

**EWA OGIOŁDA^{*}, IRENEUSZ NOWOGOŃSKI^{*},
RENATA KLONOWSKA^{**}**

**CHARAKTERYSTYKA ZUŻYCIA WODY W SYSTEMACH
WODOCIĄGOWYCH „TURÓW” I „SERBY”
W GMINIE GŁOGÓW**

Streszczenie

Wielkość i nierównomierność zużycia wody charakteryzują systemy zaopatrzenia w wodę. Na podstawie pomiarów z 10 lat eksploatacji dwóch systemów oszacowane zostały wartości wskaźników jednostkowego średniego zużycia, współczynników nierównomierności godzinowej i dobowej, a sformułowane wnioski, dotyczące wielkości i nierównomierności zużycia w czasie, porównano z wytycznymi i innymi analizowanymi systemami.

Słowa kluczowe: system zaopatrzenia w wodę, zapotrzebowanie na wodę, zużycie wody

WSTĘP

Jednym z podstawowych zadań systemów zaopatrzenia w wodę jest dostarczenie odbiorcom wody w niezbędnej ilości – charakterystyczne wartości zapotrzebowania na wodę są podstawą wymiarowania poszczególnych elementów systemu. Analiza zużycia wody pokazuje, w jakim stopniu wartości prognozy styczne znajdują odzwierciedlenie w rzeczywistości, a rozbieżności między nimi rzutują na przebieg prawidłowej eksploatacji i niezawodność wodociągu. Na przestrzeni lat obserwuje się w kraju tendencje spadkową zużycia wody związaną przede wszystkim ze zmianą rozliczeń za pobór wody, z opłaty ryczałtowej na odczyty wodomierzowe. Indywidualny monitoring ilości zużywanego wody w gospodarstwach domowych spowodował spadek zużycia średnio

* Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Instytut Inżynierii Środowiska

** Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, absolwentka kierunku inżynieria Środowiska

w granicach 15-25% [Pawęska i in. 2013]. Spadek jednostkowego zużycia wody w warunkach polskich przedstawiono w tabeli 1. Na terenie województwa dolnośląskiego w 2006 oszacowano w miastach jednostkowe zużycie wody równe ok. $100 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, na terenach wiejskich – $64 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ [Kuczyński i Żuchowicki 2010].

Tab. 1. Jednostkowe zużycie wody w gospodarstwach domowych w latach 1980-2004 [Kuczyński i Żuchowicki 2010]

Tab. 1. Water consumption rate of households from 1980 to 2004 [Kuczyński and Żuchowicki 2010]

Rok	1980	1990	1992	1994	1995	1996	1997	1998	2000	2004
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\text{dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$	267	209	197	188	168	158	149	144	131	113

Pomiary z kilku lat umożliwiają obliczenie wartości charakterystycznych, na przykład wskaźnika jednostkowego zapotrzebowania na wodę, czy współczynników nierównomierności – daje to podstawę do porównania poszczególnych systemów [Mikołajczyk 2012; Ogiółda, Kozaczek 2013] i sformułowania wniosków dotyczących przyczyn rozbieżności parametrów układów projektowanych i eksploatowanych [Bergel i in., 2007; Żuchowicki i Kuczyński 2009; Bajer i Iwanejko 2014].

