o mniejszym przepływie maksymalnym w stosunku do przepływu obliczeniowego niż według obecnie stosowanych wytycznych GUM.

Wodomierze to urządzenia mechaniczne lub mechaniczno-elektroniczne montowane na przewodzie wodociągowym, służące do pomiaru objętości wody przezeń płynącej [13]. Woda, przepływając przez wodomierz wprawia w ruch organ pomiarowy urządzenia, którego ruchy przenoszone są mechanicznie lub jako impulsy elektryczne do zegara (liczydła) wodomierza, gdzie następuje ich sumowanie oraz przeliczenie na jednostkę objętości wody. W ostatnim czasie na rynku instalacyjnym coraz szerzej oferowane są wodomierze statyczne – elektroniczne.

Wodomierze dzieli się według ich konstrukcji wewnętrznej oraz rodzaju organu pomiarowego. Wyróżniamy m.in. wodomierze skrzydełkowe (jedno- i wielostrumieniowe), śrubowe, wolumetryczne (inaczej zwane objętościowymi) oraz sprzężone. W wodomierzach statycznych pomiar prędkości przepływającej wody określany jest na podstawie różnicy w rozchodzeniu się fal ultradźwiękowych (wodomierze ultradźwiękowe) lub elektromagnetycznych (wodomierze elektromagnetyczne). Wymienione konstrukcje wodomierzy mogą być stosowane do pomiaru wody w przyłączach wodociągowych budynków wielorodzinnych.

Klasy dokładności wodomierzy

Wodomierze jako urządzenia pomiarowe posiadają zakres pomiarowy, w którym spełniają wymagania dokładności wskazań zapisane w rozporządzeniu Ministra Gospodarki [21]

przez okres wynikający z ich legalizacji [22], czyli okres, kiedy mogą służyć do rozliczeń. Od listopada 2016 roku na terenie Unii Europejskiej obligatoryjne będą zapisy dyrektywy Parlamentu Europejskiego [5], której zadaniem jest ujednoczenie przepisów dotyczących urządzeń pomiarowych – Measuring Instruments Directive (MID). Kończy się 10-letni okres przejściowy pozwalający na legalizację wodomierzy mających zatwierdzenia typu wydane przed 30 października 2006 roku. W dyrektywie tej zawarte są m.in. informacje odnośnie do szerokości zakresów pomiarowych urządzeń, błędów wskazań mierników i wytrzymałości ułożyskowania elementów pomiarowych, m.in. wirników wodomierzy. Według dyrektywy MID i jej opracowań [15] współczynnik R (od angielskiego „ratio”, czyli proporcji) obliczamy według równania (1):

$$R = \frac{Q_3}{Q_1} \quad (1)$$

gdzie:

Q_1 – minimalny strumień objętości wodomierza, m^3/h ;

Q_3 – ciągły strumień objętości wodomierza, m^3/h .

Wodomierz o najgorszym (najwyższym) zakresie pomiarowym, czyli klasie pomiarowej, ma $R = 10$, a o najlepszym $R = 800$. Według klas Głównego Urzędu Miar (GUM) obowiązujących do 2016 wodomierze wykonywane są w czterech klasach dokładności: A, B, C i D, gdzie klasa A ma najniższe parametry pomiarowe, a D najwyższe. Z przykładowego orientacyjnego porównania klas metrologicznych wg GUM i zakresów pomiarowych R wg MID podawanego w [6] wynika, że odpowiednikiem klasy A jest $R = 40$, klasy B $R = 80$, klasy C $R = 160$, a klasy D $R \geq 200$. W publikacji przedstawiono również przykład wyjaśniający sposób interpretacji parametrów wodomierzy produkowanych według dotychczasowych przepisów w odniesieniu do MID.

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki pomiarów zużycia wody w wybranych budynkach wielorodzinnych dwóch spółdzielni mieszkaniowych. Podniesiono problem rozbieżności obliczeniowych rozbiórów wody w stosunku do rozbiórów rzeczywistych. Obserwowana struktura zużycia wody jest często odmienna od teoretycznej, co może mieć wpływ na poprawność doboru wodomierza głównego, a w efekcie na dokładność jego wskazań.

Abstract

Każdy wodomierz ma cztery przepływy charakterystyczne związane z jego zdolnością pomiarową – Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 . Przepływ Q_1 to minimalny strumień objętości wodomierza, dla którego następuje pomiar objętości wody z wyższym błędem ustawowym (wodomierz nowy $\pm 5\%$, wodomierz w eksploatacji $\pm 10\%$). Przepływ Q_4 (przebieżeniowy strumień objętości) jest przepływem maksymalnym zakresu pomiarowego, powyżej tej wartości nieznyany jest błąd pomiarowy urządzenia. Przepływ Q_2 (pośredni strumień objętości) jest punktem wzrostu dokładności pomiaru wodomierza – dochodzi do zmniejszenia dopuszczalnego błędu do niższego poziomu (nowy wodomierz wody zimnej $\pm 2\%$, wodomierz wody zimnej w eksploatacji $\pm 4\%$) [21], a Q_3 jest przepływem ciągłym wodomierza. Najlepiej, żeby wodomierz jak najczęściej pracował w zakresie od Q_2 do Q_3 tzn. przy niższym dopuszczalnym błędzie pomiaru w normalnych warunkach użytkowania, czyli w warunkach przepływu ciągłego lub przerywanego. Dokładniejsze opisy kwestii metrologicznych można znaleźć w rozporządzeniu [21].

