



Politechnika Wrocławska

WYBRANE ZAGADNIENIA Z WODOCIĄGÓW

Mgr inż. Katarzyna Wartalska



Spis treści

1. Wstęp
 - 1.1. Przedmiot opracowania
 - 1.2. Podstawa opracowania
 - 1.3. Zakres opracowania
 - 1.4. Wykorzystane materiały
 - 1.5. Opis obszaru objętego opracowaniem
2. Obliczenia charakterystycznych rozbiorów wody
3. Obliczenia rozbiorów z węzłów i odcinków
4. Obliczenia wydajności pompowni drugiego stopnia oraz zbiornika sieciowego
5. Opracowanie schematów rozbiorów wody oraz założenie przepływów wody przy maksymalnym i minimalnym rozbiorze godzinowym
6. Dobór średnic przewodów wodociągowych
7. Obliczenia hydrauliczne sieci wodociągowej przed doborem pomp
 - 7.1. Obliczenia hydrauliczne sieci wodociągowej dla maksymalnego godzinowego zapotrzebowania na wodę (Q_{maxh})
 - 7.2. Obliczenia hydrauliczne sieci wodociągowej dla minimalnego godzinowego zapotrzebowania na wodę (Q_{minh})
8. Analiza obliczeń hydraulicznych sieci wodociągowej
9. Podział sieci wodociągowej na strefy w oparciu o wykres linii ciśnień



Spis treści

- 10. Dobór pomp w pompowni drugiego stopnia
 - 10.1. Obliczenia wysokości podnoszenia pomp dla założonych strat wysokości ciśnienia w pompowni
 - 10.2. Dobór pomp
 - 10.3. Dobór średnic przewodów ssawnych oraz tłocznych w pompowni
 - 10.4. Obliczenia rzeczywistych strat wysokości ciśnienia w pompowni
 - 10.5. Obliczenia wysokości podnoszenia pomp z uwzględnieniem obliczonych rzeczywistych strat wysokości ciśnienia w pompowni
- 11. Obliczenia hydrauliczne sieci wodociągowej po doborze pomp
 - 11.1. Obliczenia hydrauliczne sieci wodociągowej dla maksymalnego godzinowego zapotrzebowania na wodę (Q_{maxh})
 - 11.2. Obliczenia hydrauliczne sieci wodociągowej dla minimalnego godzinowego zapotrzebowania na wodę (Q_{minh})
- 12. Opis techniczny
 - 12.1. Opis przyjętych rozwiązań technicznych
 - 12.2. Sieć wodociągowa
 - 12.3. Uzbrojenie sieci wodociągowej
 - 12.4. Pompownia drugiego stopnia
 - 12.5. Zbiornik sieciowy



Spis tabel

Tabela 1. Zestawienie rozbiorów węzłowych i odcinkowych dla miejscowości A i B

Tabela 2. Zestawienie przepływów obliczeniowych, dobranych średnic oraz spadków hydraulicznych na odcinkach sieci wodociągowej

Tabela 3. Obliczenia hydrauliczne sieci wodociągowej metodą Crossa dla maksymalnego godzinowego zapotrzebowania na wodę (Q_{maxh}) przed doбором pomp

Tabela 4. Obliczenia hydrauliczne sieci wodociągowej metodą Crossa dla minimalnego godzinowego zapotrzebowania na wodę (Q_{minh}) przed doбором pomp

Tabela 5. Strefowanie sieci wodociągowej

Tabela 6. Zestawienie ciśnień obliczonych oraz obniżonych dla rozbioru Q_{maxh} oraz Q_{minh} po zastosowaniu zaworu redukcyjnego (pompowni strefowej)

lub

Tabela 6. Zestawienie ciśnień obliczonych oraz podwyższonych dla rozbioru Q_{maxh} oraz Q_{minh} po zastosowaniu pompowni strefowej

Tabela 7. Zestawienie wartości przyjętych do obliczenia strat wysokości ciśnienia w pompowni

Tabela 8. Zestawienie współrzędnych charakterystyki pojedynczej pompy oraz całej pompowni

Tabela 9. Obliczenia hydrauliczne sieci wodociągowej metodą Crossa dla maksymalnego godzinowego zapotrzebowania na wodę (Q_{maxh}) po doborze pomp