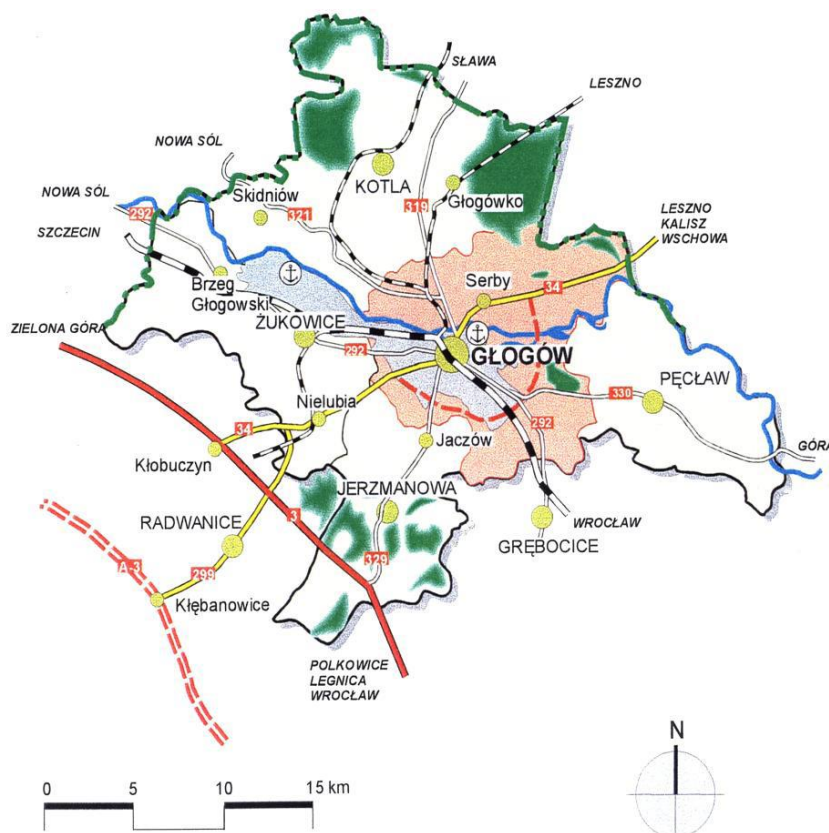
CHARAKTERYSTYKA SYSTEMÓW WODOCIĄGOWYCH „TURÓW” I „SERBY”

Gmina Głogów położona jest w północnej części województwa dolnośląskiego, jej powierzchnia wynosi około $84,3 \text{ km}^2$. Sąsiaduje z gminami: Kotla (od północy), Jerzmanowa i Grębocice (od południa), Pęcław i Szlichtyngowa (od wschodu) i Żukowice (od zachodu) (rys. 1).

Na obszarze gminy Głogów funkcjonują 4 systemy zaopatrzenia w wodę: „Turów”, „Serby”, „Borek” i „Wilków”.

System wodociągowy „Turów” jest najmniejszym w gminie systemem, zaopatrującym w wodę mieszkańców jednej wsi. Woda pobierana jest z ujęcia, które tworzą dwie studnie, jednokomorowy zbiornik wyrównawczy o pojemności 50 m^3 , sieć wodociągowa ma układ otwarty rozgałęziony, rurociągi o średnicy $\phi 90$ wykonane są z PVC.

System wodociągowy „Serby” zaopatruje mieszkańców wsi: Grodziec Mały, Szczyglice, Ruszowice i Serby. Ujęcie wody składa się z 18 studni. Sieć wodociągowa ma układ mieszany z przewagą pierścieniowego, łączna długość sieci wynosi 18400 m , zakres średnic to $\phi 90$ - 225 . Rurociągi wykonane są w 90% z PVC, a pozostałe z PE.



Rys. 1. Lokalizacja gminy Głogów [www.ugglogow.com.pl]
 Fig. 1. Localisation of Glogow commune [www.ugglogow.com.pl]

Woda w omawianych systemach jest wykorzystywana dla potrzeb gospodarstw domowych i gospodarstw rolnych.

METODYKA BADAŃ

W oparciu o dane z 10 lat eksploatacji dwóch systemów wodociągowych przeprowadzono analizę zmienności w czasie i obliczenia wartości charakteryzujących zużycie wody. W celu przeprowadzenia analizy wykonano zestawienie liczby mieszkańców, ustalono wielkości zużycia wody, określono jednostkowe wskaźniki zużycia wody, obliczono współczynniki nierównomierności.

