



## **Analiza zużycia wody i zmienność rozbiorów dla obszaru zasilania Kawie Góry na terenie miasta Częstochowy**

*Urszula Kępa, Longina Stępiak, Ewa Stańczyk-Mazanek  
Politechnika Częstochowska*

### **1. Wprowadzenie**

Sieć wodociągowa to zazwyczaj najdroższa część systemu wodociągowego. Jej zadaniem jest dostarczenie wszystkim odbiorcom wody o odpowiedniej jakości, w odpowiedniej ilości i pod odpowiednim ciśnieniem, o każdej porze dogodnej dla użytkownika. Aby sieć mogła pełnić powyższe zadania, konieczne jest odpowiednie jej zaprojektowanie, wykonanie, jak i eksploatacja. Z kolei warunkiem niezbędnym do przeprowadzenia obliczeń hydraulicznych sieci wodociągowej jest prawidłowe oszacowanie zapotrzebowania na wodę na terenie objętym jej zasięgiem.

Wielkością wyjściową do przeprowadzenia obliczeń hydraulicznych jest zapotrzebowanie na wodę ustalone dla jednego mieszkańca w ciągu doby. W przypadku rozbudowy istniejących sieci wodociągowych najkorzystniej oprzeć się na danych uzyskanych od eksploatatora sieci. Wskaźnik jednostkowego zapotrzebowania na wodę może być również ustalony na podstawie danych statystycznych dotyczących innych miast lub osiedli, pod warunkiem, że odpowiadają wielkością projektowanemu wodociągowi i posiadają podobny standard wyposażenia w urządzenia sanitarne. W przypadku braku takich danych projektanci często posługują się wartościami określonymi w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 14 stycznia 2002 r. w sprawie przeciętnych norm zużycia wody [13]. Rozporządzenie stanowi podstawę do ustalenia

ilości pobranej wody w przypadku braku wodomierza głównego. W formie tabelarycznej przedstawiono w nim wartości przeciętnego zużycia wody z podziałem na poszczególne grupy odbiorców. Wskaźnik jednostkowego zapotrzebowania na wodę umożliwia obliczenie ogólnego zapotrzebowania na wodę poprzez przemnożenie go przez liczbę mieszkańców w okresie kierunkowym, czyli 40–50 lat, który przyjmuje się jako docelowy przy budowie wodociągu [5]. Dane takie jak liczba mieszkańców, rodzaj zabudowy, oraz inne dane wyjściowe ustala się na podstawie planu zagospodarowania przestrzennego terenu.

W dniu dzisiejszym wykorzystywane są również bardziej zaawansowane metody prognozowania zapotrzebowania na wodę jak: metody statystycznej ekstrapolacji trendu czasowego (analiza szeregów czasowych) [7, 15], metody korelacyjne [8, 9], czy zastosowanie sztucznych sieci neuronowych [2–4]. Jednak w praktyce projektowej są one wykorzystywane bardzo rzadko, zarówno ze względu na konieczność przeprowadzania skomplikowanych obliczeń numerycznych, jak i brak dostatecznej ilości danych wyjściowych do ich prowadzenia. Wykorzystanie powyższych metod w sposób powszechny stanie się możliwe w przypadku wdrożenia technik komputerowych do eksploatacji i monitoringu sieci wodociągowych.

Przy projektowaniu wodociągów konieczne jest uwzględnienie nierównomierność dobowego i godzinowego zużycia wody w ciągu roku. Pierwszą wartość charakteryzują dwa współczynniki – współczynniki nierównomierności dobowej maksymalnej  $N_d \max$  i współczynnik nierównomierności dobowej minimalnej  $N_d \min$ . Z kolei nierównomierność godzinowego zużycia wody w ciągu doby określają współczynnik nierównomierności godzinowej minimalnej  $N_h \min$  i współczynniki nierównomierności godzinowej maksymalnej  $N_h \max$ . Współczynniki  $N_d \max$  i  $N_h \max$  są istotnymi wartościami wpływającymi na uzyskaną wielkość maksymalnego godzinowego zapotrzebowania na wodę, która stanowi podstawę do wymiarowania przewodów sieci wodociągowej [5]. O ile definicje dotyczące ustalania wartości  $N_d \max$ ,  $N_d \min$  i  $N_h \max$  nie budzą wątpliwości, o tyle przy obliczaniu wartości  $N_h \min$ , według różnych autorów, minimalne godzinowe zużycie wody w ciągu doby może być przyjmowane dla doby o maksymalnym zapotrzebowaniu [5] lub dla doby o minimalnym zapotrzebowaniu [9] lub też dla minimalnego zużycia w ciągu roku [9]. Ostatnie szczegółowe określenie wartości

współczynników nierównomierności dobowej i godzinowej, w zależności od wielkości jednostki i rodzaju mieszkalnictwa, zawierają Wytyczne do programowania zapotrzebowania wody i ilości ścieków w miejskich jednostkach osadniczych z 1991 roku [17]. Ze względu na znaczny spadek jednostkowego zapotrzebowania na wodę na przestrzeni ostatnich trzydziestu lat, należy przyjąć, że dane te wymagają uaktualnienia. W pracy [6] przedstawiono z kolei współczynniki w zależności od wielkości jednostki, ale bez uwzględniania rodzaju mieszkalnictwa.