Zasady doboru wodomierzy do przyłączy wodociągowych budynków wielorodzinnych

Właściwy dobór wodomierza głównego do przyłączy wodociągowego budynku wielorodzinnego jest kwestią ważną, ponieważ tylko dobór odpowiedniego wodomierza dla konkretnego budynku będzie oznaczać jego bezproblemową eksploatację i zachowanie odpowiednich parametrów pomiarowych, które będą stabilne w ciągu pięcioletniego okresu eksploatacji [22]. Sam dobór zależy ściśle od tego, jak jest obliczany przepływ wody występujący lub prognozowany w przyłączy wodociągowym. Przede wszystkim obliczeniowy przepływ wody można przyjąć według normy [18], która opiera się na określeniu średniego wypływu wody z poszczególnych urządzeń czerpalnych w lokalu. Prawdopodobieństwo, by nastąpił pobór wody z wszystkich punktów instalacji w jednej chwili, jest odwrotnie proporcjonalne do wielkości instalacji [1]. Przepływ obliczeniowy uwzględnia ten fakt i dla budynku wielolokalowego wyznaczany jest z równania (2) [18] (dla $q < 20 \text{ dm}^3/\text{s}$):

$$q = 0,682 \left(\sum q_n \right)^{0,45} - 0,14 \left[\frac{\text{dm}^3}{\text{s}} \right] \quad (2)$$

gdzie:

q – przepływ obliczeniowy, dm^3/s ;

q_n – normatywny wypływ z punktu czerpalnego, dm^3/s .

Norma [18] jest wymagana przy projektowaniu przyłączy wodociągowych przez wielu dostawców wody [20, 28, 29] i przywołana w obwieszczeniu [16]. Polski Komitet Normalizacyjny status normy aktualnej podaje w odniesieniu do normy europejskiej [19], a norma [18] ma status normy wycofanej. Należy jednak pamiętać, że same normy nie tworzą obowiązującego prawa, a stanowią jedynie pomoc dla projektantów. Zgodnie z normą [18] przepływ maksymalny wodomierza wbudowanego w przyłączy powinien wynosić:

$$q_w = q \cdot 2 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] \quad (3)$$

gdzie:

q_w – przepływ maksymalny wodomierza, m^3/h ;
 q – przepływ obliczeniowy, m^3/h .

Znając przepływ obliczeniowy przyłącza, należy dobrać wodomierz przy wykorzystaniu przepływu nominalnego i maksymalnego tak, by spełniona została powyższa zależność przepływów (3). Od listopada 2016 roku obligatoryjnie obowiązywać będzie dyrektywa [5], która zmienia stosunki przepływów charakterystycznych wodomierzy. Według niej równanie (3) powinno przyjąć zależność (4). Oznacza to, że należy dobrać wodomierze o mniejszym przepływie maksymalnym w stosunku do przepływu obliczeniowego.

$$q_w = q \cdot 1,25 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] \quad (4)$$

Powyższa dyrektywa wychodzi naprzeciw doświadczeniom eksploatacyjnym, na podstawie których Chudzicki i Sosnowski [2] podają, że dobór wodomierza można uznać za poprawny, jeśli zostanie spełniony warunek (5)

$$q \leq 0,7 \cdot q_w \quad (5)$$

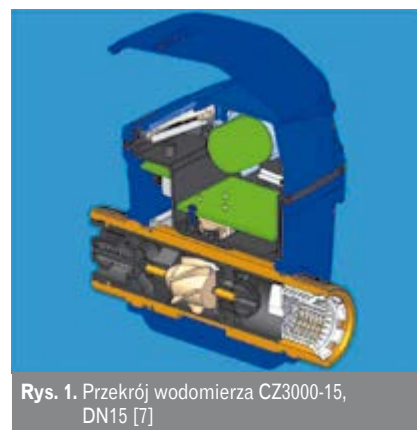
Pamiętać należy, że oprócz normy [18] dopuszczana jest możliwość popartego obliczeniami lub pomiarami odejścia od niej [11]. Rozporządzenie [23] może służyć do obliczenia przepływu średniego dobowego, jako jedyne jest prawnie ważnym sposobem obliczeń zawartym w ustawodawstwie. Wykorzystując współczynniki nierównomierności rozbioru podawane w literaturze [14], można określić przepływy ekstremalne dobowe i godzinowe. Doboru wodomierza można dokonać również na podstawie metody symulacyjnej (statystycznej). Na podstawie monitoringu połączeń wodociągowych w budynkach wielolokalowych uzyskano szeroką bazę danych empirycznych. Natomiast na podstawie analizy statystycznej uzyskanych danych