Jednostkowe wskaźniki zużycia wody obliczono na podstawie formuły [Szpindor 1992]:

$$q_j = \frac{Q_{d\ sr}}{M} \quad (1)$$

Do obliczenia współczynników nierównomierności dobowej i godzinowej zastosowano następujące wzory:

$$N_d = \frac{Q_{d\ max}}{Q_{d\ sr}} \quad (2)$$

$$N_h = \frac{Q_{h\ max}}{Q_{h\ sr}} \quad (3)$$

gdzie: q_j – jednostkowy wskaźnik zapotrzebowania na wodę, $\text{dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \text{d}^{-1}$,

M – liczba mieszkańców,

$Q_{d\ sr}$ – średnie dobowe zapotrzebowanie na wodę, $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$,

$Q_{d\ max}$ – maksymalne dobowe zapotrzebowanie na wodę, $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$,

$Q_{h\ sr}$ – średnie godzinowe zapotrzebowanie na wodę, $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$,

$Q_{h\ max}$ – maksymalne godzinowe zapotrzebowanie na wodę, $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$,

N_d – współczynnik nierównomierności dobowej,

N_h – współczynnik nierównomierności godzinowej.

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Analizę zużycia wody w systemach wodociągowych „Turów” i „Serby” przeprowadzono dla danych z lat 2000-2009 uzyskanych z Referatu Obsługi Sieci Wodno-Kanalizacyjnych Urzędu Gminy w Głogowie.

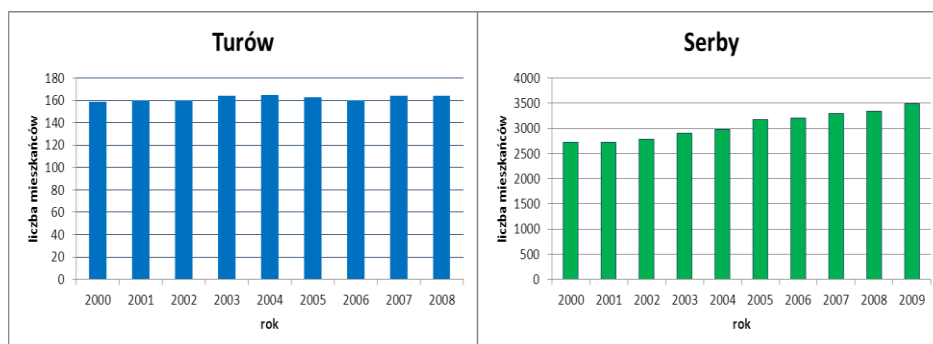
Zestawienie liczby mieszkańców, będących odbiorcami wody w poszczególnych systemach wodociągowych, wykonano na podstawie danych z dnia 31 grudnia poszczególnych lat (rys. 2).

Widoczna jest duża dysproporcja pomiędzy liczbą odbiorców wody w obu systemach. W przypadku systemu „Serby” w badanym okresie następował stały wzrost liczby mieszkańców. Średnia liczba mieszkańców w gospodarstwie domowym w systemie „Turów” wahała się od 4,3-4,6, a w systemie „Serby” kształtowała się na poziomie 3,5-4,0.

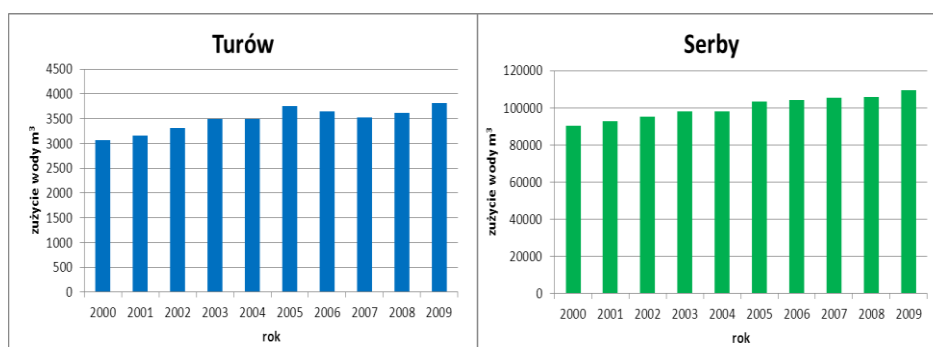
Kolejnym etapem analizy było zestawienie na podstawie danych eksploatacyjnych wielkości rocznego zużycia wody w każdym z systemów (rys. 3).

Następnie korzystając z danych dotyczących wielkości zużycia wody i liczby mieszkańców w latach 2000-2009 przy pomocy wzoru (1) wykonano obliczenia jednostkowych wskaźników zużycia wody w obu systemach wodociągowych w poszczególnych latach. Uzyskane wyniki przedstawiono na rysunku 4.