Tabela 10. Obliczenia hydrauliczne sieci wodociągowej metodą Crossa dla minimalnego godzinowego zapotrzebowania na wodę (Q_{minh}) po doborze pomp



Spis rysunków

Rys. 1. Schemat obliczeniowy sieci wodociągowej dla maksymalnego godzinowego zapotrzebowania na wodę ($Q_{\max h}$) dla przepływów założonych i wyrównanych przed doбором pomp

Rys. 2. Schemat obliczeniowy sieci wodociągowej dla minimalnego godzinowego zapotrzebowania na wodę ($Q_{\min h}$) dla przepływów założonych i wyrównanych przed doбором pomp

Rys. 3. Schemat połączeń rurociągów w pompowni drugiego stopnia.

Rys. 4. Wykres doboru pomp w pompowni drugiego stopnia wraz z charakterystyką sieci wodociągowej

Rys. 5. Schemat obliczeniowy sieci wodociągowej dla maksymalnego godzinowego zapotrzebowania na wodę ($Q_{\max h}$) dla przepływów założonych i wyrównanych po doborze pomp

Rys. 6. Schemat obliczeniowy sieci wodociągowej dla minimalnego godzinowego zapotrzebowania na wodę ($Q_{\min h}$) dla przepływów założonych i wyrównanych po doborze pomp

Rys. 7. Wykres linii ciśnienia w sieci wodociągowej dla maksymalnego ($Q_{\max h}$) i minimalnego ($Q_{\min h}$) godzinowego zapotrzebowania na wodę. Skala 1:500/10000

Rys. 8. Plan sytuacyjny sieci wodociągowej. Skala 1:10000



Wykorzystane materiały

- Gabryszewski T.: Wodociągi. Arkady, Warszawa 1983
- Szpindor A.: Zaopatrzenie w wodę i kanalizacja wsi. Arkady, Warszawa 1998
- Mielcarzewicz E.W.: Obliczanie systemów zaopatrzenia w wodę. Arkady, Warszawa 2000
- Knapik K., Bajer J.: Wodociągi. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2011
- Gabryszewski T., Wieczysty A.: Ujęcia wód podziemnych. Arkady, Warszawa 1985
- Siwoń Z.: Stochastyczne modelowanie procesu zużycia wody i prognozowanie zapotrzebowania na wodę w miastach. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1986
- Nietacny M.: Uderzenia hydrauliczne w systemach wodociągowych. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2005
- Osuch-Pajdzińska E., Roman M.: Sieci i obiekty wodociągowe. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008
- Siwoń Z., Łomotowski J., Cieżak W., Licznar P., Cieżak J.: Analizy i prognozowanie rozborów wody w systemach wodociągowych. PAN, Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej, Instytut PPT, Warszawa 2008
- Kwietniewski M., Olszewski W., Osuch-Pajdzińska E.: Projektowanie elementów systemu zaopatrzenia w wodę. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009



2. Obliczenia charakterystycznych rozbiorów wody

Obliczeń charakterystycznych rozbiorów wody dokonano w oparciu o dane zawarte w temacie ćwiczenia projektowego.

Miejscowość A:

Średnie dobowe zapotrzebowanie na wodę :

$$Q_{\text{śrd}}(A) = 2780,0 \text{ m}^3/\text{d}$$

Maksymalne dobowe zapotrzebowanie na wodę :

$$Q_{\text{maxd}}(A) = Q_{\text{śrd}}(A) \cdot N_d(A) = 2780,0 \cdot 1,67 = 4642,6 \text{ m}^3/\text{d}$$

gdzie:

N_d - współczynnik nierównomierności dobowej; $N_d(A) = 1,67$

Maksymalne godzinowe zapotrzebowanie na wodę :

$$Q_{\text{maxh}}(A) = 290,0 \text{ m}^3/\text{h} = 80,6 \text{ dm}^3/\text{s}$$

Minimalne godzinowe zapotrzebowanie na wodę:

$$Q_{\text{minh}}(A) = \%min \cdot Q_{\text{śrd}}(A), \quad \text{m}^3/\text{h}$$

gdzie:

$\%min$ - najmniejszy % rozbioru godzinowego w dobie o maksymalnym zużyciu; $\%min(A) = 1,53\%$

$$Q_{\text{minh}}(A) = 0,01 \cdot 1,53 \cdot 2780,0 = 42,5 \text{ m}^3/\text{h} = 11,8 \text{ dm}^3/\text{s}$$

Te same obliczenia należy przeprowadzić również dla miejscowości B.