opracowano algorytmy określania natężenia przepływów do doboru wodomierzy [27]. Wyczerpujące informacje dotyczące metod doboru wodomierzy w budynkach można znaleźć w wielu publikacjach [17, 25, 26]. Jeśli budynek, dla którego obliczany jest przepływ, ma instalację przeciwpożarową, należy uwzględnić ilość wody konieczną do celów przeciwpożarowych i ochronnych. Obecność instalacji przeciwpożarowej wymusza bowiem budowę przyłącza wodociągowego dla parametrów wymaganych rozporządzeniem [24].

Budowa oraz zasady montażu urządzenia pomiarowego wykorzystanego do badań

Pomiary przepływów wody wykonane zostały przy użyciu wodomierzy mechaniczno-elektronicznych hiszpańskiej firmy CONTAZARA, model CZ3000 o średnicach DN 15, DN 20 i DN 32. Wodomierz CZ3000 charakteryzuje się współczynnikiem R według MID na poziomie R200 [4], co według GUM jest odpowiednikiem klasy D, czyli najwyższej [5, 6, 22].

CZ3000 jest wodomierzem śrubowym, mającym tylko jedną ruchomą część. Na rys. 1 przedstawiono jego przekrój wraz z widocznym elementem w kształcie śruby, którą wprawia w ruch przepływająca przez wodomierz woda. Wodomierz ma zintegrowany zawór zwrotny, który uniemożliwia cofnięcie się wody przez korpus i znacznych rozmiarów filtr pozwalający na zatrzymywanie zanieczyszczeń, które wraz z wodą wpłynęły do korpusu wodomierza.



Rys. 1. Przekrój wodomierza CZ3000-15, DN15 [7]

Korpus wodomierza wykonany jest z mosiądzu, z gwintem o średnicę większą niż średnica wodomierza. Jest to spowodowane faktem, że montaż wodomierza powinien być przeprowadzany z wykorzystaniem mosiężnych łączników wodomierzowych, znanych także jako śrubunek wodomierzowy. Dodatkowo w korpusie zintegrowano odcinki proste o długościach pięciokrotnej średnicy przed i trzykrotnej średnicy za wodomierzem. Celem

jest niedopuszczenie, by sposób zamontowania wodomierza generował nieprzewidywalne zmiany rozkładu linii prądu w strudze wody, a zatem żeby nie mogły powstać warunki powodujące zmianę charakterystyki pomiarowej wodomierza [9, 13].

Urządzenie pomiarowe montowano zawsze na instalacji należącej do właściciela budynku, czyli na instalacji budynkowej. W związku z tym montaż nie wymagał zgody dostawcy wody. Średnica wodomierza rejestrującego była dobierana względem istniejącego wodomierza głównego budynku tak, aby średnice obu urządzeń były równe lub mniejsze. Przy stosowaniu mniejszych średnic obliczano średni przepływ wody z danych pochodzących z faktur zakupowych wody do budynku. Obliczony przepływ średni służył do doboru średnicy wodomierza rejestrującego. Montaż urządzenia obejmował:

- przecięcie instalacji wodociągowej za zaworem odcinającym za wodomierzem głównym – instalacji budynkowej;
- nagwintowanie rury stalowej ocynkowanej lub wgrzanie kształtki polipropylenowej na przewód wykonany z PP;
- zmianę średnicy rurociągu, aby odpowiadała średnicy urządzenia pomiarowego;
- montaż urządzenia pomiarowego z wykorzystaniem znormalizowanego łącznika wodomierzowego odpowiedniego do średnicy urządzenia pomiarowego, czyli śrubunku wodomierzowego;
- montaż zaworu odcinającego za urządzeniem pomiarowym. We wszystkich przypadkach zamontowano zawory kulowe gwintowane równoprzelotowe;
- połączenie zestawu wodomierzowego z istniejącą instalacją budynku.

Ponieważ badane przyłącza nie miały zaworów antyskażeniowych, te ostatnie zostały zamontowane po usunięciu urządzenia pomiarowego – w istniejącej przerwie w instalacji.

Montaż wodomierza będącego urządzeniem pomiarowym odpowiadał wymaganiom stawianym przez rozporządzenie [21], a sam wodomierz odpowiadał wymaganiom rozporządzenia [22].