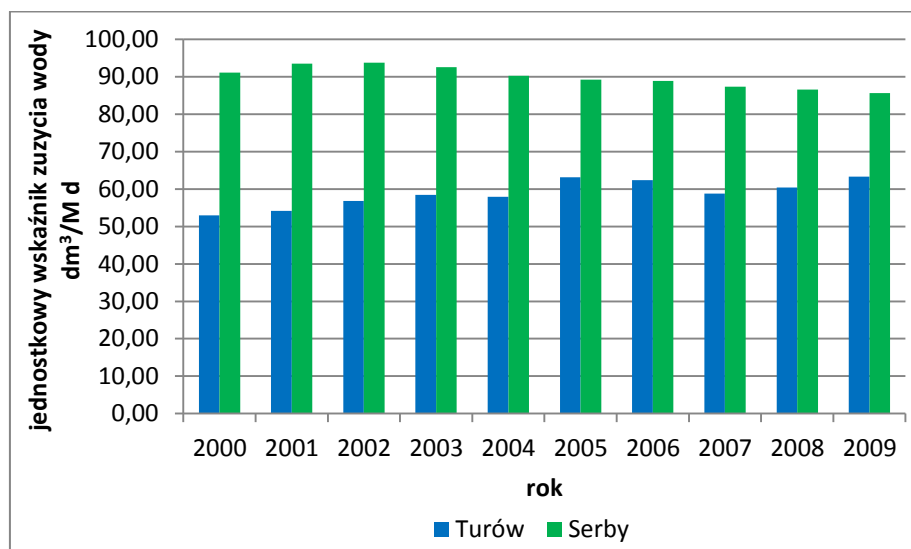
Wartości średnie jednostkowego wskaźnika zużycia wody to odpowiednio: w systemie „Turów” $q = 58,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, a w systemie „Serby” $q = 89,9 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$.



Rys. 2. Zmienność liczby mieszkańców - odbiorców wody w systemach wodociągowych „Turów” i „Serby”
Fig. 2. Number of inhabitants - water consumers in water supply systems „Turów” and „Serby”



Rys. 3. Roczne zużycie wody w systemach „Turów” i „Serby”
Fig. 3. Annual water consumption in systems „Turów” and „Serby”



Rys. 4. Zmienność jednostkowego wskaźnika zużycia wody w systemach wodociągowych „Turów” i „Serby”

Fig. 4. Unit water consumption coefficients in systems „Turów” and „Serby”

Wartości współczynników nierównomierności godzinowej obliczono korzystając ze wzorów (2) i (3) na podstawie danych eksploatacyjnych dotyczących zużycia godzinowego i dobowego, a wartości średnie z okresu analizy zamieszczono w tabeli 2.

Tab. 2. Godzinowe i dobowe zużycie wody oraz współczynniki nierównomierności w poszczególnych systemach

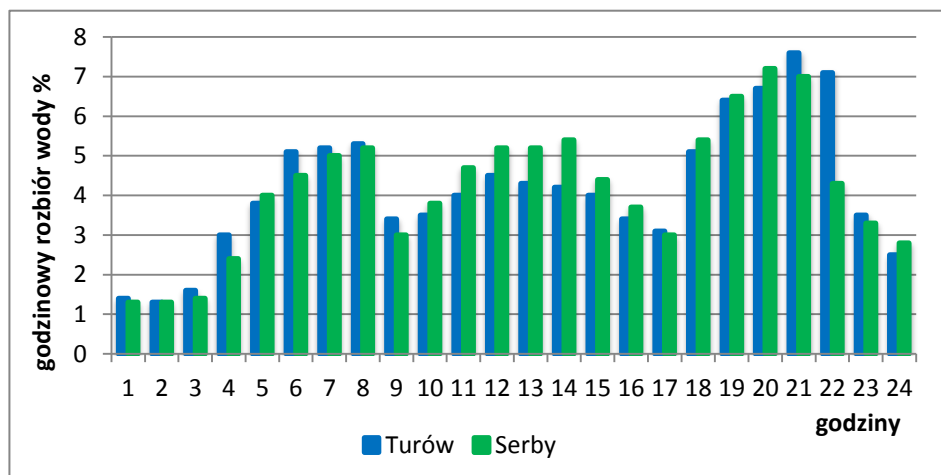
Tab. 2. Hourly and daily water consumption and irregularity coefficients in both systems

