

Analiza metod określania natężenia przepływów maksymalnych w budynkach wielorodzinnych*

Piotr Krzysztof Tuz
Politechnika Białostocka

1. Wstęp

W ostatnim okresie nastąpiła zmiana Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2004 Nr 109 poz. 1156) [13]. W załączniku do rozporządzenia powołano do stosowania dwie normy mówiące o obliczaniu przepływów charakterystycznych do doboru wodomierzy domowych tj. PN-92/B-01706 z 1992 roku oraz PN-ISO 4064-2. W pierwszej z nich znajdujemy wzory do obliczenia przepływu obliczeniowego do doboru średnicy wodomierza:

$$q_o = 0,682(\Sigma q_n)^{0,45} - 0,14 \quad (1)$$

$$q_o = 1,7(\Sigma q_n)^{0,21} - 0,7 \quad (2)$$

gdzie:

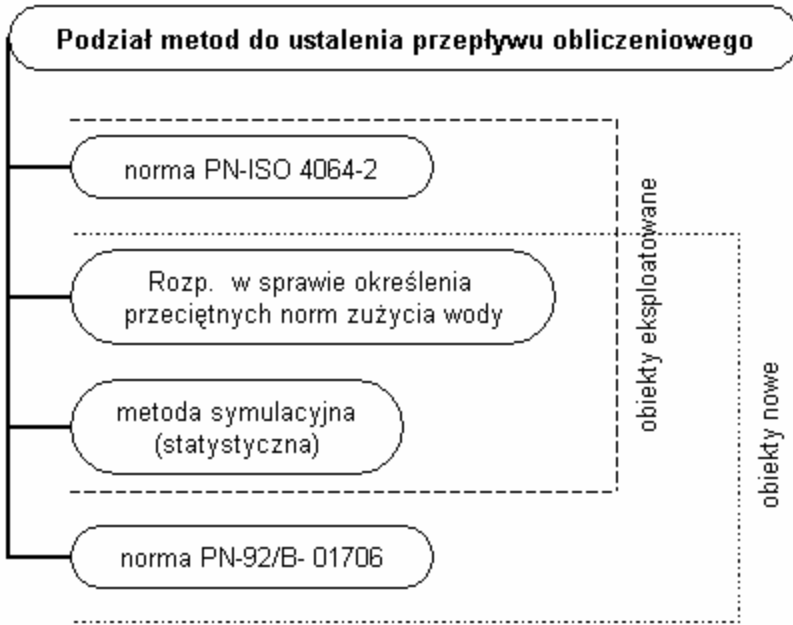
q_o – przepływ obliczeniowy,

Σq_n – suma przepływów normatywnych z armatury w instalacji wewnętrznej,

Druga zaś nie podając żadnych wzorów obliczeniowych wskazuje na monitoring podłączenia wodociągowego jako główne źródło wiedzy o przepływach charakteryzujących dany budynek lub obiekt przemysłowy. Na podstawie przepływów obliczonych dla różnej wielkości obiektów z normy PN-92/B-01706 oraz odpowiadających tym obiektom maksymalnym przepływom notowanym na podstawie monitoringu podłączeń wodociągowych ustalono zależ-

* Artykuł powstał w ramach realizacji projektu Nr W/IIŚ/21/03.

ność pomiędzy tymi wielkościami oraz wielkością obiektu. Porównano również wyniki jakie otrzymujemy stosując do obliczeń przepływu maksymalnego rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14 stycznia 2002 r. w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody [14]. Na rysunku 1 przedstawiono metody określania przepływu maksymalnego, które można stosować w praktyce.

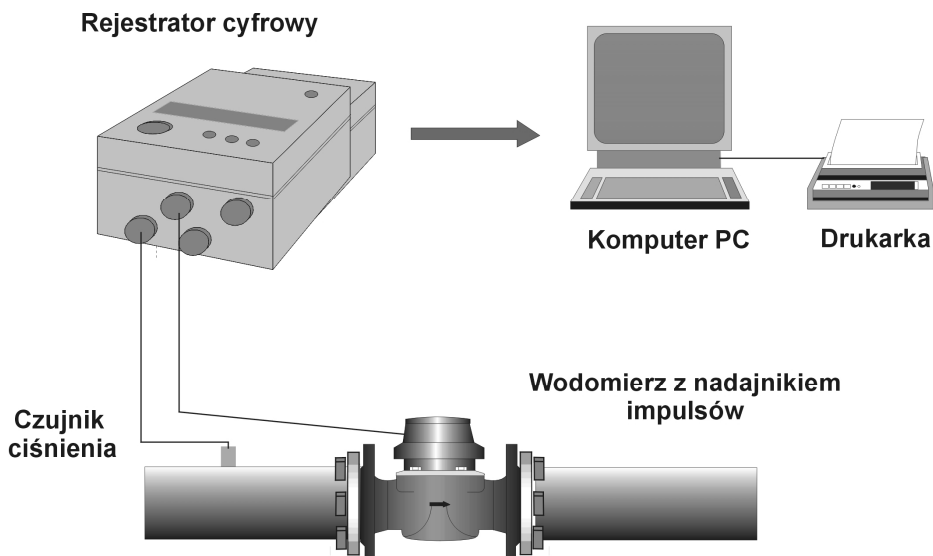


Rys. 1. Metody określania przepływu maksymalnego do doboru wodomierzy dla obiektów eksploatowanych i nowo budowanych