Razem miejscowość A i B:

Średnie dobowe zapotrzebowanie na wodę :

$$Q_{\text{śrd}}(A + B) = 2780,0 + 14300,0 = 17080,0 \text{ m}^3/d$$

Maksymalne dobowe zapotrzebowanie na wodę :

$$Q_{\text{maxd}}(A + B) = 4642,6 + 21450,0 = 26092,6 \text{ m}^3/d$$

Maksymalne godzinowe zapotrzebowanie na wodę :

$$Q_{\text{maxh}}(A + B) = 80,6 + 411,1 \text{ m}^3/h = 491,7 \text{ dm}^3/s$$

Minimalne godzinowe zapotrzebowanie na wodę :

$$Q_{\text{minh}}(A + B) = 11,8 + 59,2 = 71,0 \text{ dm}^3/s$$



3. Obliczenia rozbiorów z węzłów i odcinków

Na podstawie procentowych rozbiorów z węzłów i odcinków przedstawionych na schemacie sieci wodociągowej, obliczono rzeczywiste rozbiory wody wyrażone w dm^3/s . Wyniki tych obliczeń zestawiono dla miejscowości A w tabeli 1., zaś dla miejscowości B w tabeli 2.

Rozbiory węzłowe oraz odcinkowe naniesiono na schematy obliczeniowe sieci wodociągowej (rys. 1 i 2).

Tabela 1. Zestawienie rozbiorów węzłowych i odcinkowych dla miejscowości A.

Węzeł lub odcinek	% rozbioru	Rozbiory przy:	
		Q_{maxh}	Q_{minh}
7	14	11,3	1,6
7-9	17	13,7	2,0
9	8	6,5	0,9
7-8	15	12,1	1,8
8	4	3,2	0,5
7-10	12	9,7	1,4
10	6	4,8	0,7
10-11	6	4,8	0,7
11	9	7,3	1,1
11-12	4	3,2	0,5
12	5	4,0	0,6
RAZEM	100	80,6	11,8

Analogiczna tabela dla miejscowości B.



4. Obliczenia wydajności pompowni drugiego stopnia oraz zbiornika sieciowego

Przyjęto czas pracy pompowni II stopnia $T_p = 24$ h/d.

Średnia wydajność pompowni :

$$Q_{p\acute{s}r} = \frac{Q_{maxd(A+B)}}{T_p} = \frac{26092,6}{24} = 1087,2 \text{ m}^3/\text{h} = 302,0 \text{ dm}^3/\text{s}$$

Maksymalna wydajność pompowni w czasie rozbioru maksymalnego godzinowego:

$$Q_{pmax} = 1,1 \cdot Q_{p\acute{s}r} = 1,1 \cdot 302,0 = 332,2 \text{ dm}^3/\text{s}$$

Minimalna wydajność pompowni w czasie rozbioru minimalnego godzinowego:

$$Q_{pmin} = 0,9 \cdot Q_{p\acute{s}r} = 0,9 \cdot 302,0 = 271,8 \text{ dm}^3/\text{s}$$

W czasie rozbioru Q_{maxh} woda wypływać będzie ze zbiornika sieciowego w ilości:

$$Q_Z = Q_{maxh(A+B)} - Q_{pmax} = 491,7 - 332,2 = 159,5 \text{ dm}^3/\text{s}$$

W czasie rozbioru Q_{minh} woda będzie dopływać do zbiornika sieciowego w ilości:

$$Q_Z = Q_{pmin} - Q_{minh(A+B)} = 271,8 - 71,0 = 200,8 \text{ dm}^3/\text{s}$$



5. Opracowanie schematu rozbiorów wody oraz założenie przepływów wody przy maksymalnym i minimalnym rozbiorze godzinowym

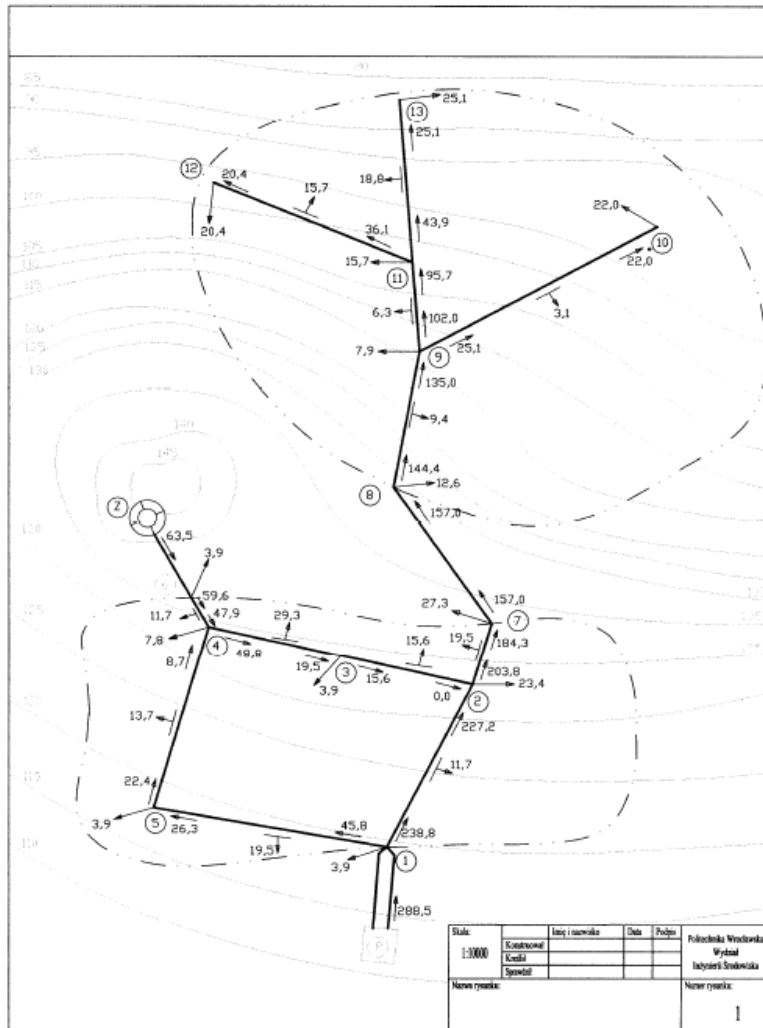
Wykorzystując dane z rozdziałów 3 oraz 4 opracowano schematy rozbiorów wody oraz założono przepływy w sieci wodociągowej przy maksymalnym i minimalnym rozbiorze godzinowym.

Na schematach przyjęto dodatni ruch wody w pierścieniach zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Kierunek przepływu wody oznaczono strzałkami.

Schematy rozbiorów wraz z przepływami przedstawiono na rys. 1 oraz rys. 2.



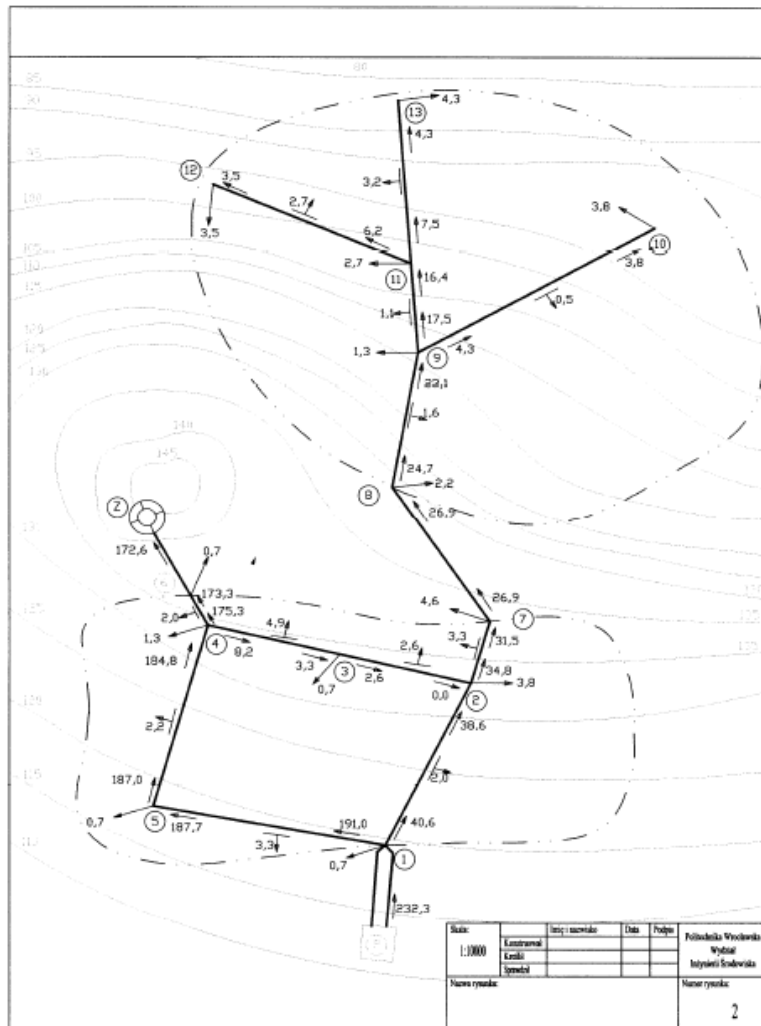
5. Opracowanie schematów rozbiorów wody oraz założenie przepływów wody przy maksymalnym i minimalnym rozbiorze godzinowym



