

WSTĘPNE WYNIKI BADAŃ STRUKTURY ZUŻYCIA WODY W WIELORODZINNYCH BUDYNKACH MIESZKALNYCH

Od szeregu lat obserwuje się w Polsce nieustanny wzrost zużycia wody, spowodowany przede wszystkim rozwojem miast, przemysłu, a także niską ceną wody, niewspółmierną do kosztów własnych jej produkcji. Sytuacja ta zmusza do bardzo oszczędnego gospodarowania ograniczonymi zasobami dyspozycyjnymi wody, a szczególnie wody o najlepszej jakości.

Jednym z najbardziej racjonalnych sposobów zmniejszenia zużycia wody byłoby wprowadzenie opłat za dostarczaną wodę i usuwanie ścieków, odpowiadających ponoszonym kosztom i mierzenie jej zużycia wprost u użytkownika (mieszkanie, budynek, zakład przemysłowy itd). Innym, hermetyzacja modelu gospodarki wodno-ściekowej w miastach, przemysłe i aglomeracjach miejsko-przemysłowych tj. wprowadzenie wielokrotnego wykorzystywania tej samej wody. Wymagałoby to wydzielenia z ogólnego zapotrzebowania ludności i przemysłu, w wodę przeznaczoną do celów spożywczych o najwyższej jakości i czerpanej ze źródeł pierwotnych.

Celem prowadzonych badań było m. in. określenie udziału wody przeznaczonej na cele spożywcze w ogólnej ilości wody dostarczanej do gospodarstw domowych.

Pomiary, prowadzone były w kilku budynkach wielorodzinnych położonych na terenie nowo powstałego osiedla mieszkalnego we Wrocławiu. W budynkach tych wykonano specjalne — przystosowane do programu pomiarów, układy wewnętrznych instalacji zimnej i ciepłej wody z rozdziałem na wodę doprowadzaną do kuchni i oddzielnie do łazienki i toalet. Budynki zaopatrywane były w wodę z lokalnego systemu jednostrefowego z pompownią hydroforową, czerpiącą wodę z miejskiej sieci wodociągowej. W celu zmniejszenia zużycia wody za-

stosowano kryzowanie przyłączy poszczególnych mieszkań z wyjątkiem najwyższych kondygnacji budynków 10-piętrowych. W budynkach objętych pomiarami występowały mieszkania od M2 do M6. Dominowały mieszkania duże typu M5 i M6.

Wyposażenie sanitarne mieszkań odpowiada współczesnemu, ogólnie przyjętemu standardowi. Każde mieszkanie wyposażone jest: w zlewozmywak z baterią na ciepłą i zimną wodę i w muszlę ustępową z dolnopiukiem. Mieszkania typu M3–M6 posiadają dodatkowo umywalki w toalecie również z bateriami na ciepłą i zimną wodę.

Zaludnienie i wyposażenie sanitarne budynków obrazuje tabela nr 1.

Przed badaniami przeprowadzono kontrolę szczelności armatury wodociągowej, a wszystkie zauważone nieszczelności zlikwidowano. Podczas trwania pomiarów nie dokonywano specjalnych zabiegów konserwacyjnych, chcąc uzyskać wyniki odpowiadające rzeczywistym warunkom działania instalacji we wszystkich budynkach osiedla.

Pomiary wykonane były za pomocą wodomierzy suchobieżnych ϕ 13 mm do 30 mm, sprzężonych z aparatami „Rejstrat”, umożliwiającymi ciągłą rejestrację natężenia przepływu wody. Wodomierze zainstalowane były na podejściach do poszczególnych pionów wody ciepłej i zimnej, doprowadzonej do łazienek i toalet oraz do kuchni. Celem eliminacji grubych błędów wprowadzono podwójny system pomiarów kontrolnych. Na rurociągu ulicznym, doprowadzającym wodę do budynków zainstalowano kryzę pomiarową i przepływomierz z ciągłą rejestracją wskazań. Prócz tego każde przyłącze do budynku, przed rozgałęzieniem na piony wyposażono również w kryzę pomiarową i prze-

Tabela 1

ZALUDNIENIE I WYPOSAŻENIE SANITARNE BUDYNKÓW

Symbol budynku	Liczba mieszkań	Liczba mieszkań	Rodzaj przyboru sanitarnego:						
			Kuchnia		Toaletka		Łazienka		Pralnia
			zlewozmywak	umywalka	pluczka	umywalka	wanna	pralka automat	zawory czerpalne
Budynek nr 3	550	151	151	133	151	151	151	60	—
Budynek nr 7	345	88	88	80	88	88	88	28	3
Budynek nr 7a	141	32	32	32	32	32	32	14	6
Ogółem	1042	271	271	245	271	271	271	102	9

plywomierz z ciągłą rejestracją wskazań. Jednocześnie z pomiarami zużycia wody prowadzono ciągłe pomiary ciśnienia wody za pomocą manometrów samopiszących, zainstalowanych na przyłączach budynków.