Metodyka zbierania danych

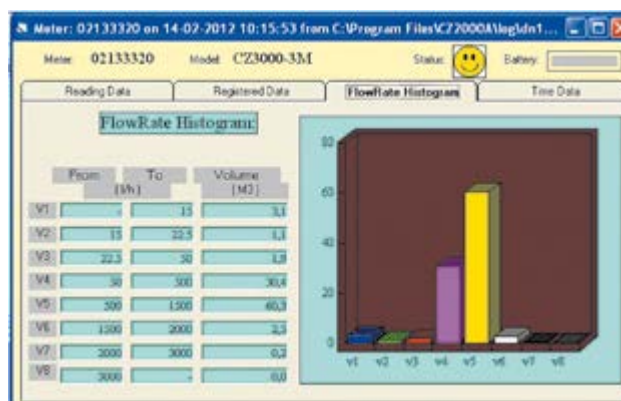
Pomiary rzeczywistych przepływów wody wykonano na przyłączach wodociągowych budynków wielorodzinnych należących do zasobów dwóch spółdzielni mieszkaniowych zlokalizowanych w różnych miastach położonych na wschód od Warszawy. Spółdzielnia pierwsza została oznaczona jako SM1, a druga jako SM2.

W spółdzielni SM1 dokonano pomiarów w 15 budynkach. Badane budynki tej spółdzielni oznaczono ciągiem kodów SM1B1 – SM1B15, które są kombinacją oznaczenia spółdzielni i narastającym numerem porządkowym budynku. W spółdzielni SM2 dokonano pomiarów w pięciu budynkach. Badane budynki oznaczono ciągiem kodów SM2B1 – SM2B5.

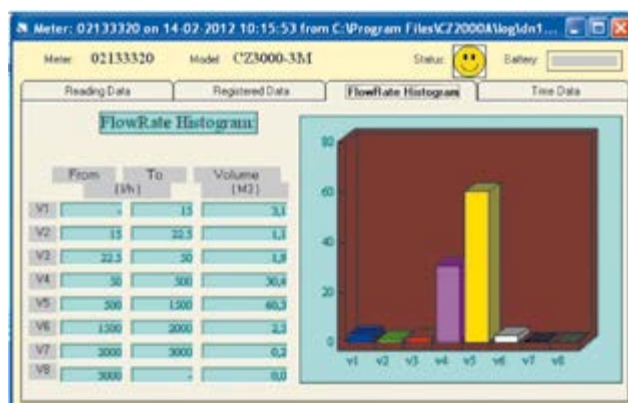
Informacje dotyczące liczby mieszkańców w poszczególnych budynkach uzyskano od spółdzielni mieszkaniowych będących właścicielami i administratorami analizowanych budynków. Spółdzielnie przekazały także informacje dotyczące liczby lokali w badanych obiektach. Informacje dotyczące klasy wyposażenia sanitarnego w lokalach, technologii wykonania i stanu technicznego instalacji uzupełniono na podstawie inwentaryzacji przeprowadzonej w każdym z badanych budynków.

Dane pomiarowe były rejestrowane przez

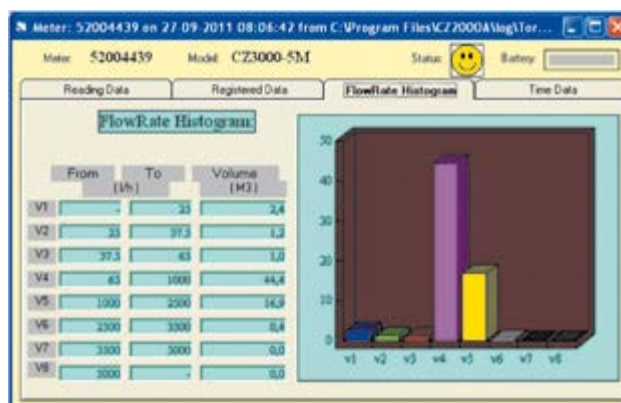
urządzenie w sposób automatyczny, a następnie zgrywane do komputera z wykorzystaniem modułu komunikacyjnego CZ2000 EKO oraz oprogramowania CzHome, dostarczonego wraz z modułem komunikacyjnym [4]. Po zamontowaniu urządzenia na przewodzie wodociągowym rejestrowany był każdy przepływ wody przez wodomierz zdolny obrócić śrubę wodomierza wraz z natężeniem i czasem trwania przepływu. Monitorowanie położenia śruby wodomierza odbywało się w sposób ciągły z wykorzystaniem impulsatorów. W pamięci rejestratora następowało sumowanie przepływów wody dla każdego częściowego zakresu natężenia przepływu. Rejestrowany i zliczany był zatem każdy start wodomierza. Jest to istotne z punktu widzenia trwałości ułożyskowania wodomierza pracującego w danym budynku [10]. Trwałość łożysk wirnika wodomierza określa się na poziomie 100 000 cykli startu i zatrzymania [15]. Po przekroczeniu tej liczby może dojść do postępującego pogorszenia dokładności pomiaru na skutek zwiększonych oporów ruchu wirnika wodomierza, czego przyczyną jest zwiększony opór łożysk [12]. To zaś przekłada się na niedokładny pomiar wody [8]. Na dokładność pomiaru istotny wpływ ma również jakość wody wodociągo-



Rys. 2. Objętości pobranej wody w poszczególnych zakresach pomiarowych wodomierza DN 15 z programu CzHome [4]



Rys. 3. Objętości pobranej wody w poszczególnych zakresach pomiarowych wodomierza DN 20 z programu CzHome [4]



Rys. 4. Objętości pobranej wody w poszczególnych zakresach pomiarowych wodomierza DN32 z programu CzHome [4]

wej. Problem awaryjności wodomierzy został szerzej opisany w publikacji [3].