Fig. 1. The methods of counting a maximum flow for choosing a water meter for inhabited and newly built buildings

2. Metodyka badań

Badania przeprowadzono na 120 budynkach wielorodzinnych, znajdujących się w różnych miastach Polski zasilanych bezpośrednio z sieci miejskiej lub też hydroforni (pompy sterowane za pomocą przetwornicy częstotliwości lub falownika). Każde z podłączeń zostało wyposażone w wodomierz o średnicy wstępnie dobranej do przewidywanych przepływów i zużycia wody. Zostały one także fabrycznie dostosowane do nadajników impulsów, by umożliwić podłączenie rejestratora cyfrowego. Wielkość impulsów była różna i została dostosowana do wielkości obiektów (1÷100 litrów). Schemat rejestracji zużycia wody w analizowanych obiektach przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Schemat połączenia rejestratora cyfrowego do wodomierza i czujnika ciśnienia
Fig. 2. Connection diagram of digital recorder to a water meter, and a pressure sensor

Wyniki badań poddano analizie statystycznej, obliczając zależności pomiędzy następującymi wielkościami: liczba lokali (LL), liczba mieszkańców (LM), minimalny strumień objętości (q_{\min}), średni strumień objętości (q_{sr}), maksymalny strumień objętości (q_{\max}), zużycie dobowe wody (ZUZ_d). Wyznaczono proste algorytmy określania natężenia przepływów do doboru wodomierzy. Wyznaczono wskaźniki dostosowania natężenia przepływów obliczonych na podstawie normy PN-92 B-01706 do wielkości uzyskanych w wyniku rejestracji cyfrowej przepływów. Porównano otrzymane wielkości do wyników jakie uzyskujemy stosując przeciętne normy zużycia wody.

3. Natężenia przepływów maksymalnych do doboru wodomierzy według normy PN-92-b-01706 i przeprowadzonych badań

Opierając się na otrzymanych wartościach sporządzono wykres zależności przepływów chwilowych maksymalnych od liczby lokali w budynku (rysunek 3), liczby mieszkańców (rysunek 4) oraz średniego dobowego zużycia wody obliczanego jako zużycie maksymalne w okresie rozliczeniowym w ostatnim roku użytkowania – poprzedzającym wymianę wodomierza w przypadku ponownej legalizacji (rysunek 5).

Podane na wykresach zależności funkcyjne wyznaczone w wyniku monitorowania podłączeń wodociągowych są obecnie jednym z najlepszych przybliżeń do rzeczywistych wielkości przepływów w budynkach wielorodzinnych. Przy doborze wielkości nominalnej wodomierza należy przestrzegać następujących zasad:

1. Budynki wielorodzinne na etapie projektowania:

- wykorzystać należy funkcje przepływu maksymalnego i liczby lokali i liczby mieszkańców – do doboru wybrać większą wyznaczoną wartość,
- wyznaczoną wartość porównać z nominalnym przepływem wodomierza, zachowując przy tym zależność:

$$q_{\max} \leq q_n \quad (3)$$

gdzie:

q_{\max} – przepływ maksymalny symulowany,
 q_n – przepływ nominalny wodomierza.

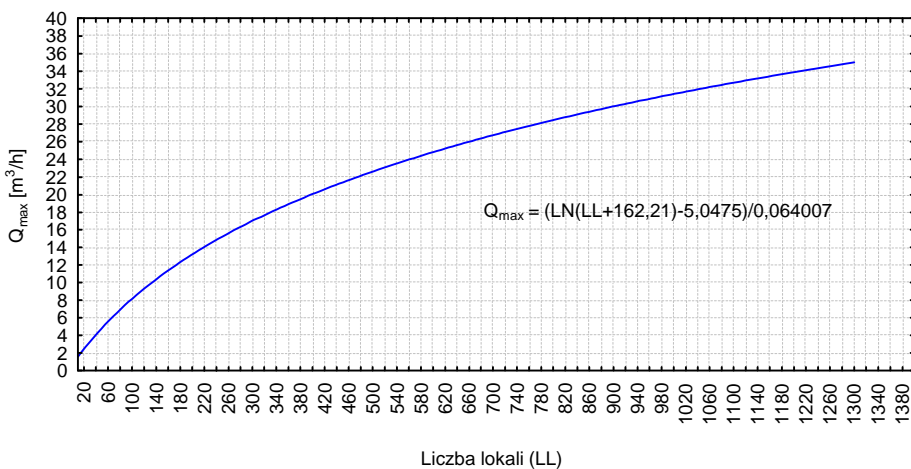
2. Budynki wielorodzinne eksploatowane:

- wykorzystać należy wszystkie zależności ($q_{\max}=f(LL, LM, q_{\text{dśr}})$) – do doboru wodomierza wybrać największą wyznaczoną wartość,
- wyznaczoną wartość porównać z nominalnym przepływem wodomierza, zgodnie ze wzorem (3).