Wszystkie wyniki pomiarów objętości przepływu, uzyskane z rejestratów stanowią objętości godzinowego i dobowego zużycia wody o różnej temperaturze (zimna, ciepła) i przeznaczeniu (kuchnie oraz łazienki i toalety) w poszczególnych segmentach budynków, zasilanych poprzez odpowiednie piony zaopatrzone w wodomierze z rejestratami. Natomiast objętości uzyskane z przepływowymierzy zestawiono w postaci godzinowego i dobowego całkowitego zużycia wody.

Pomiary dobowego zużycia wody w budynkach wykazały, że wskaźnik średniego, dobowego zużycia wody w budynku nr 3 wynosił 196,0 dm³/d, mk, natomiast w budynku 7 — 166,6 dm³/d, mk, a w 7a — 173,8 dm³/d, mk.

Wskaźnik zużycia wody na cele spożywcze w budynku nr 3 wynosił 46,4 dm³/d, mk, a w budynku nr 7 49,7 dm³/d, mk, a 7a 28,2 dm³/d, mk. Natomiast wskaźnik zużycia wody na cele higieniczno-sanitarne w budynku nr 3 wynosił średnio 152,9 dm³/d, mk, a w budynku nr 7 średnio 117,7 dm³/d, mk. Z porównania tych wartości wynika, że zużycie wody na cele spożywcze stanowi 1/3—1/2 zużycia wody na cele higieniczne. Można zatem przyjąć, że średnio 25—30% wody dostarczonej do mieszkań wykorzystywane jest w kuchniach do celów umo-

wnie zwanych „spożywczymi”, a pozostałe 75—70% wykorzystywane jest w łazienkach i toaletach do tzw. celów higieniczno-sanitarnych. Procentowe wskaźniki zużycia wody na cele spożywcze i higieniczne w poszczególnych budynkach zestawiono w tabeli nr 3.

Rozkład tygodniowy ogólnego, dobowego zużycia wody związany jest w dużej mierze z tygodniowym cyklem pracy i wypoczynku ludności. W miastach i aglomeracjach miejsko-przemysłowych zużycie wody w dniach roboczych jest większe niż w dniach wolnych od pracy. Daje tu o sobie znać przede wszystkim praca przemysłu, handlu, usług itp. zużywającego zazwyczaj 25—40% wody wodociągowej. Natomiast w budynkach i osiedlach obserwuje się zjawisko odwrotne. Najlepiej ilustrują to wykresy na rys. 1 i 2. Na wykresach tych naniesiono zarówno wyniki pomiarów zużycia wody w wielorodzinnych budynkach mieszkalnych jak i w miastach: Strzelce Polskie, Koźle, Milicz [3].

Rozkład tygodniowy procentowych wskaźników zużycia wody na cele spożywcze i higieniczne przedstawiono w tabeli 4.