Sieć wodociągowa ma na celu oprócz dostawy konsumentom wody przeznaczonej do spożycia i zaspakajania potrzeb wodnych, również za zadanie zaopatrzenie danego terenu w wodę na cele przeciwpożarowe. Zaopatrzenie w wodę do gaszenia pożarów reguluje Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych [14] jak również normy [10, 11]. Sieć wodociągowa projektowana jest na maksymalne przepływy gospodarcze, a następnie sprawdzana na przepływ przeciwpożarowy.

Przedsiębiorstwa wodociągowe często przygotowują własne wytyczne techniczne w celu wymuszenia odpowiednich zasad projektowania sieci. Wytyczne te należy uwzględniać przy opracowywaniu dokumentacji sieci wodociągowych usytuowanych na terenie działania przedsiębiorstwa. Jednak zazwyczaj brak w nich danych, które niezbędne są do obliczeń hydraulicznych, takich jak: przeciętne zużycie wody na obszarze zaopatrywanym przez sieć wodociągową, współczynniki nierównomierności dobowej i godzinowej dla danej sieci, czy wielkość strat wody, które należałoby uwzględnić w bilansie.

## 2. Cel i zakres pracy

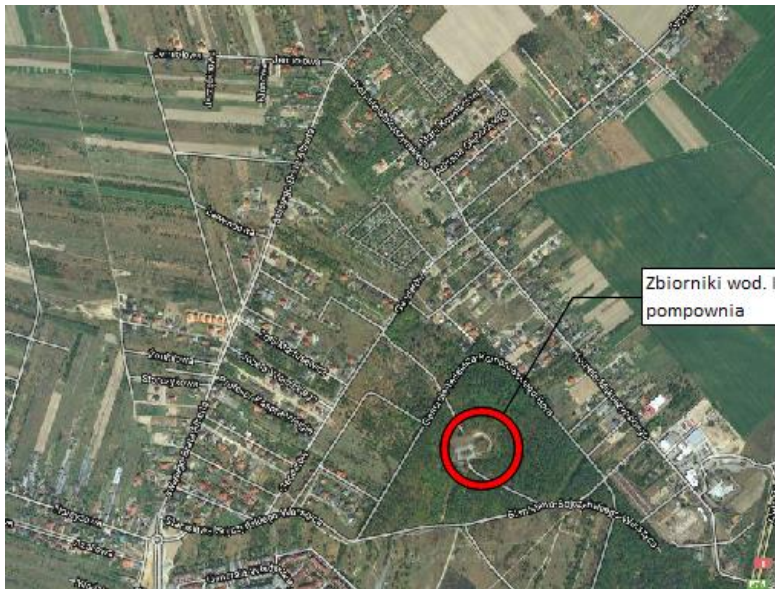
Do analizy wskaźników zużycia wody wybrano wyodrębniony obszar zasilania wchodzący w skład sieci wodociągowej eksploatowanej przez Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Okręgu Częstochowskiego S. A. Jest to osiedle o zabudowie jednorodzinnej zasilane ze zbiorników wodociągowych Kawie Góry. Na bazie danych eksploatacyjnych obliczono jednostkowe zapotrzebowanie na wodę w latach 2010 i 2011 oraz współczynniki nierównomierności dobowej i godzinowej. Uzyskane wartości porównano z wartościami otrzymanymi przez innych autorów oraz z obowiązującymi aktami prawnymi i wartościami normatywnymi.

### **3. Analiza zużycia wody i wielkość współczynników nierównomierności dobowej i godzinowej dla strefy Kawie Góry**

Obszar zasilania Kawie Góry znajduje się na terenie sieci wodociągowej, eksploatowanej przez Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Okręgu Częstochowskiego S. A. z siedzibą przy ul. Jaskrowskiej 14/20 w Częstochowie. Przedsiębiorstwo zaopatruje w wodę teren o powierzchni około 1000 km<sup>2</sup> i pod względem długości sieci zajmuje drugie miejsce w kraju. Łączna długość sieci wynosi ponad 2200 km.

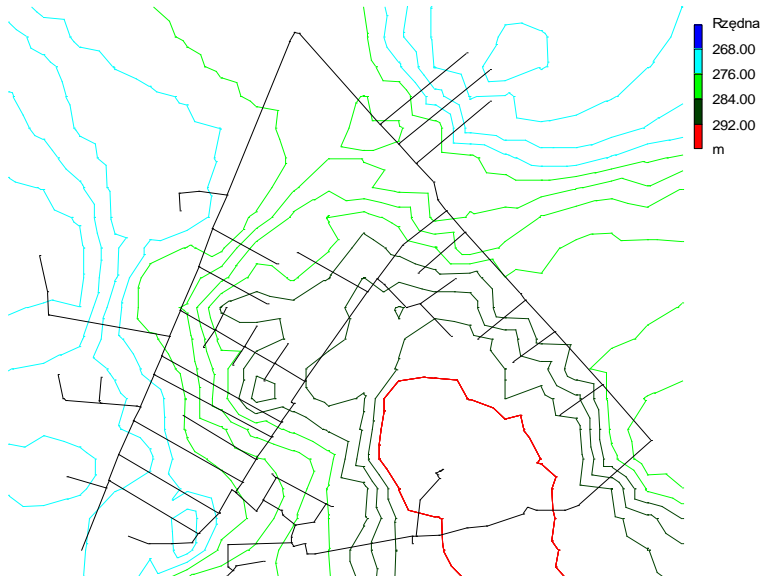
Wybrany obszar – Kawie Góry – to osiedle mieszkaniowe graniczące z dzielnicami Północ oraz Rząsawa w Częstochowie. Osiedle stanowi wydzieloną strefę zasilania, woda do całej strefy dostarczana jest poprzez stację pomp z terenowych zbiorników wodociągowych „Kawie Góry” o sumarycznej pojemności 10.000 m<sup>3</sup>. Całkowita długość sieci na analizowanym obszarze wynosi 11,7 km.