W trakcie trwania badania urządzenie automatycznie określiło także miarodajny rozbiór minimalny i maksymalny wody w budynku. Miarodajny rozbiór minimalny to przepływ chwilowy o najmniejszym natężeniu, którego objętość jednokrotnie wyniosła przynajmniej 10 dm³ ze stałym natężeniem w trakcie trwania badania. Podobnie miarodajny rozbiór maksymalny to przepływ chwilowy o największym natężeniu, którego objętość jednokrotnie wyniosła przynajmniej 10 dm³ ze stałym natężeniem w trakcie trwania badania [4]. Przepływy te zostały zdefiniowane na potrzeby badania.

Czas trwania badania poszczególnych budynków wahał się w granicach od 11 do 35 dni, zależał ściśle od decyzji danej spółdzielni i wynikał ze stopnia niezgodności bilansu wody danego budynku.

Rejestrowanie danych kończyło się wraz ze zdemontowaniem urządzenia pomiarowego z przyłącza wodociągowego. Następowo zgranie z urządzenia do komputera zebranych danych pomiarowych zawierających informacje o przepływach i ich natężeniach, terminach wystąpienia przepływów skrajnych i sumarycznej objętości wody dla każdego zakresu natężeń przepływu. Zakresy przepływów zależały od średnicy wodomierza rejestrującego i były

określone przez producenta. Każda ze średnic wodomierza miała osiem takich zakresów.

Zbrane dane pomiarowe odczytano z wykorzystaniem specjalnego programu komputerowego dostarczonego wraz z interfejsem komunikacyjnym, podłączanym przez port szeregowy RS-232 do komputera.

Analiza rozbiorów wody

Na rys. 2–4 przedstawiono objętości wody pobrane w poszczególnych zakresach natężeń przepływu dla wybranych wodomierzy o średnicy DN 15, DN 20 i DN 32. Dodatkowo w postaci wykresu słupkowego zobrazowano histogram rozbiorów wody w poszczególnych zakresach pomiarowych.

Wyniki badań wskazują, że ponad 90% pobieranej wody odbywa się w dwóch średnich zakresach pomiarowych natężeń przepływu. Jednak objętość wody pobieranej w zakresie niskich natężeń przepływu jest znacznie wyższa niż w obrębie przepływów wysokich. Przepływy wysokie mają charakter incydentalny, o czym świadczą zerowe lub niewielkie ilości wody zarejestrowane w tych zakresach. Badania wykazały, że istniejące w budynkach wodomierze dobrane według starych wytycznych są w zdecydowanej większości przypadków za duże w stosunku do potrzeb. Uzasadnia to potrzebę wprowadzania wo-

domierzy mniejszych, aby uzyskać większą dokładność pomiaru w obrębie przepływów niskich.

W tabeli 1 zestawiono teoretyczne przeciętne normy zużycia wody na osobę według rozporządzenia [23] z pomierzonym jednostkowym zużyciem wody w poszczególnych budynkach. We wszystkich przypadkach rzeczywiste jednostkowe rozbiory wody okazały się niższe od teoretycznych.

Wśród analizowanych budynków sześć charakteryzowało się 4. klasą wyposażenia (lokalne źródło ciepłej wody), a 14 – 5. klasą wyposażenia (centralne źródło ciepłej wody). Średnio pomierzone jednostkowe zużycie wody przez mieszkańca dla budynków z 4. klasą wyposażenia wyniosło 72,7 dm³/Md, co stanowi 72,7% wartości teoretycznej podawanej w rozporządzeniu [23]. Dla budynków z 5. klasą wyposażenia średnie jednostkowe zużycie wyniosło 90,4 dm³/Md, co stanowi 56,5% wartości teoretycznej.