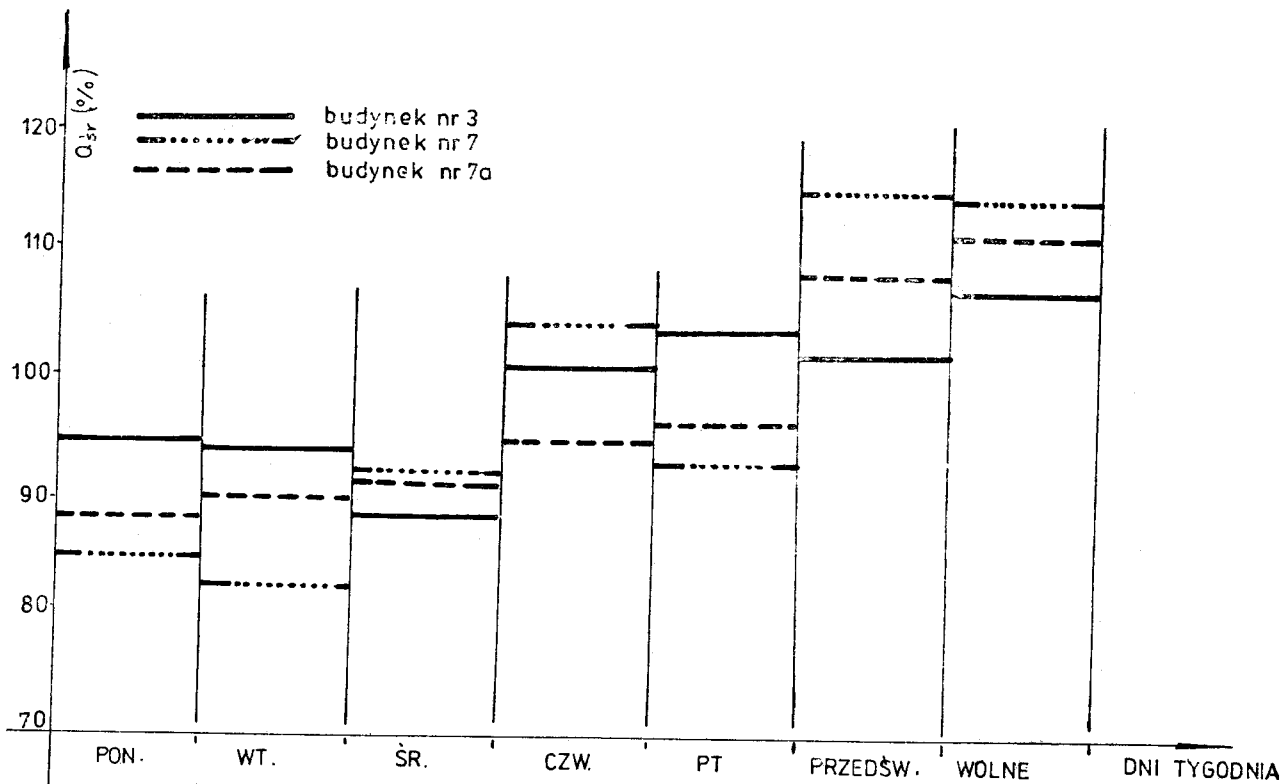
Wartości dobowego zużycia wody podlegają znacznym wahaniom w czasie, tj. są różne w poszczególnych dniach tygodnia jak i w dniach jednoimiennych. Niezależnie od tego zmiany te przebiegają różnie w poszczególnych budynkach mimo identycznego wyposażenia sanitarnego mieszkań. Również wartości ekstremalne dobowego zużycia wody występują w poszcze-