Na rozpatrywanym terenie występuje tylko zabudowa jednorodzinna, zlokalizowanych jest 368 przyłączy wodociągowych. Liczba odbiorców zasilanych z sieci wodociągowej wynosi 1472 osoby. Budynki w rozpatrywanej strefie podłączone są do kanalizacji miejskiej, a ciepła woda przygotowywana jest lokalnie. Na obszarze strefy brak jest rozwiniętych usług, w zasadzie nie występują zakłady przemysłowe czy obiekty użyteczności publicznej. Głównymi odbiorcami wody są gospodarstwa domowych, poza nimi pewna ilość wody zużywana jest przez salon samochodowy oraz na podlewanie zieleni w ogrodzie działkowym. Obliczenia obejmowały obliczenie wartości jednostkowego wskaźnika zapotrzebowania na wodę przypadającego na 1 mieszkańca oraz współczynników nierównomierności dobowej i godzinowej sumarycznie dla całej rozpatrywanej strefy. Obliczenia wykonywane zostały na podstawie odczytów z wodomierza głównego zamontowanego na stacji pomp przy zbiornikach „Kawie Góry”. Uwzględnione zostały również straty wody i zużycie na cele własne wodociągu. Obliczenia przeprowadzono w oparciu o dane eksploatacyjne z lat 2010 i 2011.



**Rys. 1.** Plan obszaru zasilanego ze zbiorników Kawie Góry

**Fig. 1.** The plan of area supplied by Kawie Góry tanks



**Rys. 2.** Schemat sieci wodociągowej wraz z wysokościowym ukształtowaniem terenu

**Fig. 2.** Diagram of the water supply system with altitude topography

### 3.1. Współczynniki nierównomierności dobowej i godzinowej dla 2010 roku

Sumaryczne całkowite zużycie wody w strefie Kawie Góry w roku 2010 wyniosło 66 000 m<sup>3</sup>. Maksymalne dobowe zapotrzebowanie na wodę w roku 2010 wystąpiło 14 lipca. Zużycie wody w tym dniu wyniosło 633 m<sup>3</sup>/d. Maksymalne zapotrzebowanie wody występowało w godzinach 21–22 i wyniosło 71 m<sup>3</sup>/h. Minimalne dobowe zapotrzebowanie na wodę miało miejsce 28 lipca i wyniosło 131 m<sup>3</sup>/d. Minimalne zapotrzebowanie wody w ciągu 1 godziny w dobie maksymalnego zapotrzebowania wyniosło 4 m<sup>3</sup>/h. Minimalne godzinowe zapotrzebowanie na wodę w dobie minimalnego zapotrzebowania wyniosło 1 m<sup>3</sup>/h.

Współczynnik nierównomierności dobowej maksymalnej:

$$Nd \max = Qd \max / Qd \text{ śr} = 3,5 \text{ [-]}$$

Współczynnik nierównomierności dobowej minimalnej:

$$Nd \min = Qd \min / Qd \text{ śr} = 0,72 \text{ [-]}$$

Współczynnik nierównomierności godzinowej maksymalnej:

$$Nh \max = Qh \max / Qh \text{ śr} = 2,69 \text{ [-]}$$

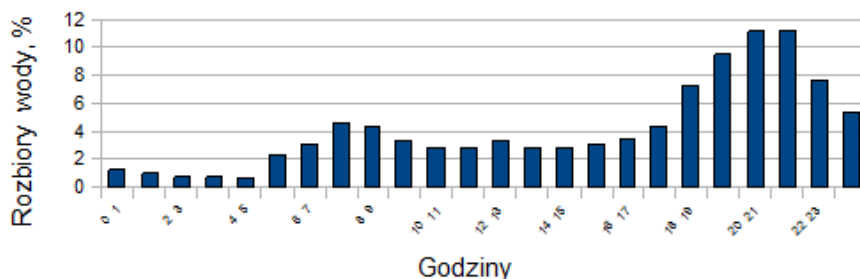
Współczynnik nierównomierności godzinowej minimalnej dla doby o maksymalnym zużyciu wody:

$$Nh \min = Qh \min / Qh \text{ śr} = 0.15 \text{ [-]}$$

Współczynnik nierównomierności godzinowej minimalnej dla doby o minimalnym zużyciu wody:

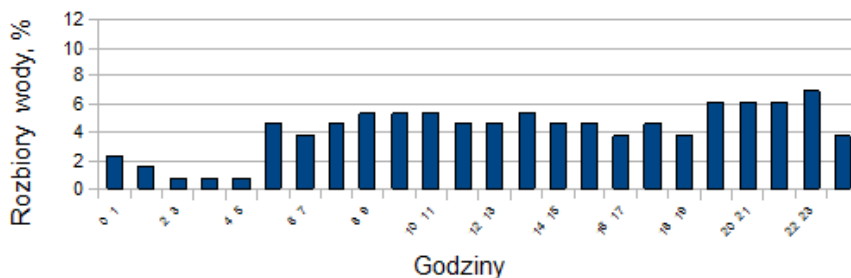
$$Nh \min = 0,04 \text{ [-]}$$

Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono strukturę godzinowego rozkładu zużycia wody odpowiednio dla doby o maksymalnym i minimalnym zapotrzebowaniu. Dla doby o minimalnym zapotrzebowaniu widoczne są mniejsze procentowe różnice w rozkładzie zużycia wody, w porównaniu do doby o maksymalnym zużyciu. W dobie o maksymalnym zużyciu zapotrzebowanie na wodę zmienia się w znaczący sposób w ciągu doby, wartości wahają się w granicach 0,95% w godzinach nocnych do 11,22% w godzinach wieczornego szczytu. Dla doby o minimalnym zużyciu wody procentowy rozkład rozbiórów jest bardziej wyrównany, wartości zmieniają się od 0,76% do 6,87%.



**Rys. 3.** Rozkład godzinowy zużycia wody w ciągu doby o maksymalnym zapotrzebowaniu, rok 2010

**Fig. 3.** Hour distribution of water consumption per day with a maximum demand, year 2010



**Rys. 4.** Rozkład godzinowy zużycia wody w ciągu doby o minimalnym zapotrzebowaniu, rok 2010

**Fig. 4.** Hour distribution of water consumption per day with a minimum demand, year 2010

### 3.2. Jednostkowe zapotrzebowanie na wodę dla roku 2010

W obliczeniach uwzględniono zużycie wody przez salon samochodowy oraz ogródki działkowe zlokalizowane w rozpatrywanej strefie. Wielkość zapotrzebowania na wodę na cele technologiczne wodociągu i straty wody przyjęto w oparciu o dane przedsiębiorstwa wodociągowego dla powyższego obszaru w wysokości 15% całkowitego sumarycznego zużycia wody w ciągu roku. Obliczone na bazie powyższych danych jednostkowe zapotrzebowanie na wodę było równe:

$$qd \text{ } \acute{s}r = 103 \text{ dm}^3/\text{M} \cdot \text{d}$$

### **3.3. Współczynniki nierównomierności dobowej i godzinowej oraz zapotrzebowanie na wodę dla 2011 roku**

Analogicznie jak poprzednio przeprowadzono obliczenia charakterystycznych wielkości zapotrzebowania na wodę dla 2011 roku. Sumaryczne całkowite zużycie wody w strefie Kawie Góry było niższe niż w roku 2010 i wyniosło 61000 m<sup>3</sup>. Maksymalne dobowe zapotrzebowanie na wodę w roku 2011 wystąpiło 27 sierpnia. Zużycie wody w tym dniu wyniosło 325 m<sup>3</sup>/d i było niższe od zaobserwowanego w roku poprzednim o 49%. Maksymalne zapotrzebowanie wody wystąpiło w godzinach 18–19 oraz 19–20 i wyniosło 25 m<sup>3</sup>/h. Minimalne dobowe zapotrzebowanie na wodę miało miejsce 5 grudnia i wyniosło 145 m<sup>3</sup>/d. Minimalne zapotrzebowanie wody w ciągu 1 godziny w dobie wyniosło 3 m<sup>3</sup>/h dla doby o maksymalnym zapotrzebowaniu na wodę i 1 m<sup>3</sup>/h dla doby o minimalnym zapotrzebowaniu na wodę. Obliczone na podstawie powyższych danych współczynniki nierównomierności wynoszą:

Współczynnik nierównomierności dobowej maksymalnej:

$$Nd_{\max} = 1,94 \text{ [-]}$$

Współczynnik nierównomierności dobowej minimalnej:

$$Nd_{\min} = 145167,12 = 0,87 \text{ [-]}$$

Współczynnik nierównomierności godzinowej maksymalnej:

$$Nh_{\max} = 1,85 \text{ [-]}$$

Współczynnik minimalnego godzinowego zużycia wody dla doby o minimalnym zużyciu:

$$Nh_{\min} = 0,07 \text{ [-]}$$

Współczynnik minimalnego godzinowego zużycia wody dla doby o maksymalnym zużyciu:

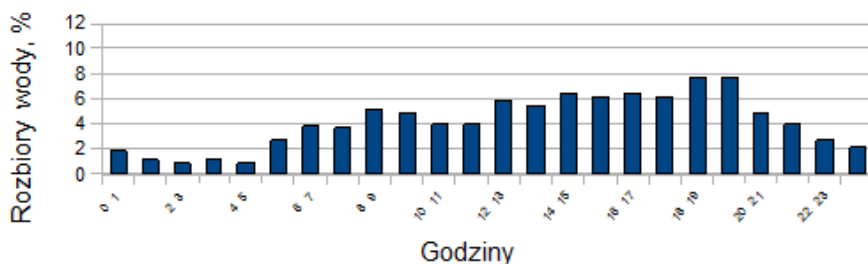
$$Nh_{\min} = 0,22 \text{ [-]}$$

Jednostkowe średnie dobowe zapotrzebowanie na wodę:

$$qd_{\text{śr}} = 95 \text{ [dm}^3\text{/M}\times\text{d]}$$

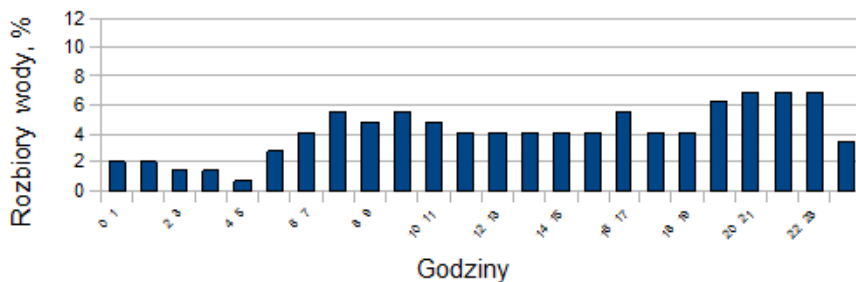


Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono strukturę godzinowego rozkładu zużycia wody odpowiednio dla doby o maksymalnym i minimalnym zapotrzebowaniu. Zróżnicowanie rozbiorów dobowych jest tutaj niższe zarówno dla doby o maksymalnym, jak i minimalnym zapotrzebowaniu w porównaniu z dobą o maksymalnym zapotrzebowaniu w roku 2010. Dla wszystkich czterech analizowanych okresów można zaobserwować wystąpienie przedpołudniowego wzrostu poboru wody w godzinach od 7 do 10 rano. Maksymalne rozbiory wody występują w godzinach wieczornych, od 18 do 22.



**Rys. 5.** Rozkład godzinowy zużycia wody w ciągu doby o maksymalnym zapotrzebowaniu, rok 2011

**Fig. 5.** Hour distribution of water consumption per day with a maximum demand, year 2011



**Rys. 6.** Rozkład godzinowy zużycia wody w ciągu doby o minimalnym zapotrzebowaniu, rok 2012

**Fig. 6.** Hour distribution of water consumption per day with a minimum demand, year 2011

## 4. Dyskusja wyników

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, iż średnie jednostkowe zapotrzebowanie na wodę dla osiedla Kawie Góry kształtowało się na poziomie  $103 \text{ dm}^3/\text{M}\cdot\text{d}$  w roku 2010 i  $95 \text{ dm}^3/\text{M}\cdot\text{d}$  w roku 2011. Większe zapotrzebowanie na wodę w roku 2010 w stosunku do roku 2011 wynikać może z faktu, iż okres letni 2010 roku charakteryzował się wysokimi temperaturami i małą ilością opadów, przez co większa ilość wody zużywana była na podlewanie zieleni w przydomowych ogródkach. W przypadku budownictwa jednorodzinnego uzyskane wartości są więc równe lub nieznacznie niższe od wartości określonych w Rozporządzenie Ministra Infrastruktury [13] dla samego mieszkalnictwa. Zgodnie z powyższym aktem prawnym jednostkowy wskaźnik zapotrzebowania na wodę dla mieszkań o pełnym standardzie wyposażenia w instalacje sanitarne wynosi  $80\text{--}100 \text{ dm}^3/\text{M}\cdot\text{d}$ , gdzie wartość niższa odnosi się do budynków podłączonych do zbiornika bezodpływowego a wyższa do budynków podłączonych do sieci kanalizacyjnej. Należy jednak tutaj pamiętać, że w Rozporządzeniu ilość wody zużywana na podlewanie przydomowych ogródków ustalona jest dodatkowo na  $2,5 \text{ dm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ . Jednocześnie obliczone wartości zapotrzebowania na wodę w są znacznie niższe od zalecanych przez wytyczne [17], stosowane jeszcze do niedawna do obliczania zapotrzebowania na wodę dla mieszkalnictwa. Wytyczne przewidywały, iż zapotrzebowanie na wodę w mieszkalnictwie dla budynków jednorodzinnych podłączonych do kanalizacji wynosić będzie  $200 \text{ dm}^3/\text{M} \cdot \text{d}$ .

Uzyskane wartości pokrywają się z wynikami uzyskanymi również przez innych autorów. Od początku lat 90-tych obserwuje się wyraźny spadek zużycia wody w miastach polskich. Tendencja ta widoczna jest we wszystkich grupach odbiorców wody, począwszy od gospodarstw domowych, poprzez usługi, podmioty gospodarcze, na przemyśle kończąc (tab. 1).

Jednym z przykładów powyższej tendencji może być miasto Białystok [18]. Jest to największe miasto północno-wschodniej Polski, w którym około 77,5% ludności zamieszkuje w budynkach wielorodzinnych, pozostałe 22,5% odbiorców stanowią mieszkańcy dzielnic jednorodzinne. W 2001 roku 98,5% mieszkań wyposażonych było w wodociąg, a około 89% w WC i łazienkę podłączoną do sieci kanalizacyjnej. Najwięk-

szy udział w rozbiórce wody miały gospodarstwa domowe. Udział tej grupy odbiorców w całkowitym zużyciu wynosił w 2001 roku 72,5%, ilość zużywanej wody na mieszkańca na dobę. Jednostkowe zapotrzebowanie na wodę w 2001 roku wynosiło dla gospodarstw domowych  $108 \text{ dm}^3/\text{M}\cdot\text{d}$  [18], w roku 2010 wartość ta zmalała do  $93,1 \text{ dm}^3/\text{M}\cdot\text{d}$  [12].