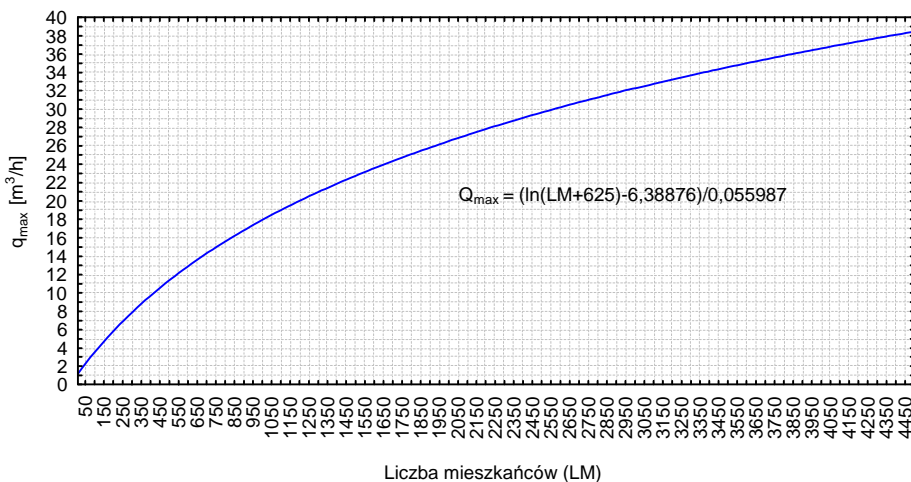
Powyżej zaprezentowane postępowanie zastępuje stosowania współczynnika bezpieczeństwa i pozwala na dobór optymalny wodomierza. Zaletą tej metody jest to, iż pozwala na bardzo szybką weryfikację wielkości wodomierza z danych, które posiadają przedsiębiorstwa wodociągowe. Poza tym należy zauważyć, iż zwiększony pobór wody w okresie rozliczeniowym wpływa na zmniejszenie wielkości błędu pomiaru za pomocą wodomierza dobranego nieoptymalnie dla podłączenia (rysunek 6) [7].

Wartość współczynników korelacji $r=0,94 \div 0,97$ dla wyznaczonych powyżej funkcji (95% poziomu ufności), mówi iż dopasowana funkcja bardzo dobrze odzwierciedla przepływy maksymalne i może być użyta zarówno do korekty wielkości wodomierza jak również przy projektowaniu nowych obiektów.

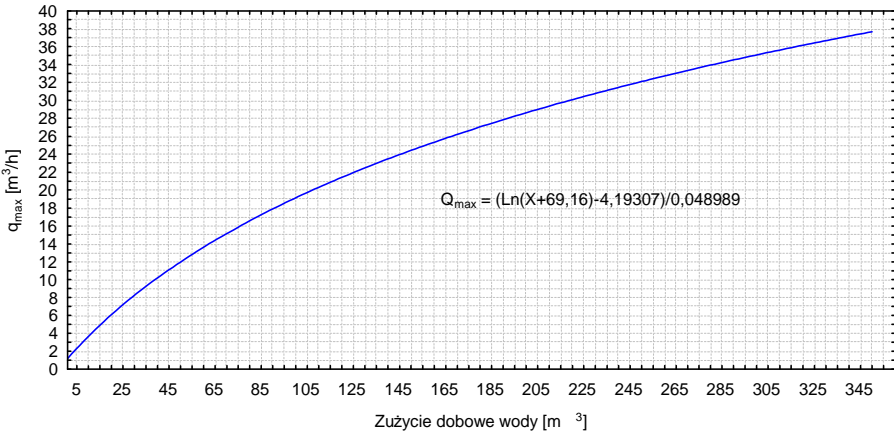
Porównanie wyników symulacji dla wszystkich powyżej opisanych metod oraz wartości rzeczywistych uzyskanych na podstawie monitoringów pokazano na rysunku 6.



Rys. 3. Przepływ chwilowy maksymalny (q_{\max}) w funkcji liczby lokali w budynku (LL)
Fig. 3. The maximum momentary flow (q_{\max}) versus number of dwellings in a building (LL)