Zgodnie z poniższym wzorem możemy obliczyć teoretyczny przepływ maksymalny dobowy:

$$Q_{dmax} = Q_{dśr} \cdot N_d \left[\frac{m^3}{d} \right] \quad (6)$$

gdzie:

Lp.	Sygnatura	Liczba mieszkańców (LM)	Klasa wyposażenia [18]	Czas badania [d]	Rozbiór jednostkowy		Rozbiór średni dobowy		Procent rozbioru teoret. [%]
					teoretyczny [dm ³ /dM]	pomierzony [dm ³ /dM]	teoretyczny [m ³ /d]	pomierzony [m ³ /d]	
1	SM1B01	87	4	11	100	78,9	8,700	6,864	78,89%
2	SM1B02	60	5	20	160	114,2	9,600	6,850	71,35%
3	SM1B03	57	4	16	100	92,0	5,700	5,244	92,00%
4	SM1B04	78	5	13	160	91,2	12,480	7,115	57,01%
5	SM1B05	46	4	19	100	96,1	4,600	4,421	96,11%
6	SM1B06	44	5	14	160	124,8	7,040	5,492	78,01%
7	SM1B07	90	4	30	100	87,8	9,000	7,900	87,78%
8	SM1B08	96	5	25	160	73,1	15,360	7,020	45,70%
9	SM1B09	70	4	22	100	71,2	7,000	4,982	71,17%
10	SM1B10	57	4	21	100	83,2	5,700	4,743	83,21%
11	SM1B11	61	5	18	160	84,4	9,760	5,150	52,77%
12	SM1B12	66	5	14	160	92,0	10,560	6,071	57,49%
13	SM1B13	74	5	16	160	105,6	11,840	7,813	65,98%
14	SM1B14	84	5	14	160	49,3	13,440	4,143	30,82%
15	SM1B15	42	5	35	160	79,6	6,720	3,343	49,74%
16	SM2B01	87	5	17	160	103,7	13,920	9,020	64,80%
17	SM2B02	96	5	23	160	90,1	15,360	8,653	56,33%
18	SM2B03	31	5	17	160	72,2	4,960	2,238	45,12%
19	SM2B04	129	5	14	160	93,8	20,640	12,101	58,63%
20	SM2B05	132	5	19	160	91,7	21,082	12,106	57,32%

Tabela 1. Zestawienie rozbiorów dla analizowanych budynków

Lp.	Sygnatura	Liczba lokali (LL)	Teoretyczny przepływ maksymalny godzinowy [m³/h]	Pomierzony maksymalny rozbiór miarodajny ([m³/h]	Przepływ chwilowy maksymalny według metody statystycznej [27] [m³/h]		
					na podstawie liczby lokali (LL)	na podstawie liczby mieszkańców (LM)	na podstawie dobowego zużycia wody
1	SM1B01	45	0,761	2,660	4,472	3,203	2,817
2	SM1B02	24	0,840	3,475	2,802	2,512	2,813
3	SM1B03	30	0,499	3,952	3,298	2,434	2,377
4	SM1B04	28	1,092	3,069	3,134	2,976	2,884
5	SM1B05	25	0,403	2,816	2,886	2,144	2,150
6	SM1B06	18	0,616	3,086	2,291	2,090	2,445
7	SM1B07	45	0,788	3,264	4,472	3,278	3,093
8	SM1B08	40	1,344	4,638	4,090	3,427	2,858
9	SM1B09	35	0,613	2,266	3,699	2,771	2,305
10	SM1B10	25	0,499	2,377	2,886	2,434	2,239
11	SM1B11	31	0,854	3,206	3,379	2,538	2,351
12	SM1B12	24	0,924	2,921	2,802	2,668	2,602
13	SM1B13	40	1,036	4,079	4,090	2,874	3,070
14	SM1B14	30	1,176	1,928	3,298	3,127	2,073
15	SM1B15	20	0,588	2,675	2,463	2,037	1,849
16	SM2B01	40	1,218	3,432	4,090	3,203	3,387
17	SM2B02	40	1,344	4,737	4,090	3,427	3,291
18	SM2B03	17	0,434	5,419	2,204	1,740	1,535
19	SM2B04	32	1,806	4,131	3,460	4,227	4,176
20	SM2B05	80	1,845	8,041	6,910	4,297	4,178

Tabela 2. Zestawienie teoretycznego przepływu godzinowego maksymalnego z pomierzonym miarodajnym rozbiorem maksymalnym

$Q_{d\text{sr}}$ – średnie dobowe zapotrzebowanie na wodę obiektu w ciągu roku, m³/d;

$Q_{d\text{max}}$ – maksymalne dobowe zapotrzebowanie na wodę obiektu w ciągu roku, m³/d;

N_d – współczynnik nierównomierności dobowego rozbioru wody, -.

Teoretyczne maksymalne przepływy godzinowe możemy obliczyć według wzoru:

$$Q_{h\text{max}} = \frac{Q_{d\text{max}} \cdot N_h}{24} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] \quad (7)$$

gdzie:

$Q_{h\text{max}}$ – maksymalne godzinowe zapotrzebowanie na wodę w ciągu doby obiektu o największym zapotrzebowaniu na wodę, m³/h;

N_h – współczynnik nierównomierności godzinowego rozbioru wody, -.