**Tabela 1.** Zestawienie porównawcze wskaźników jednostkowego poboru wody w Polsce wg [12]

**Table 2.** Comparison of indicators of individual water consumption in Poland by [12]

Rok	Ogółem	Przeznaczenie wody	
		Wodociągi komunalne	Cele produkcyjne
	$\text{dm}^3/\text{M}\cdot\text{d}$	$\text{dm}^3/\text{M}\cdot\text{d}$	$\text{dm}^3/\text{M}\cdot\text{d}$
1989	1087,7	221,9	745,2
1997	835,6	161,6	597,3
2010	743,4	110,6	550,0

Z kolei analiza zużycia wody w Jaśle pozwoliła zauważyć, że po spadku zapotrzebowania na wodę w okresie 1988–2001, nastąpił niewielki wzrost zużycia wody. Natomiast od roku 2004 w mieście odnotowuje się dalszy spadek zużycia wody. W przeliczeniu na jednego mieszkańca jednostkowy wskaźnik zapotrzebowania na wodę wyniósł  $143,7 \text{ dm}^3/\text{M}\cdot\text{d}$ . Wartość ta była wyższa od przeciętnej wartości wskaźnika zużycia wody na jednego statystycznego mieszkańca Polski. Na wielkość zużycia wody duży wpływ miały straty wody na sieci stanowiące 24,6% całkowitego zużycia wody, spowodowane nieszczelnościami na starych rurociągach oraz faktem wielokrotnych nieuprawnionych podłączeń [16].

Analizę zapotrzebowania na wodę przeprowadzono również dla miasta Piła. Miasto położone jest na pograniczu Pomorza Zachodniego i Wielkopolskiego, liczba mieszkańców wynosi 75000. Między rokiem 2000 a 2005 zanotowano spadek produkcji wody o 399 tys.  $\text{m}^3$ . Jednostkowe zużycie wody w 2000 roku wynosiło  $118 \text{ dm}^3/\text{M}\cdot\text{d}$ , a w roku 2005 zmniejszyło się do  $103 \text{ dm}^3/\text{M}\cdot\text{d}$ . Pomimo ciągle wzrastającej w mieście liczby podłączeń wodociągowych nie odnotowuje się przekładania tej sytuacji na zużycie wody, zauważono jednak wyraźną tendencję spadkową zapotrzebowania na wodę w sytuacji wzrostu cen wody [23].

Jeszcze niższe wartości zapotrzebowania na wodę obserwuje się na terenach wiejskich. Wskaźnik jednostkowego zużycia wody w całej Polsce na wsi w roku 2009 wynosił średnio  $91 \text{ dm}^3/\text{M}\cdot\text{d}$ . Dla porównania na terenie gminy Sianów (Pomorze Środkowe) średnie jednostkowe zapotrzebowanie na wodę w roku 2009 wyniosło  $84,4 \text{ dm}^3/\text{M}\cdot\text{d}$ . Głównymi odbiorcami wody w gminie są gospodarstwa domowe, ich udział w całkowitym zużyciu wody na wsi to ponad 84% całkowitego poboru wody z wodociągów [19].

Przyczyny spadku zapotrzebowania na wodę w mieszkalnictwie są podobne na obszarze całego kraju. Główny czynnik ma charakter ekonomiczny – to powiązanie opłaty za wodę z rzeczywistym zużyciem i równocześnie stopniowy wzrost tych opłat. [21, 22] Prowadzi to do racjonalizacji zużycia wody oraz stosowania rozwiązań zmniejszających jej zużycie, jak nowszej generacji sprzęt gospodarstwa domowego (pralki, zmywarki), stosowanie perlatorów czy coraz powszechniejsze wykorzystywanie wody deszczowej na potrzeby podlewania przydomowych ogródków. Jednocześnie przedsiębiorstwa wodociągowe dążą do minimalizacji strat wody, wykorzystując nowoczesne materiały i armaturę o znacznie lepszej jakości przy budowie i renowacji przewodów, coraz powszechniejszy monitoring sieci, czy prowadzą aktywną kontrolę wycieków.

Obliczone na bazie danych dotyczących strefy Kawie Góry, wartości wskaźników nierównomierności dobowej i godzinowej różnią się od określonych w Wytycznych [17] czy innej literaturze [6]. Według wytycznych współczynnik nierównomierności dobowej dla budynków jednorodzinnych wynosi  $N_d = 1,5\text{--}2,0$ , podczas gdy obliczona wartość rzeczywistego wskaźnika nierównomierności dobowej dla osiedla Kawie Góry wynosiła  $N_{d \max} = 3,5$  w roku 2010 i  $N_{d \max} = 1,94$  w 2011 roku. Z kolei w przypadku współczynników nierównomierności godzinowej uzyskano wartości niższe, niż przewidują Wytyczne (wartości  $N_h = 2,5\text{--}3,0$ ) [17]. Wartości obliczone dla obszaru zasilania są niższe i wynoszą  $N_{h \max} = 2,69$  dla 2010 roku i  $N_{h \max} = 1,85$  dla 2011 roku. Należy pamiętać, że do mniejszych jednostek osadniczych stosuje się wyższe wartości podane w [17].