Tabela 2

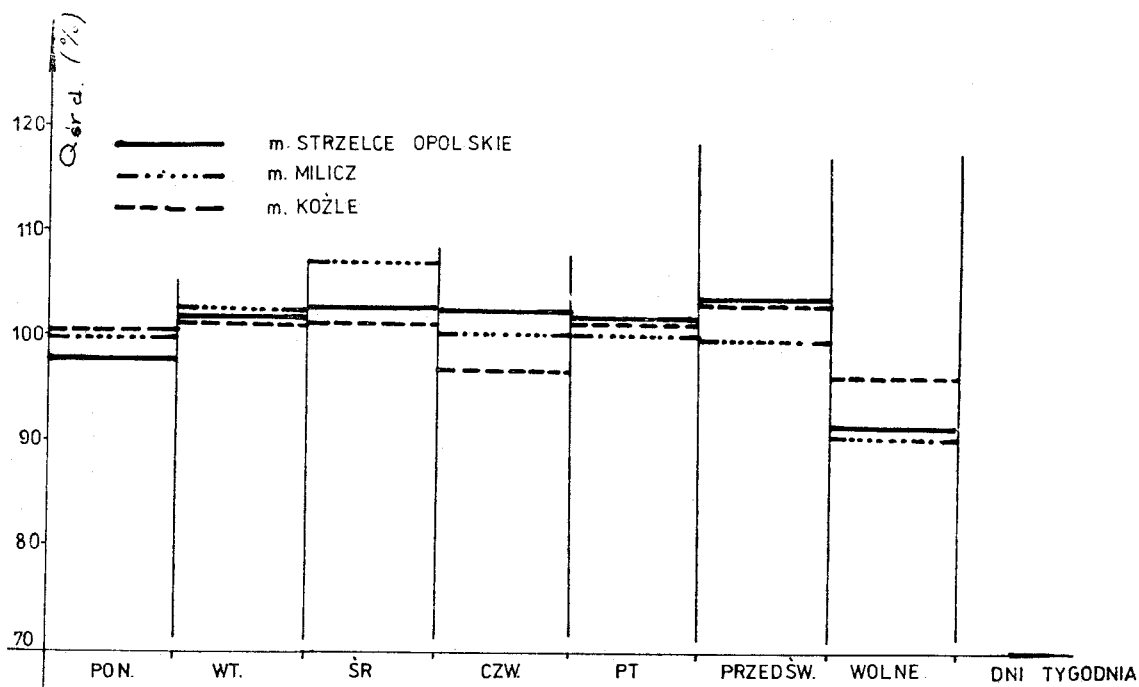
STRUKTURA DOBOWEGO ZUŻYCIA WODY							
Numer budynku	Liczba mieszkańców	Ogólne zużycie wody					
		Dobowe zużycie wody m ³ /d			Wskaźniki jednostkowego dobowego zużycia wody dm ³ /mk,d		
		średnie	maksymalne	minimalne	średnie	maksymalne	minimalne
Budynek nr 3	556	109,01	127,82	90,42	196,06	229,89	162,62
7	345	57,49	67,78	47,18	166,64	196,45	136,75
7a	141	24,50	36,03	9,43	173,76	255,52	66,88
Zużycie wody na cele spożywcze							
Budynek nr 3	556	25,79	32,56	20,79	46,38	58,53	37,39
7	345	17,15	23,33	12,18	49,71	87,62	35,30
7a	141	3,97	6,31	1,47	28,16	44,75	10,43
Zużycie wody na cele higieniczne							
Budynek nr 3	556	84,99	101,17	62,49	152,86	181,96	112,39
7	345	40,59	50,06	31,53	117,65	145,10	91,39
7a	141	20,60	29,72	7,32	146,10	210,10	51,91

Tabela 3

PROCENTOWE WSKAŹNIKI DOBOWEGO ZUŻYCIA WODY									
Nr budynku	Ogólne zużycie wody			Zużycie wody na cele spoż.			Zużycie wody na cele hig.		
	średnie	maksymalne	minimalne	średnie	maksymalne	minimalne	średnie	maksymalne	minimalne
Budynek nr 3	100	117	88	100	126	81	100	119	74
7	100	118	82	100	136	71	100	123	78
7a	100	147	39	100	159	37	100	144	36
Budynek nr 3	100	117	88	23	30	19	77	93	57
7	100	118	82	30	41	21	70	87	55
7a	100	147	39	16	26	6	84	121	30



Rys. 1 Rozkład tygodniowy wskaźników ogólnego zużycia wody w budynku nr 3, 7 i 7a



Rys. 2 Rozkład tygodniowy wskaźników ogólnego zużycia wody w Miliczu, Koźlu i Strzelcach Opolskich

gólnych budynkach w różnych dniach tygodnia. Dokładniejsze wyjaśnienie przyczyn będzie wymagało statystycznego zbadania wpływu innych jeszcze czynników (poza dniami tygodnia) na wielkość dobowego zużycia wody. Rozkład godzinowego zużycia wody w ciągu doby zależy przede wszystkim od rytmu co-

dziennego życia mieszkańców, tj. od pory przygotowania i spożycia posiłków, pracy zawodowej, zajęć domowych, kąpieli, snu itd. Czynności te odbywają się zazwyczaj o podobnej porze dnia wg pewnego porządku. Porządek ten różni się nieco w dni wolne od pracy. Wyniki pomiarów ciągłego zużycia wody wy-