System wodociągowy	Q_{hmax}	$Q_{h\bar{s}r}$	N_h	Q_{dmax}	$Q_{d\bar{s}r}$	N_d
	$m^3 \cdot h^{-1}$	$m^3 \cdot h^{-1}$		$m^3 \cdot d^{-1}$	$m^3 \cdot d^{-1}$	
„Turów”	7,20	4,00	1,80	124,58	73,28	1,70
„Serby”	30,90	17,90	1,73	485,92	347,09	1,40

Zmienność zużycia wody następuje w różnych przedziałach czasowych. Na wstępie pokazano średnie z okresu analizy wartości procentowe zużycia wody w kolejnych godzinach doby (rys. 5).

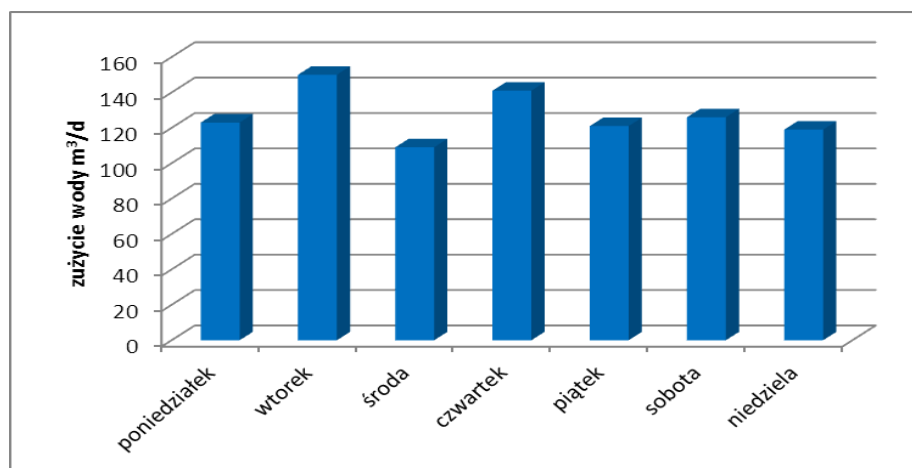
Z przedstawionego wykresu wynika, że nierównomierność zużycia wody w ciągu doby w obu systemach kształtuje się podobnie – widoczne są trzy szczyty: poranny, południowy i wieczorny, co jest typowe dla systemów zaopa-

trujących jednostki osadnicze, w których następuje zużycie wody dla celów gospodarstw wiejskich.



Rys. 5. Rozkład godzinowy zużycia wody w systemach „Turów” i „Serby”
 Fig. 5. Hour timetable of water consumption in systems „Turów” and „Serby”

Zużycie wody zmienia się także w obrębie tygodnia (rys. 6). Dla systemu „Serby” charakterystyczny jest wzrost rozbiór wody we wtorki i czwartki – są to dni poprzedzające targi warzywno-owocowe. Najniższe wartości zmierzone zaś zostały w środy.



Rys. 6. Zużycie wody w poszczególnych dniach tygodnia w systemie wodociągowym „Serby”
 Fig. 6. Water consumption in days of the week in system “Serby”

WNIOSKI

Analiza wielkości i zmienności zużycia wody przeprowadzona została dla dwóch systemów wodociągowych „Turów” i „Serby” na podstawie danych z lat 2000-2009.