Podobne zależności w stosunku do współczynników nierównomierności uzyskano dla miasta Bytomia. Wykonano badania zmian rozkładu rozbioru wody, pomiarami objęto 9 wybranych rejonów o liczbie mieszkańców z przedziału 10–30 tysięcy mieszkańców. Na terenie obję-

tym badaniami przeważały budynki wielokondygnacyjne z centralną dostawą ciepłej wody i kanalizacją sieciową oraz typowym zapleczem usług. Uzyskane wartości współczynników nierównomierności  $N_d$  i  $N_h$  dla poszczególnych dzielnic miasta zawierały się w przedziale  $N_d = 1,96-1,13$ , oraz  $N_h = 1,79-1,24$  [1]. Według Wytycznych [17] dla badanego obszaru współczynniki wynoszą odpowiednio  $N_d = 1,25$  oraz  $N_h = 2,0$ ,  $1,8$ . Analiza otrzymanych wyników pozwoliła zauważyć, iż wartości współczynników nierównomierności dobowej  $N_d$  dla poszczególnych obszarów zdecydowanie przekraczają wartości zalecane przez wytyczne [17]. Z kolei wartości uzyskanych współczynników nierównomierności godzinowej  $N_h$  odbiegają od zalecanych i nie osiągają dolnej granicy przedziału.

Obliczenie współczynników nierównomierności dobowej i godzinowej wykonano także dla miasta Jasła dla lat 2000–2002. W porównaniu z Wytycznymi [17] współczynniki nierównomierności dobowej znacznie się wahały i wynosiły  $N_d = 1,3-1,7$ , współczynniki nierównomierności godzinowej były niższe od wartości zalecanych i wynosiły  $N_h = 1,2-1,3$  [16].

Z kolei autorzy [20] dokonali analizy rozborów wody w miejscowości Kołobrzeg, w wyniku której wyznaczono współczynniki nierównomierności dobowej. W roku 2006 wartość współczynnika wynosiła w sezonie  $N_d = 1,48$ , poza sezonem  $N_d = 1,22$  a w całym roku  $N_d = 1,81$ .

## 5. Podsumowanie

Problem obliczenia zapotrzebowania na wodę ma bardzo duże znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania całego systemu zaopatrzenia w wodę. Obserwowany na przestrzeni ostatnich 30-tu lat spadek zapotrzebowania na wodę ma zarówno pozytywne, jak i negatywne aspekty. Wśród zalet można wymienić m. in. korzyści dla środowiska naturalnego wynikające z czerpania mniejszych ilości wody, możliwość stosowania metod uzdatniania wymagających dłuższego czasu kontaktu czy oszczędność energii ze względu na niższe straty jednostkowe ciśnienia w sieci. Występują jednak także związane z tym problemy, takie jak przewymiarowanie sieci wodociągowych, które powoduje, że względu na transport mniejszych ilości wody, znaczne zmniejszenie prędkości przepływu wody. Tym samym następuje wydłużenie czasu przebywania wody w sieci i zwiększa się ryzyko wtórnego jej zanieczyszczenia i obniże-

nia jakości wody dostarczanej konsumentom. Podstawową przyczyną zmniejszania się zapotrzebowania na wodę jest jej wysoka cena oraz powiązanie opłat za wodę z jej rzeczywistym zużyciem. Wymusza to na odbiorcach racjonalizację zużycia oraz likwidację marnotrawstwa. Oszczędne zachowania widać we wszystkich grupach odbiorców, w szczególności w mieszkalnictwie i przemyśle.

Obliczone dla strefy Kawie Góry wskaźniki jednostkowego zapotrzebowania na wodę, jeżeli weźmiemy pod uwagę wodę zużywaną do podlewania przydomowych ogródków, różnią się od wartości podanych w Rozporządzeniu [13]. Wykazano również, iż obliczone dla eksploatowanego wodociągu współczynniki nierównomierności dobowej i godzinowej w znacznym stopniu odbiegają się od wartości obowiązujących w Wytycznych [17]. Podobne rozbieżności zostały przedstawione przez innych autorów omawiających analizy zużycia wody. Obliczone współczynniki nierównomierności dobowej są z reguły wyższe a nierównomierności godzinowej niższe od podawanych w literaturze. Wyniki te wskazują na potrzebę indywidualnego traktowania poszczególnych obszarów zasilania z uwzględnieniem specyficznych warunków lokalnych. Stanowi to również potwierdzenie faktu nieaktualności danych zawartych w mającym zastosowanie w praktyce projektowej dokumencie. Wydaje się celowe przeprowadzenie szerszych analiz w celu zweryfikowania powyższych wartości, aby mogły być wykorzystane w praktyce projektowej i odpowiadały aktualnie panującym warunkom eksploatacyjnym.

*Praca została wykonana w ramach BS-PB-401/301/12*

## Literatura

1. **Brysz E., Kawczyński A., Kuś K.:** *Analiza zmian nierównomierności rozbiórów wody w miejskich jednostkach osadniczych*, II Kongres Inżynierii Środowiska, 2005, tom 1, 343–351.
2. **Ciężak W., Malinowski P., Siwoń Z.:** *Metodologia budowy neuronowego modelu prognostycznego godzinowego rozbiórów wody*, Gaz woda i technika sanitarna, 2005, 9,9–12.
3. **Ciężak W., Siwoń Z., Ciężak J.:** *Prognozowanie krótkotrwałych poborów wody z miejskiej sieci wodociągowej za pomocą sztucznych sieci neuronowych*, VI Konferencja Naukowo-Techniczna: Nowe technologie w sieciach i instalacjach wodociągowej i kanalizacyjnych, 2005. 23–37.