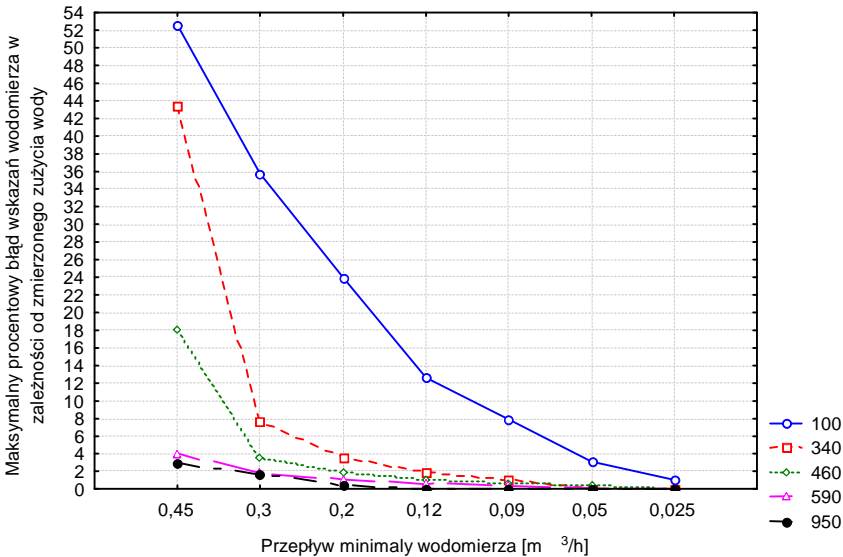


Rys. 4. Natężenie przepływu chwilowego maksymalego (q_{\max}) w funkcji liczby mieszkańców w budynku (LM)
Fig. 4. The maximum momentary flow (q_{\max}) versus number occupants in a building (LM)



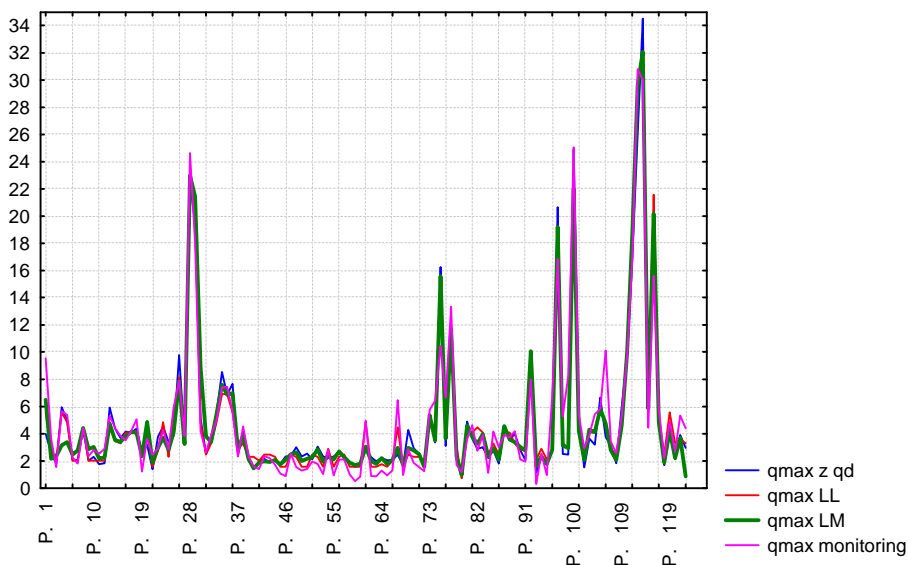
Rys. 5. Zależność pomiędzy wielkością natężenia przepływu maksymalnego i zużyciem dziennym wody

Fig. 5. The relationship between a maximum flow size and water consumption per day



Rys. 6. Błąd % pomiaru objętości wody w zależności od zużycia miesięcznego wody i przepływu minimalnego wodomierza

Fig. 6. A measurement error (%) of water volume depending on water consumption per month and a minimum flow of a water meter



Rys. 7. Porównanie wielkości uzyskanych na podstawie monitoringu i zaprezentowanej metody symulacyjnej

Fig. 7. The comparison of the results received on the basis of monitoring and presented simulation method

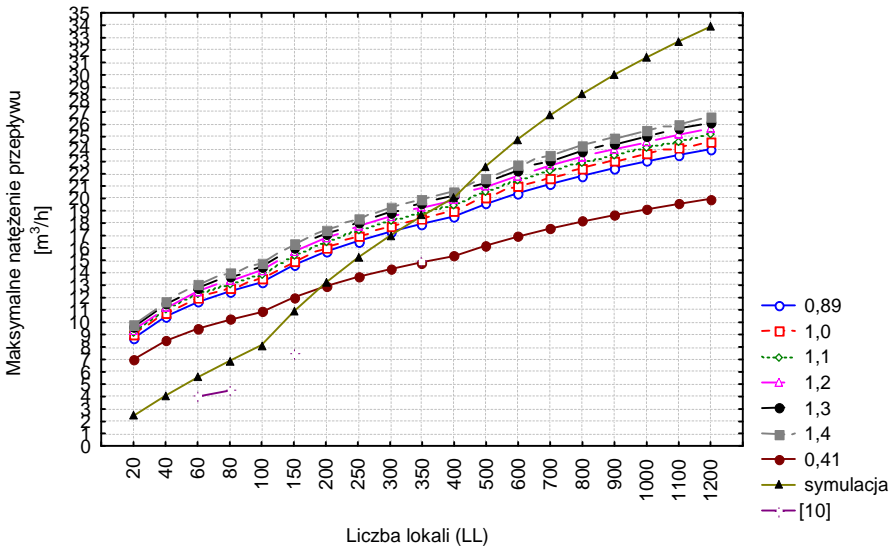
Błąd procentowy wyników otrzymanych na podstawie metody symulacyjnej maleje wraz ze wzrostem wielkości obiektu, ale w żadnym wypadku nie przekracza 50% w stosunku do wyników rzeczywistych, a to oznacza, iż przepływ maksymalny chwilowy trwający często tylko kilkanaście sekund nigdy nie przekroczy wartości przepływu maksymalnego wodomierza i nie będzie powodował jego przeciążenia.