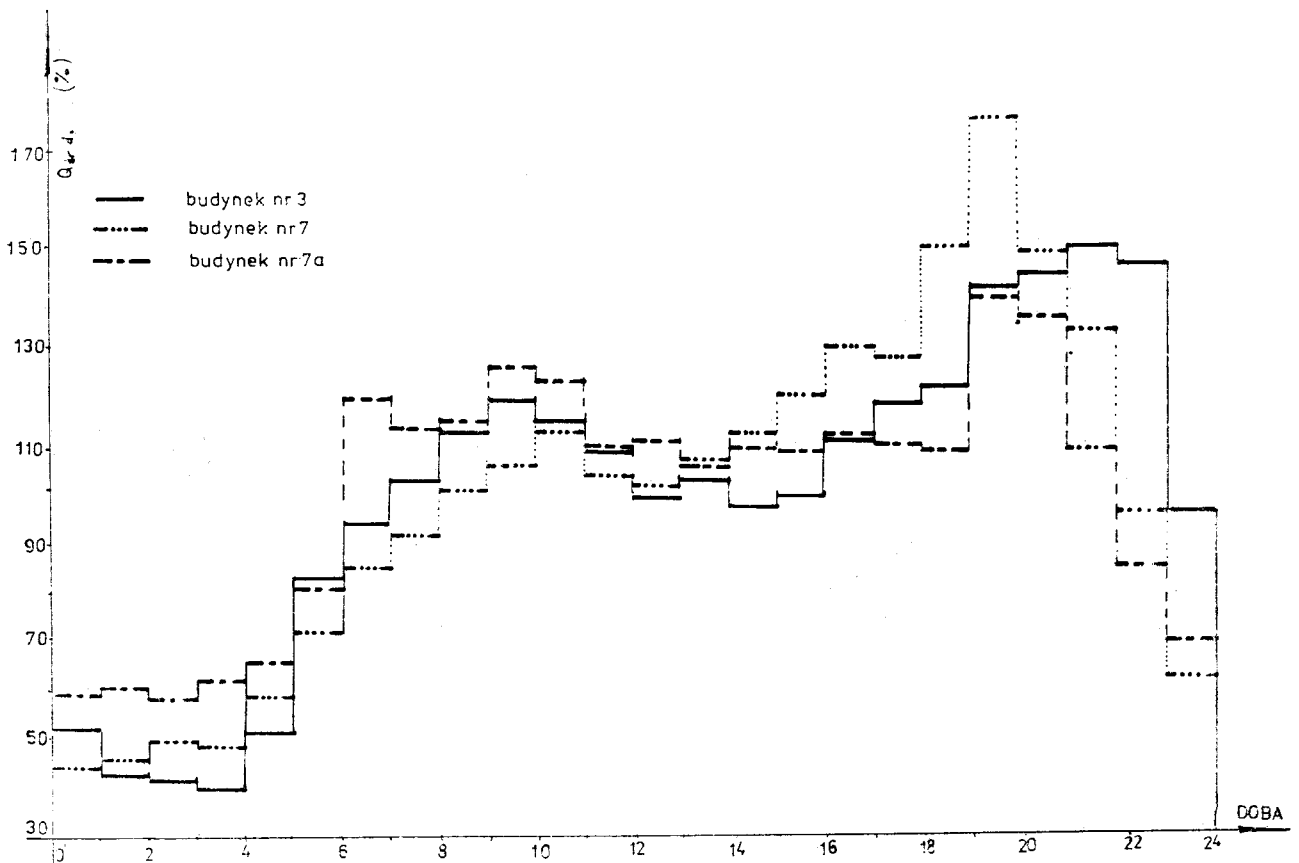
Tabela 4

ROZKŁAD TYGODNIOWY, PROCENTOWYCH WSKAŹNIKÓW ZUŻYCIA DOBOWEGO WODY NA CELE SPOŻYWCZE I HIGIENICZNO-SANITARNE

Dzień tygodnia	Rodzaj zużycia wody	Cele spożywcze			Cele higieniczne		
		Budynek			Budynek		
		3	7	7a	3	7	7a
Procentowe wskaźniki zużycia wody z całego okresu pomiarów	śr.	100	100	100	100	100	100
	max.	137,2	229,2	175,1	129,2	184,3	146,4
	min.	64,5	69,1	41,0	60,8	61,2	37,7
Poniedziałek	śr.	111,6	95,3	74,1	97,6	83,5	94,2
	max.	118,9	101,1	107,0	107,3	106,3	128,8
	min.	107,1	87,9	41,0	84,3	65,6	37,7
Wtorek	śr.	80,5	88,3	91,5	93,6	100,8	105,8
	max.	88,8	113,0	107,4	106,3	128,6	139,6
	min.	68,4	74,5	75,4	71,8	67,1	72,0
Środa	śr.	84,8	80,1	69,1	86,5	98,4	87,5
	max.	95,3	99,5	74,7	105,7	116,0	96,4
	min.	64,5	72,9	63,4	60,8	61,2	78,7
Czwartek	śr.	99,3	112,5	82,3	96,2	120,0	87,0
	max.	125,6	229,4	86,6	115,3	184,3	98,4
	min.	82,6	72,0	77,7	79,4	94,1	75,7
Piątek	śr.	99,6	87,9	100,8	102,7	98,7	115,4
	max.	115,9	106,3	102,5	107,4	131,9	129,8
	min.	86,5	69,5	99,2	98,4	72,8	100,9
Dni przed-święteczne	śr.	93,2	90,4	132,9	110,5	91,7	100,5
	max.	96,2	108,8	175,1	129,2	120,3	146,4
	min.	90,6	69,1	101,7	92,8	64,1	78,2
Dni świąteczne i wolne	śr.	122,7	107,0	112,9	103,5	89,6	107,4
	max.	137,2	139,9	138,0	113,8	106,0	137,8
	min.	107,5	70,6	90,0	93,7	70,7	83,3