Na podstawie wzorów (6) i (7) oszacowano przepływy maksymalne dobowe i godzinowe. Do kalkulacji przyjęto współczynnik nierównomierności dobowej $N_d = 1,3$ oraz $N_h = 1,8$ zgodnie z zaleceniami Kwietniewskiego [14]. Dodatkowo wyznaczono przepływ chwilowy maksymalny według formuł obliczeniowych proponowanych przez Tuza [27]. Oszacowane w ten sposób przepływy maksymalne zestawiono w tabeli 2 i porównano z zarejestrowanym w trakcie pomiarów miarodajnym

Lp.	Sygnatura	Przeciętna dobowo liczba startów wodomierza	Liczba mieszkańców	Przeciętna dobowo liczba startów wodomierza na 1 mieszkańca
1	2	3	4	5
1	SM1B01	994	87	11
2	SM1B02	674	60	11
3	SM1B03	781	57	14
4	SM1B04	386	78	5
5	SM1B05	959	46	21
6	SM1B06	890	44	20
7	SM1B07	616	90	7
8	SM1B08	1309	96	14
9	SM1B09	1325	70	19
10	SM1B10	1096	57	19
11	SM1B11	922	61	15
12	SM1B12	812	66	12
13	SM1B13	575	74	8
14	SM1B14	851	84	10
15	SM1B15	774	42	18
16	SM2B01	655	87	8
17	SM2B02	832	96	9
18	SM2B03	931	31	30
19	SM2B04	793	129	6
20	SM2B05	471	132	4

Tabela 3. Zestawienie liczby startów wodomierza rejestrującego w badanych budynkach

rozbiorem maksymalnym. Należy tu przypomnieć, że miarodajny rozbiór maksymalny określony w trakcie badań to przepływ chwilowy o największym natężeniu, którego objętość jednokrotnie wyniosła przynajmniej 10 dm³ ze stałym natężeniem przepływu.

Dla wszystkich analizowanych budynków zarejestrowany miarodajny przepływ maksymalny był średnio kilkakrotnie wyższy od teoretycznego przepływu maksymalnego godzinowego. W odniesieniu do metody statystycznej zarejestrowane przepływy dla wszystkich prób są o ok. kilkanaście procent wyższe. Zarejestrowany przepływ maksymalny miarodajny nie powinien przekraczać przepływu Q_4 , może natomiast przekraczać Q_3 wodomierza, gdyż przepływy wysokie występują stosunkowo rzadko.

Z punktu widzenia poprawności wskazań istotna jest również liczba startów wodomierza, które z kolei przekładają się na trwałość łożysk wornika wodomierza. W tabeli 3 przedstawiono przeciętną dobową liczbę startów wodomierza w badanych budynkach w przeliczeniu na 1 mieszkańca.

Dla wszystkich analizowanych budynków zarejestrowano w ciągu doby 831 cykli start i zatrzymanie wodomierza, co dało średnią 13 cykli dziennie w przeliczeniu na 1 mieszkańca (15,2 przy czwartej klasie wyposażenia oraz 12,6 przy piątej). Odnosząc te wyniki do podawanych w literaturze trwałości łożysk na poziomie 100 000 cykli, zużycie łożysk skutkujące pogorszeniem dokładności wskazań wodomierza może nastąpić już po około 120 dniach eksploatacji. Przy doborze wodomierzy należy więc zwracać uwagę na trwałość łożysk deklarowaną przez producenta.

Wnioski

Analiza problemu właściwego doboru wodomierza w budynkach wielorodzinnych pozwoliła na wyciągnięcie następujących wniosków:

- Obecnie najczęściej doboru wodomierza dokonuje się na podstawie przepływu obliczeniowego określanego według normy, która nie ma statusu normy obowiązującej.

- Według dyrektywy MID mającej obowiązywać od listopada 2016 należy dobierać wodomierze o mniejszym przepływie maksymalnym w stosunku do przepływu obliczeniowego niż według obecnie stosowanych wytycznych GUM.

- Przeciętne jednostkowe wskaźniki zużycia wody podawane w rozporządzeniu [23] są wyższe od pomierzonych, co może prowadzić do przewymiarowania dobieganego wodomierza.

- Struktura rozkładu zużycia wody wskazuje, że ponad 90% zużycia wody odbywa się w dwóch pośrednich zakresach rozbioru.

- Przeprowadzone badania struktury rozbiórów wody w analizowanych budynkach w większości przypadków uzasadniają tendencję wprowadzania wodomierzy mniejszych niż obecnie istniejące, aby skoncentrować się na większej dokładności pomiaru w obrębie przepływów niskich. Przepływy maksymalne mają charakter incydentalny, o czym świadczy stosunkowo niska objętość wody pobrana w najwyższych zakresach pomiarowych.

- Zużycie łożysk wornika wodomierza może prowadzić do pogorszenia dokładności jego wskazań w okresie krótszym niż wynika z okresu legalizacji.

- Żeby poprawnie dobrać wodomierz, należy posiadać zbiór danych empirycznych dotyczących struktury rozbiórów wody w budynku. Można również zastosować metodę statystyczną wykorzystującą analogię pomiędzy analizowanym budynkiem a innymi budynkami o określonej liczbie mieszkańców i lokali.