Wyznaczone w trakcie badań maksymalne natężenie przepływu q_{max} dla obiektów o liczbie lokali w zakresie od 10 do 1200 porównano do wyznaczonych na podstawie sumy normaltywnych wpływów z armatury czerpalnej. Wielkości przyjęte do obliczeń z przyjęto w przedziale $0,41 \div 1,4$. Najbardziej typową wartością sumy normaltywnych wpływów dla lokalu przyjmowaną w wielu projektach jest $0,67 \div 0,89$.

Wyniki porównania przedstawiono na rysunku 8.

Z powyższego wykresu wynika jasno, iż jeśli przyjmiemy sumę normaltywnych wpływów dla jednego mieszkania na poziomie 0,89 to otrzymane wartości przepływów maksymalnych są wyższe od otrzymanych na podstawie monitoringu do wielkości około 320 lokali. Powyżej 320 lokali otrzymywane wartości przepływów są wyższe niż wskazują na to obliczenia normy. Do tej

pory wszystkie publikacje na ten temat [2, 6, 10] nie wskazywały na taką zależność. Wyznaczone wielkości potwierdzają, iż w przedziale 10÷250 lokali można, a nawet trzeba stosować mniejsze średnice wodomierzy (czasem nawet o 2÷3). W zakresie 250÷400 lokali otrzymujemy podobne wyniki, a powyżej 400 lokali metoda symulacyjna daje zdecydowanie wyższe rezultaty niż norma PN-92/B-01706. Jednocześnie widać także wyraźnie, że jeśli nie będziemy posługiwać się wielkościami wynikającymi z zatwierdzenia typu i normie PN-ISO 4064-2, a oprzemy się na deklarowanych przez producentów parametrach to nawet dla największych obiektów – 1200 lokali – możnaby było dobrać wodomierze DN 50.



Rys. 8. Maksymalne natężenie przepływu do doboru wodomierzy wg normy PN-92/B-01706 i metody symulacyjnej (statystycznej)

Fig. 8. The maximum flows for water meters selection according to PN-92/B-01706 standard and the simulation (statistical) method

W tym momencie jedynymi ograniczeniami są:

- ciśnienie wymagane – spadek ciśnienia na zestawie wodomierzowym,
- zabezpieczenie przeciwpożarowe obiektu i wynikające z niego zapotrzebowanie na wodę [8, 9].

4. Współczynnik przystosowania (W_p)

Jeśli przyjmujemy, iż w zakresie 10÷1200 lokali dopasowana funkcja maksymalnego strumienia objętości jest najlepszym przybliżeniem warunków rzeczywistego natężenia przepływu można dokonać obliczenia wielkości wskaźnika dopasowania (W_p) do obliczonych według normy PN –92/B01706 (rysunek 8).

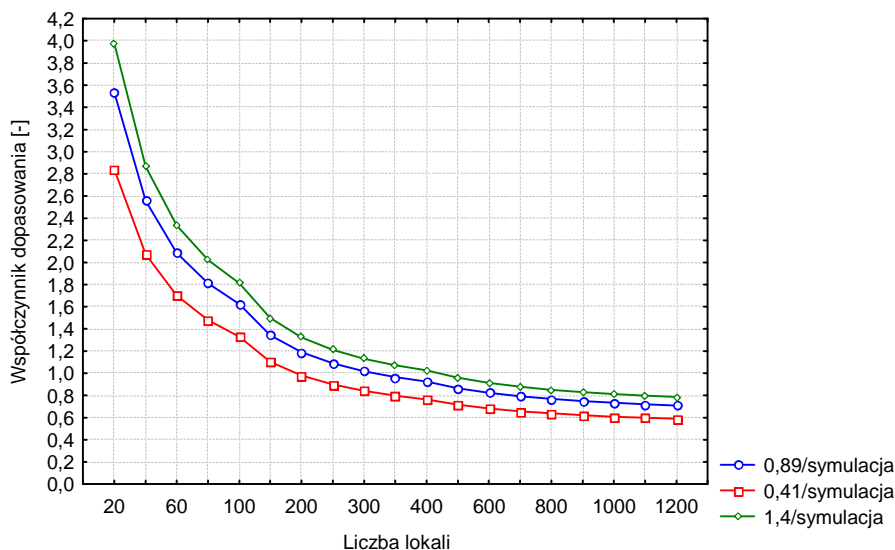
$$W_p = q_o / q_{\max} \quad (4)$$

gdzie:

W_d – wskaźnik dopasowania,

q_o – przepływ obliczeniowy na podstawie normy PN –92/B01706,

q_{\max} – przepływ maksymalny według metody symulacyjnej (statystycznej).