korzystano do opracowania wykresów empirycznych rozkładów dobowych godzinowego zużycia wody, odniesionego do zużycia średniego z całego okresu pomiarów. Wartości tego zużycia określone dla każdego budynku oddzielnie i przyjęto za 100%. Na wykresie rys. 3 przedstawiono rozkład godzinowy procentowych wskaźników średniego zużycia wody dla budynków nr 3, 7 i 7a. Wykresy obrazują występowanie w ciągu doby dwóch szczytów zużycia wody: ranny, najczęściej w godz. 9—11 i wieczorny w godzinach 18—22. Zużycie wody w czasie szczytu rannego kształtuje się w wysokości ok. 120% zużycia średniego, a w czasie szczytu wieczornego jest zazwyczaj większe i wynosi przeważnie 140—180% zużycia średniego. Rozkłady godzinowego zużycia wody wykazały niezbicie, że maksymalne godzinowe zużycia, w poszczególnych budynkach nie występują w dniach o maksymalnym zużyciu dobowym i w tej samej godzinie.

Analiza wykresów przedstawionych na rys. 3 wykazuje występowanie znacznych strat wody poprzez nieuszczelnności armatury. W godzinach od 2—4.00 rzeczywiste zużycie wody jest zazwyczaj bliskie zera, natomiast z wykresów wynika, że średnia wartość zużycia wody w tym czasie odpowiada tu 40—60% średniego godzinowego ogólnego zużycia wody. Wskazuje to na znaczne straty wody, które w przekroju dobowym przekraczają prawdopodobnie 30% ilości wody dostarczanej do budynków. Jeśli po-



Rys. 3 Empiryczny rozkład godzinowy procentowych wskaźników średniego zużycia wody

równać pomierzone wielkości zużycia wody z normą zużycia wody, zalecaną przez „Wytyczne do programowania zapotrzebowania wody i ilości ścieków w miejskich jednostkach osadniczych”, która w odniesieniu do podanych badaniom budynków wynosi 300 dm³/d, mk, to można stwierdzić, że „Wytyczne” sankcjonują występowanie nadmiernych strat wody w instalacjach wewnętrznych.

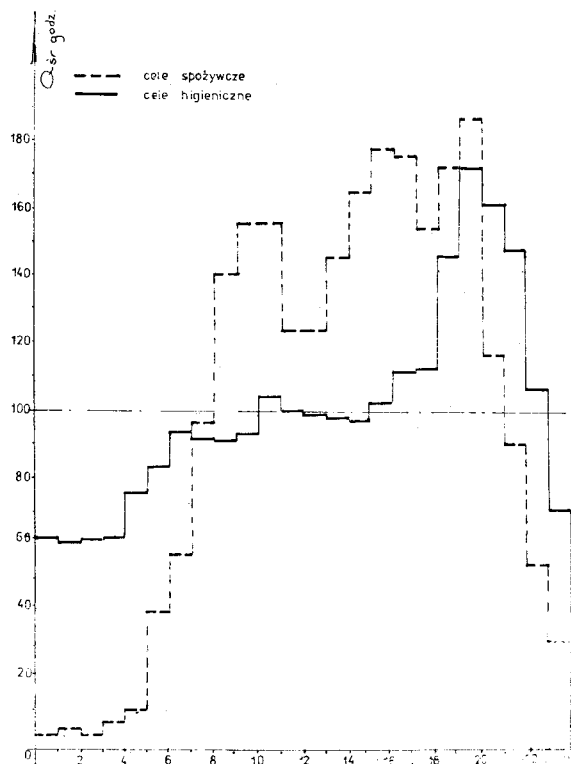
Gdyby spowodować poprawę jakości produkowanej armatury i wprowadzić redukcję nadmiernego ciśnienia to można byłoby znacznie zredukować straty wody, a zużycie jej w budynkach o pełnym standardzie wyposażenia wraz z centralnym zaopatrzeniem w ciepłą wodę nie przekroczyłoby najprawdopodobniej połowy wartości określonej w „Wytycznych”. Zmniejszenie strat wody, które wpływają wyrównująco na zmienność zużycia wody w czasie, spowodowałoby wzrost nierównomierności jej zużycia.