- Należy spodziewać się coraz szerszego stosowania rejestracji on-line przy pomiarach objętości zużywanej wody i kontroli efektywności pracy instalacji i sieci wodociągowych.

Literatura

1. Bergiel T., *Poprawność doboru i montażu wodomierzy mieszkaniowych w budynkach wielorodzinnych*, „Gaz, Woda i Technika Sanitarna” nr 2/2012.
2. Chudziński J., Sosnowski S., *Instalacje wodociągowe. Projektowanie, wykonanie, eksploatacja*, Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa 2005.
3. Cichoń T., Królikowska J., Królikowski A., *Analiza przyczyn różnicy bilansowej w ilości wody zużytej w budynkach wielolokalowych na przykładzie krakowskiego systemu opomiarowania dostawy wody*, „Gaz, Woda i Technika Sanitarna” nr 6/2013.
4. Data sheet of Contazara CZ3000.
5. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/22/WE w sprawie przyrządów pomiarowych (Dz.Ur. UE L 135 z 30.04.2004).
6. <http://www.apator.com/uploads/files/bloki-statyczne-mainstory/powogaz/mid-i-gum-v2.pdf>, 20.04.2016.
7. http://www.mediamiar.pl/userfiles/file/Instrukcja_obslugi_CZ3000%201.pdf, 23.08.2014.
8. Koral W., *Badania metrologii wodomierzy indywidualnych w budynku wielorodzinnym po 12-letnim okresie eksploatacji*, „INSTAL” nr 5/2013.
9. Koral W., *Błędy wodomierzy śrubowych w przypadku ich nieprawidłowego montażu*, „INSTAL” nr 5/2010.
10. Koral W., *Błędy wskazań wodomierzy wynikające z jakości ich wykonania – studium przypadku*, „INSTAL” nr 5/2008.
11. Koral W., *Statystyczne metody doboru średnicy i ocena poprawności wskazań wodomierzy głównych instalowanych w budynkach wielorodzinnych*, „INSTAL” nr 5/2005.
12. Koral W., *Wymagania wobec wodomierzy w dyrektywie MID z punktu widzenia odbiorcy końcowego*, „INSTAL” nr 11/2006.
13. Kwietniewski M., Olszewski W., Osuch-Pajdzińska E., *Projektowanie elementów systemu zaopatrzenia w wo-*

dę, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2009.

14. Kwietniewski M., Gębski W., Wronowski N., *Monitorowanie sieci wodociągowych i kanalizacyjnych*, Monografie, Seria: „Wodociągi i kanalizacja” nr 10, PZITS, Warszawa 2005.
15. Oiml R., *Water meters intended for the metering of cold potable water and hot water meters*, APEC/APLMF Training Courses in Legal Metrology, Hanoi 2008.
16. Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lipca 2015 roku w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz.U 2015, poz. 1422).
17. Orłowska M., *Wyznaczanie przepływów obliczeniowych przy doborze wodomierzy głównych i projektowaniu średnic instalacji wodociągowych w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych*, „Gaz, Woda i Technika Sanitarna” nr 6/2006.
18. PN-B-01706:1992 *Instalacje wodociągowe – projektowanie*.
19. PN-EN 806-3:2006 *Wymagania dotyczące wewnętrznych instalacji wodociągowych do przesyłu wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Część 3: Wymiarowanie przewodów. Metody uproszczone*.
20. *Procedura doboru wodomierzy*, MPWiK Włocławek, 2012.
21. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 23 października 2007 r. w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać wodomierze, oraz szczegółowego zakresu sprawdeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych (Dz.U nr 209/2007, poz. 1513).
22. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 7 stycznia 2008 r. w sprawie prawnej kontroli metrologicznej przyrządów pomiarowych (Dz.U nr 5/2008, poz. 29).
23. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14 stycznia 2002 r. w sprawie określania przeciętnych norm zużycia wody (Dz.U nr 8/2002, poz. 70).
24. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 czerwca 2003 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych (Dz.U nr 121/2003, poz. 1139).
25. Tuz P.K., *Dobór i eksploatacja wodomierzy. Stan prawny (cz. I)*, „Rynek Instalacyjny” nr 5/2009.
26. Tuz P.K., *Dobór i eksploatacja wodomierzy. Stan prawny (cz. II)*, „Rynek Instalacyjny” nr 6/2009.
27. Tuz P.K., *Analiza metod określania natężenia przepływów maksymalnych w budynkach wielorodzinnych*, Rocznik Ochrony Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 7, Koszalin 2005.
28. *Wytyczne eksploatacyjne do projektowania przyłączy wodociągowych i kanalizacyjnych*, MPWiK Warszawa, wydanie 1.
29. *Wytyczne projektowania i budowy*, MPWiK Wrocław, 2010.