Rys. 9. Współczynniki przystosowania w funkcji liczby lokali i wielkości sumy normatywnych wypływów dla lokalu

Fig. 9. A fitting flow coefficient versus number of dwellings and sums of standard outflows for dwelling

W punkcie 2 normy PN ISO 4064-2 „Wodomierze do wody pitnej zimnej” dobór typu, klasy obciążeń i wielkość wodomierzy są określone według warunków pracy instalacji ze szczególnym uwzględnieniem:

- osiągalnego ciśnienia zasilania,
- właściwości fizycznych i chemicznych medium,
- temperatury medium,
- spodziewanych strumieni objętości: q_{min} , q_p , q_s ,

które powinny odpowiadać przewidywanym warunkom przepływu.

Powołując się więc na te zapisy należy przyjąć iż metoda symulacyjna oraz określone współczynniki przystosowania są prawnie dozwolone do stosowania. Pozwalają przecież na określenie spodziewanych strumieni objętości.

5. Nierównomierność dobową, godzinową i chwilową

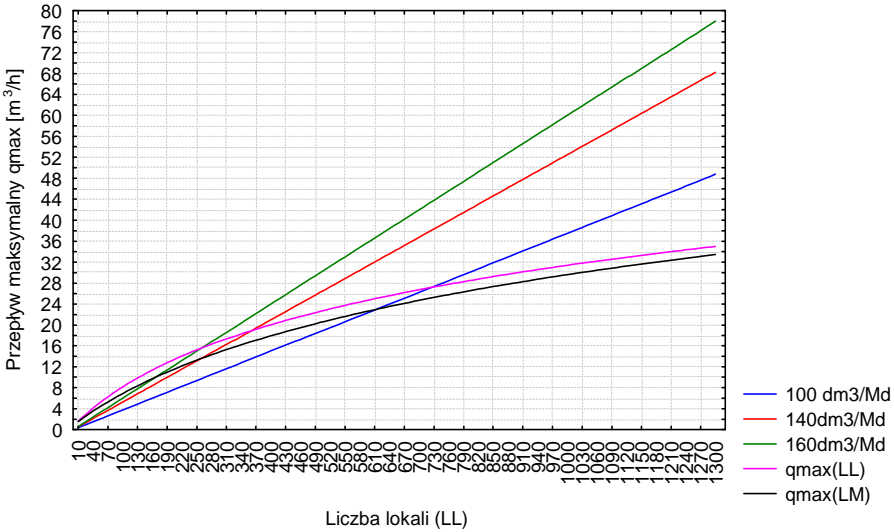
Rozporządzenia z dnia 18 grudnia 1996 roku w sprawie urządzeń zaopatrzenia w wodę i urządzeń kanalizacyjnych oraz zasad ustalania opłat za wodę i wprowadzanie ścieków (Dz. U. Nr 151 poz. 716 z dnia 21 grudnia 1996 roku) z późniejszymi zmianami (Dz. U. Nr 132 poz. 862 z dnia 28 października 1998 roku) oraz ministra infrastruktury z dnia 14 stycznia 2002 roku (Dz. U. Nr 8 poz. 70) w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody wprowadziły w załączniku do rozporządzenia przeciętne normy zużycia wody dla poszczególnych grup odbiorców. Stanowiąc one miały sposób określania zużycia w przypadku braku wodomierza na podłączeniu u odbiorcy, bądź jego niesprawności. Niektóre przedsiębiorstwa wodociągowe próbują określić średnicę wodomierza stosując wielkości nierównomierności godzinowej oraz przeciętne normy zużycia wody.

Porównując oba cytowane przepisy widać zasadniczy spadek proponowanych wielkości zużycia wody, a jednocześnie należy zaznaczyć, iż spadek ten jest o wiele mniejszy niż rzeczywisty (szczególnie jeśli chodzi o wyższy standard wyposażenia mieszkań).

Tabela 1. Przeciętne normy zużycia wody na jednego mieszkańca w gospodarstwach domowych na podstawie rozporządzeń
Table 1. Average standards of water consumption per one occupant of household on the basis of regulations

Wyposażenie mieszkania w instalacje	Przeciętne normy zużycia wody					
	2002			1996		
	dm ³ /Mk/d	dm ³ /Mk/m-c	dm ³ /Mk/d	dm ³ /Mk/m-c	dm ³ /Mk/d	dm ³ /Mk/m-c
	-		Kanalizacja lokalna		Kanalizacja sieciowa	
Wodociąg bez ubikacji i łazienki (brak kanalizacji), pobór wody ze źródła podwórzowego lub ulicznego	30	0,9	33	1,0	-	-
Wodociąg , bez ubikacji i łazienki	-	-	40	1,2	50	1,5
Wodociąg, ubikacja bez łazienki	50÷60*	1,5÷1,8*	60	1,8	80	2,4
Wodociąg, zlew kuchenny, wc, brak łazienki i ciepłej wody	70÷90*	2,10÷2,70*	-	-	-	-
Wodociąg, ubikacja, łazienka, lokalne źródło ciepłej wody (piecyk węglowy, gazowy – gaz z butli, elektryczny, bojler)	80÷100*	2,4÷3,0*	100	3,0	150	4,5
Wodociąg, ubikacja, łazienka, woda Podgrzewana gazem z sieci zewnętrznej - budownictwo jednorodzinne - budownictwo wielorodzinne	-	-	120 -	3,6 -	166 200	5,0 6,0
Wodociąg, ubikacja, łazienka, dostawa ciepłej wody do mieszkania (z elektrociepłowni, kotłowni osiedlowej lub blokowej)	140÷160*	4,2÷5,4*	200	6,0	233	7,0

Na podstawie wybranego dla standardu 5 i 7 zużycia wody oraz przyjmując wielkość nierównomierności godzinowej $N_{h_i}=3,0$ obliczono przewidywane maksymalne zapotrzebowanie na wodę dla budynków o różnej liczbie mieszkańców. Otrzymane wielkości porównano z natężeniem przepływu maksymalnego określonego za pomocą metody symulacyjnej (rysunek 9).