Współczynniki nierównomierności czasowej w odniesieniu do ogólnego zużycia wody mierzonego w budynkach nr 3, 7 i 7a wynoszą:

- budynek nr 3 Ng=2,23
- budynek nr 7 Ng=2,79
- budynek nr 7a Ng=2,26

przy czym współczynniki te obliczone są jako stosunek maksymalnego zużycia godzinowego, w okresie pomiarów do średniego godzinowego z tego samego okresu.

Rozkład godzinowego zużycia wody na cele spożywcze w ciągu doby przebiega nieco inaczej niż rozkład zużycia ogólnego (rys. 4).



Rys. 4 Empiryczny rozkład godzinowy zużycia wody na cele spożywcze i higieniczne w budynku nr 7

Obserwuje się tu również dwa szczyty zużycia wody: ranny, występujący najczęściej w godz. 9—11.00 i popołudniowy — w godz. 15—17.00. Zużycie wody w czasie szczytu rannego kształtuje się w wysokości ok. 160% średniego, a w czasie szczytu południowego wynosi przeważnie 140—180% zużycia średniego, obliczonego dla całego okresu pomiarów. Maksymalne godzinowe zużycia wody nie występują w dniach o maksymalnym zużyciu dobowym. Analiza rozkładu zużycia wody w ciągu doby wykazała, że straty wody poprzez nieszczelności armatury były umiarkowanej wielkości. Jeśli przyjąć, że w godzinach od 2—4.00 rzeczywiste zużycie wody jest bliskie zera, to z wykresów wynika, że średnia wartość zużycia w tym czasie odpowiada 10—15% średniego godzinowego zużycia wody na cele spożywcze. Straty te są tego rzędu iż można przyjąć je za nieuniknione.

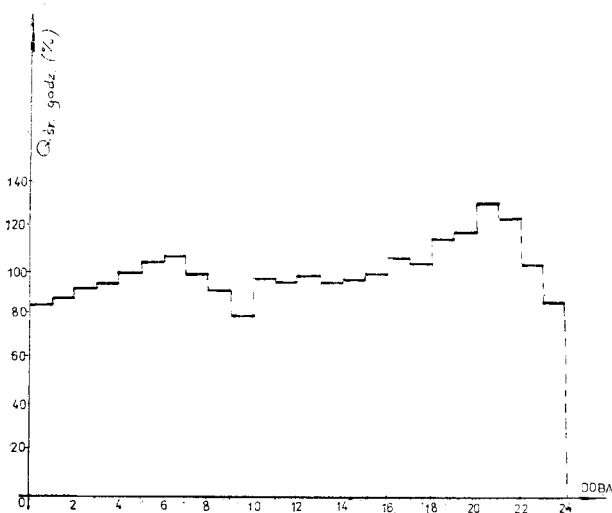
Fakt ten potwierdza analiza godzinowego zużycia wody spożywczej w rozbiciu na wodę zimną i ciepłą. W godzinach od 2—4.00 zużycie wody zimnej wynosiło blisko 0%, natomiast zużycie wody ciepłej na cele spożywcze w godzinach nocnych wynosi ok. 10% średniego. Na występowanie strat wody ciepłej ma niewątpliwie wpływ stosunkowo wysoka jej temperatura (ok. 70°C) oddziaływująca niekorzystnie na stan techniczny armatury ciepłej wody.