Korzystając z danych obliczono wartości charakteryzujące zużycie wody. Wartości jednostkowych średnich wskaźników zużycia wody kształtują się następująco: w systemie „Turów” $q = 58,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, w systemie „Serby” $q = 89,9 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$. W porównaniu do średnich wartości zaobserwowanych w 2006 roku w województwie dolnośląskim [Kuczyński i Żuchowicki 2010], system „Turów” nie odbiega znacząco od wartości oszacowanej na terenach wiejskich. W przypadku systemu „Serby” jednostkowy średni wskaźnik zużycia wody zbliżony jest do wartości typowej dla miast województwa dolnośląskiego. W pozostałych systemach gminy Głogów („Borek” i Wilków”) wartości wskaźników jednostkowych przyjmowały wartości mieszczące się w tym zakresie [Ogiółda i Kozaczek 2013]. We wszystkich przypadkach wartości są niższe niż podawane w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury, a w przypadku najmniejszego z systemów - bliskie wartościom uważanym za graniczne do utrzymania odpowiedniego poziomu życia mieszkańców. Wartości te są jednak wyższe [Bugajski i Kaczor 2007] lub zbliżone [Kuczyński i Żuchowicki 2010] do podawanych w literaturze dla wodociągów wiejskich.

Wykonane zestawienie potwierdziło występowanie cyklu tygodniowego zużycia wody, w którym najwyższe wartości zużycia występują we wtorki i czwartki, a najniższe w środy.

Analizie poddano także zmienność zużycia w ciągu doby – charakterystyczne są trzy szczyty poboru wody: poranny, południowy i wieczorny, choć widoczne są różne stopnie nierównomierności.

Obliczone wartości godzinowych i dobowych współczynników nierównomierności zużycia wody dla systemów w gminie Głogów mieszczą się w zakresach podawanych przez Wytyczne.

LITERATURA

1. BAJER J.; IWANEJKO R.; 2014. Dynamika zmian jednostkowego zużycia wody w wybranych miastach Polski południowej. Instal – teoria i praktyka w instalacjach nr 4, 64-68.
2. BERGEL, T.; KACZOR, G.; 2007. Wielkość i nierównomierność poboru wody przez pojedyncze gospodarstwa wiejskie. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich nr 1, 125-136.

3. BUGAJSKI P.; KACZOR G.; 2007. Struktura zużycia wody przez użytkowników wodociągu w gminie Drwinia. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich nr 2, 81-88.
4. MIKOŁAJCZYK, M.; 2012. Analiza jednostkowych wskaźników zużycia wody w gospodarstwach domowych w warunkach miejskich i wiejskich. Instal – teoria i praktyka w instalacjach nr 2, 47-49.
5. OGIOŁDA, E.; KOZACZEK, M.; 2013. Charakterystyka zużycia wody w systemach wodociągowych „Wilków” i „Borek” w gminie Głogów. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego. Seria: Inżynieria Środowiska nr 32, 69-77.
6. PAWĘSKA, K.; BAWIEC, A.; WŁODEK, S.; SMAGA, E.; 2013. Wstępna analiza średniego zużycia wody w jednorodzinnych gospodarstwach domowych. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich, nr 1/IV/2013, s. 171-179.
7. SZPINDOR, A.; 1992. Zaopatrzenie w wodę i kanalizacja wsi. Arkady, Warszawa.
8. ŻUCHOWICKI, A.; KUCZYŃSKI, W.; 2009. Analiza porównawcza zmian w rozbiórach wody z uwzględnieniem sposobu jej dostarczania do odbiorców. Środkowo – Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska. Tom 11, 781-786.
9. ŻUCHOWICKI, A.; KUCZYŃSKI, W.; 2010. Ocena aktualnej sytuacji w zaopatrzeniu w wodę w Polsce na tle sytuacji w świecie. Środkowo – Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska. Tom 12, 419-465.
10. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 14.01.2002r. w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody (Dz. U. z dn. 31.01.2002r.)
11. Wytyczne do programowania zapotrzebowania wody i ilości ścieków w miejskich jednostkach osadniczych. Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej. Warszawa 1991.

CHARACTERISTICS OF WATER CONSUMPTION IN WATER SUPPLY SYSTEMS “TURÓW” AND “SERBY” IN GŁOGÓW COMMUNE

S u m m a r y

Water consumption and its irregularity is an important parameter characterizing water supply system. On the base of values measured during 10 years exploitation in 2 systems water consumption rate and water consumption hour and day irregularity coefficients were calculated and compared with literature and other results.

Key words: water supply system, water demand, water consumption