Rys. 10. Porównanie wyników uzyskanych za pomocą metody symulacyjnej i na podstawie przeciętnych norm zużycia wody

Fig. 10. The comparison the results received using simulation method and on the basis of average standards of water consumption

Określono także dla różnych wielkości budynków średnie wskaźniki nierównomierności dobowej, godzinowej i chwilowej.

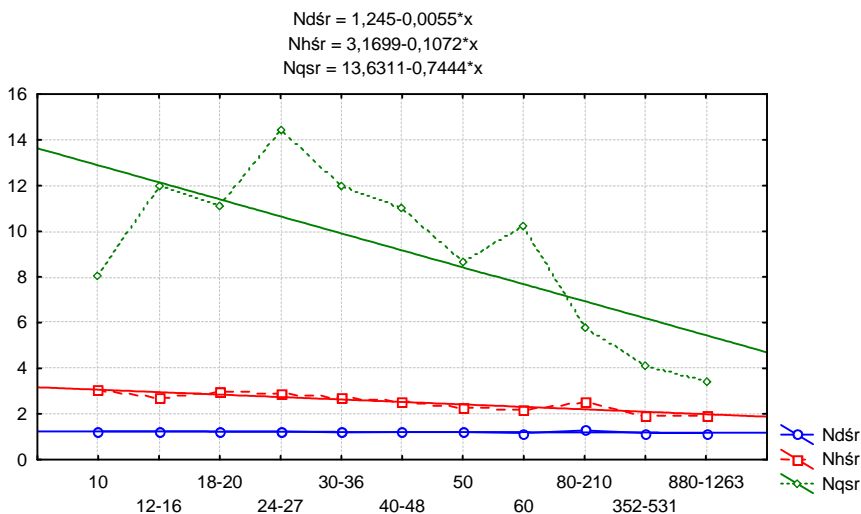
O ile definicje wskaźników nierównomierności dobowej i godzinowej nie wymagają większego komentarza to przez nierównomierność chwilową wg autora należy rozumieć iloraz chwilowego maksymalnego zużycia wody (m^3/h), do wielkości średniego godzinowego zapotrzebowania na wodę (m^3/h). Wielkość tą można wyliczyć na podstawie zużycia wody za dany okres rozliczeniowy.

$$N_q = Q_{\max} / Q_{h\text{sr}} \quad (5)$$

gdzie:

Q_{\max} – natężenie przepływu maksymalnego chwilowego [m^3/h],

$Q_{h\text{sr}}$ – natężenie przepływu średniego godzinowego [m^3/h].



Rys. 11. Nierównomierności średnie: chwilowa, godzinowa i dobowa w funkcji wielkości obiektu

Fig. 11. The average irregularities indexes: momentary, hour, and day compared with a size of buildings

Wskaźnik nierównomierności chwilowej N_q maleje wraz z wielkością obiektu i stanowi bezpośredni przelicznik z wielkości przepływu średniego godzinowego na przepływ maksymalny chwilowy. Wielkość wskaźnika nierównomierności godzinowej waha się w poszczególnych budynkach w granicach $2,34 \div 35,88$. Jeśli jednak podzielimy rozpatrywane budynki na przedziały o tej samej bądź zbliżonej liczbie lokali uzyskane wyniki pokrywają się dla wartości średnich z podanymi w pracach [1, 10].

6. Podsumowanie

Symulacyjna metoda doboru wodomierzy realizowana jest w praktyce w kilkunastu przedsiębiorstwach wodociągowych z bardzo dobrym rezultatem. Pozwala ona na zmniejszenie strat pozornych o $5 \div 10\%$, choć zdarzają się także dużo wyższe efekty. Celowość takiego postępowania jest widoczna w Przedsiębiorstwach Wodociągowych, ale w wielu miastach napotyka na opór ze strony zarządców nieruchomości, którzy dostrzegają niebezpieczeństwo związane z takim postępowaniem. Przede wszystkim chodzi tu o powiększające się różnice pomiędzy wodomierzami głównymi – wodociągowymi, a sumarycznym zużyciem z wodomierzy mieszkaniowych [2, 4, 6]. Poza tym Zarządcy powołując się na normę z 1992 roku wskazują na „praktyczny” brak innych wiążących

uregulowań prawnych oraz coraz wyraźniej domagają się przy zmianie średnicy wodomierza udokumentowania tego faktu. Wydaje się jednak, że zarówno monitorowanie jak i metoda symulacyjna – pochodna monitorowania wychodzą naprzeciw normie PN-ISO 4064-2 powołanej przeciw do stosowania w rozporządzeniu ministra infrastruktury [13].