Współczynniki nierównomierności godzinowej zużycia wody spożywczej wynoszą:

- budynek nr 3 Ng=3,45
- budynek nr 7 Ng=4,65
- budynek nr 7a Ng=5,15

a zatem są znacznie większe niż współczynniki nierównomierności ogólnego zużycia wody. Rozkład godzinowego zużycia wody o przeznaczeniu higieniczno-sanitarnym różnił się nieco od poprzednio omówionych (rys. 4). Wykazywał występowanie również dwóch szczytów zużycia wody: rannego najczęściej w godz. 6—10.00 i wieczornego w godzinach 19—22.00. Zużycie wody w czasie szczytu rannego wynosiło ok. 100—120% średniego, a w czasie szczytu wieczornego przeważnie 140—170% zużycia średniego. Pomiarzy godzinowego zużycia wody wykazały i w tym przypadku, że maksymalne godzinowe zużycia wody nie występują w dniach o maksymalnym zużyciu dobowym.

Wykresy rozkładu godzinowego zużycia wody na cele higieniczno-sanitarne (rys. 4) wykazują, że średnie zużycie wody w godzinach od 2—4.00 odpowiada 50—70% średniego godzinowego zużycia wody. Natomiast z wykresów rozkładu godzinowego zużycia wody zimnej i ciepłej o przeznaczeniu higieniczno-sanitarnym (rys. 5) wynika, że w godzinach 2—4.00 zużycie wody zimnej wynosi ok. 70—90%, a wody ciepłej 15—35% zużycia średniego godzinowego. Wynika stąd, że głównym źródłem strat (przecieków) wody w budynkach mieszkalnych jest armatura zainstalowana na wodzie zimnej, przeznaczonej do celów higieniczno-sanitarnych. Zmniejszenie tych strat spowo-



Rys. 5 Empiryczny rozkład godzinowy procentowych wskaźników zużycia wody zimnej na cele higieniczne dla budynku nr 7

dawałoby zmniejszenie zużycia wody, a jednocześnie wzrost nierównomierności jej zużycia. Współczynniki nierównomierności czasowej zużycia wody do celów higieniczno-sanitarnych w odniesieniu do budynków 3, 7 i 7a wynoszą:

- budynek nr 3 $N_g=2,56$
- budynek nr 7 $N_g=2,83$
- budynek nr 7a $N_g=2,47$

Wnioski końcowe

1. Według przeprowadzonych badań ogólne zużycie wody w budynkach wynosiło 168,7—181,0 dm³/d. mk.
2. Duży wpływ na zużycie wody mają straty wody spowodowane złą jakością instalowanej armatury, a w szczególności spłuczek ustępowych (dolnopłuki), niska cena wody (wielokrot-

nie niższa od kosztów jej dostarczenia). Zaniechanie pomiarów zużycia w budynkach mieszkalnych.

3. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że woda dostarczona do budynków wielorodzinnych zużywana jest:

- na cele spożywcze w 25—30%
- na cele sanitarne w 75—70%

4. Maksymalne godzinowe zużycie wody nie występuje w dniach o największym dobowym zużyciu.

5. W ciągu doby występują dwa szczyty zużycia wody, w godzinach rannych, najczęściej od 9—11.00 (ok. 120%) i w godzinach wieczornych od 18—22.00 (140—180% średniego godzinowego zużycia wody).

We wstępnej analizie wyników pomiarów pominięto wpływ czynników meteorologicznych i innych. Zagadnienia te są przedmiotem dalszych badań, mających na celu budowę modelu matematycznego zużycia wody w wielorodzinnych budynkach i osiedlach mieszkalnych dla potrzeb projektowania i sterowania systemami zaopatrzenia w wodę.

LITERATURA

1. J. JANCZEWSKI, Wł. E. MIELCARZEWICZ: Zbadanie struktury zużycia wody w aglomeracjach miejsko-przemysłowych z punktu widzenia wymaganej jakości wody oraz rozmieszczenia różnych grup zużycia wody na obszarach wybranych aglomeracji. Raport SPR nr 20/79 IIOŚ Politechniki Wrocławskiej.
2. E. Wł. MIELCARZEWICZ, Zb. SIWOŃ: Badania wielkości i nierównomierności zużycia wody w miastach, osiedlach i budynkach mieszkalnych. **Materiały na I Zjazd Wodociągowców Polskich „Polwod”-78**, Łódź 1978.
3. Zb. SIWOŃ: Opracowanie metod prognozowania zapotrzebowania na wodę w aglomeracji miejsko-przemysłowej. Raport nr 6/80 IIOŚ Politechniki Wrocławskiej.
4. B. TKACZUKOWA: Zużycie, nierównomierność i straty wody w gospodarstwach domowych. **Zeszyty Naukowe IGK nr 35**, Warszawa 1973 r.