4. **Ciężak W., Siwoń Z., Ciężak J.:** *Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych do prognozowania szeregów czasowych krótkotrwałego poboru wody w wybranych systemach wodociągowych*, Ochrona Środowiska, Rok 28, 2006.
5. **Gabryszewski T.:** *Wodociągi*. Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 1983.
6. **Heidrich Z.:** *Wodociągi*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, 2008.
7. **Knapik K., Bajer J.:** *Wodociągi*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. Kraków 2010.
8. **Lyp B.:** *Infrastruktura wodno-ściekowa w planowaniu miast*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa 2008.
9. **Mielcarzewicz E.:** *Obliczanie systemów zaopatrzenia w wodę*, Warszawa, Wydawnictwo Arkady 2000.
10. **Polska norma PN-B-02863** Ochrona przeciwpożarowa budynków. Przeciwożarowe zaopatrzenie wodne. Sieć wodociągowa przeciwpożarowa.
11. **Polska Norma PN-B-02864** Ochrona przeciwpożarowa budynków. Przeciwożarowe zaopatrzenie wodne. Zasady obliczania zapotrzebowania na wodę do celów przeciwpożarowych do zewnętrznego gaszenia pożaru.
12. *Rocznik statystyczny Ochrona Środowiska 2011*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2011.
13. *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14 stycznia 2002 r. w sprawie przeciętnych norm zużycia wody.*
14. *Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych.*
15. **Siwoń Z.:** *Stochastyczne modelowanie procesu zużycia wody i prognozowanie zapotrzebowanie na wodę w miastach*, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 1986.
16. **Tchórzewska-Cieślak B.:** *Analiza zużycia wody do spożycia przez mieszkańców miasta Jasła*, XII Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna z cyklu Problemy gospodarki wodno-ściekowej w regionach rolniczo-przemysłowych, 2005, vol 30, 65–74.
17. **Tkaczukowa B., Nowakowska-Błaszczuk A.:** *Wytyczne do programowania zapotrzebowania wody i ilości ścieków w miejskich jednostkach osadniczych*, Agencja Wydawnicza Instytutu Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej. Warszawa 1991.
18. **Tuz P., Gwoździej-Mazur J.:** *Wpływ zmniejszającego się zapotrzebowania na wodę na pracę wodomierzy głównych w budynkach wielorodzinnych*, V Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna Zaopatrzenie w wodę i jakość wód, 2002, 1055–1067.

19. **Usidus D., Drozdowicz A.**, *Analiza rozbiorów wody na wybranym terenie Pomorza Środkowego w gminie Sianów*, Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 12, 543–558 (2010).
20. **Usidus D., Filon A.**, *Analiza zmienności rozbioru wody w miejscowości wypoczynkowej pasa nadmorskiego*, Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 13, 903–920 (2011).
21. **Żuchowicki A., Gawin R.**, *Pobory wody przez mieszkańców budynku wielorodzinnego*, Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 12, 479–488 (2010).
22. **Żuchowicki A., Kuczyński W.**: *Analiza porównawcza zmian w rozbiorach wody z uwzględnieniem sposobu jej dostarczania do odbiorców*, Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 12, 419–465 (2010).
23. **Żuchowicki A., Telega M.**: *Analiza produkcji i zużycia wody w Pile*, Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 12, 313–324 (2010).

## **Analysis of Water Consumption and Demand Variation in Kawie Góry Supply Area in the City of Częstochowa**

### **Abstract**

The correct estimation of water consumption is a very important task, from the theoretical and practical point of view. Distribution systems naturally fluctuate between periods of high and low water usage. Good knowledge of how water use is distributed during the time is critical to accurate water system works. It is particularly important in engineering activity during designing of water supply systems. In Poland from 90ties of the XX century, constant decreased in production and consumption of water is observed.

The article has been written on the basis of technical literature renew and the data obtain from Water Supply and Sewerage Company for the Area of Czestochowa. The Company operates and controls the second longest water-pipe network in Poland.

The paper presents data concerning water consumption in chosen area in Czestochowa. For the purpose of this study the operating data from the period of 2010–2011 were analyzed. In the area of Kawie Góry are single-family houses only, the buildings are connected to the sewer system, hot water is prepared locally. Number of customers supplied from the water network is 1,472 persons. The following parameters as: unitary water consumption [ $\text{dm}^3/\text{P} \cdot \text{d}$ ], day and hour coefficient peaking factor [ $\text{Nd}, \text{Nh}$ ] were calculated.



The water consumption in households was  $103\text{dm}^3/\text{P} \cdot \text{d}$  in 2010 year and  $95\text{dm}^3/\text{P} \cdot \text{d}$  in 2011 year. The day coefficient peaking factor was  $N_d = 1,94\text{--}3,5$ , the hour coefficient peaking factor was  $N_h = 1,85\text{--}2,69$ . It was shown, that calculated ratios for the area of Kawie Góry are different from the values in the existing literature. Similar differences have been presented by other authors too. It seems advisable to carry out extensive studies to verify these values. They can be used in design practice then and corresponds to the currently operating conditions.