Literatura

1. **Tuz P.K., Królikowski A.:** *Wskaźniki nierównomierności dobowej i godzinowej oraz chwilowych przepływów do doboru wodomierzy domowych w budownictwie wielorodzinnym*. VII Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna pt. „Kompleksowe i szczegółowe problemy Inżynierii Środowiska”; Ustronie Morskie 2005.
2. **Tuz P.K., Królikowski A.:** *Wskaźniki wodomierzy domowych i mieszkaniowych – przyczyny rozbieżności i metody ich bilansowania*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna Nr 2/2005.
3. **Tuz P., Gwoździej-Mazur J.:** *Wpływ zmniejszającego się zapotrzebowania na wodę, na pracę wodomierzy głównych w budynkach wielorodzinnych*. Zaopatrzenie w wodę i jakość wód : V Międzynarodowa Konferencja i XVII Krajowa Konferencja, Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych. Poznań 2002, s.1055÷1067
4. **Tuz P., Gwoździej-Mazur J.:** *Problemy określania zużycia wody w budynkach wielorodzinnych*. XVI Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna nt. Ekologiczne i energooszczędne budownictwo oraz mieszkalnictwo wojskowe - EKOMILITARIS 2002, Zakopane 2002
5. **Lewandowski P.:** *Analiza rozbieżności między wskazaniem wodomierza domowego, a sumą wskazań wodomierzy mieszkaniowych*. Rynek Instalacyjny Nr 1/1999
6. **Tuz P., Dawidowicz J.:** *Problemy ustalania przepływu obliczeniowego do doboru wodomierzy*. I Konferencja nt. Instalacje wodociągowe i kanalizacyjne – projektowanie, wykonawstwo, eksploatacja. Seidel-Przywecki Warszawa 2004.
7. **Tuz P., Dawidowicz J.:** *Określenie wpływu zakresu pomiarowego wodomierzy na błędy wskazań objętości przepływającej wody*. Instal Nr 5/2005
8. **Tuz P.:** *Jak wybrać wodomierz – prawo a rzeczywistość*. Rynek Instalacyjny 5/2005.
9. **Tuz P.:** *Dobór wodomierzy dla potrzeb p. poż.* Rynek Instalacyjny 5/2005.
10. **Koral W.:** *Statystyczne metody doboru średnicy i oceny poprawności wskazań wodomierzy głównych instalowanych w budynkach wielorodzinnych*. Instal 5/2005.
11. PN-92/B-01706 Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu.
12. Polska Norma PN-ISO 4064-2: Pomiar objętości cieczy w przewodach. Wodomierze do wody pitnej zimnej. Metody badań i wyposażenie. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, luty 1997.
13. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 kwietnia 2004 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie- ze zmianami (Dz.U. Nr 75 poz. 690, Dz.U. Nr.109.1156 z 2004 roku).
14. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14 stycznia 2002 r. w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody (Dz.U. Nr 8 poz. 70)
15. **Sosnowski S., Tabernacki J., Chudzicki J.:** *Wodociągi i Kanalizacja*. Instalator Polski, Warszawa 2002.

The Size of a Maximum Flow for Multi-occupied Buildings – the Analysis of Applied Methods

Abstract

The water works authorities and designers claim that applying standards of PN-92/B-01706 from the year 1992 and PN-ISO 4064-2 causes difficulties in choosing a size of water meter for a residential building. They accuse the standard from the year 1992 of overdimensioning a size of water meters and they accuse PN-ISO 4064-2 that apart from general records there are not any computational formulas that make us closer to calculate the real characteristic flows.

Research of flows sizes in buildings within the years 2002÷2005 were carried out in 120 multi-occupied buildings, located in different towns in Poland supplied directly from the municipal water works or hydrophores (pumps controlled using frequency converter or inverter). Each connection with network was equipped with the water meter about the diameter selected tentatively to expected flows and water consumption. They were also adapted by the producer for transmitters of impulses in order to enable connection of the digital recorder. The size of impulses was different and it was adapted for the size of buildings (1÷100 of litres).

On the basis of obtained results statistical method to calculate a quantity of flow in a function of parameters that are characteristic of multi-room buildings i.e.: a number of rooms LL, a number of occupants LM., water consumption (per month and per day) was worked out. Results of statistical method were compared with the results received on the basis of standards and law regulations in force.

The simulation method of water meters selection is being realized in practice in a dozen or so waterworks companies with very good results. It lets to make apparent losses smaller about 5÷10% although there are also much higher effects. The appropriateness of such conduct is evident in waterworks companies but in many cities administrators of buildings resist this conduct, seeing the danger connected with it. Above all it concerns expanding differences between main water meters – waterworks, and total consumption from household water meters. Apart from that administrators say that according to standard from 1992 there are practically no other legal regulation in force as well as they demand more clearly documentary evidence of the fact of water meter diameter change. However it seems, that both monitoring as well as the simulation method – derivative of monitoring approaching the standard PN-ISO 4064-2 appointed after for use in the directive of the minister of infrastructure.

The paper was written within the confines of the project No. W/IIŚ/21/03.