Rys. 1. Schemat obliczeniowy sieci wodociągowej dla maksymalnego godzinowego zapotrzebowania na wodę (Q_{maxh}) dla przepływów założonych i wyrównanych przed doborem pomp



5. Opracowanie schematów rozbiorów wody oraz założenie przepływów wody przy maksymalnym i minimalnym rozbiorze godzinowym



Rys. 2. Schemat obliczeniowy sieci wodociągowej dla minimalnego godzinowego zapotrzebowania na wodę ($Q_{\min h}$) dla przepływów założonych i wyrównanych przed doбором pomp



6. Dobór średnic przewodów wodociągowych

Wyniki obliczeń przedstawione w punkcie 3. naniesiono na schematy obliczeniowe sieci wodociągowej (rys. 1 i 2), a następnie obliczono wartości natężenia przepływu wody w poszczególnych odcinkach. W oparciu o te przepływy dokonano doboru średnic przewodów, które przedstawiono w tabeli 3.

Obliczone (miarodajne) natężenie przepływu wody odcinkiem przewodu wynosi:

$$Q_{obl} = Q_k + \alpha \cdot q$$

gdzie:

Q_k - natężenie przepływu wody na końcu odcinka obliczeniowego, $\frac{dm^3}{s}$

q - rozbiór wody na odcinku, $\frac{dm^3}{s}$

α - współczynnik zależny od rodzaju sieci, -; ($\alpha=0,5-0,6$), przyjęto $\alpha=0,55$.



6. Dobór średnic przewodów wodociągowych

Średnice przewodów dobrano na podstawie nomogramu dla rur z PE SDR 17. Średnice przewodów zostały dobrane dla większego przepływu obliczeniowego (który w tabeli został wpisany pogrubioną czcionką), w taki sposób, aby prędkość przepływu wody była ekonomiczna i wynosiła:

- dla $d \leq 300\text{mm}$ $v = 0,6\text{--}0,9$ m/s
- dla $d > 300\text{mm}$ $v = 0,9\text{--}1,5$ m/s

Średnice należy dobierać na prędkości zbliżone do prędkości maksymalnych w poszczególnych przedziałach.



6. Dobór średnic przewodów wodociągowych

Tabela 3. Zestawienie przepływów obliczeniowych, dobranych średnic oraz spadków hydraulicznych na odcinkach sieci wodociągowej.

Odcinek	Przepływy przy Q_{maxh} , dm^3/s					Przepływy przy Q_{minh} , dm^3/s					d	v	i	l
	Q_{pocz}	$Q_{końc}$	q	$0,55 \cdot q$	Q_{obl}	Q_{pocz}	$Q_{końc}$	q	$0,55 \cdot q$	Q_{obl}	mm	m/s	‰	m
P-1	166,1	166,1	0,0	0,0	166,1	135,9	135,9	0,0	0,0	135,9	450	1,37	3,25	380
P-1	166,1	166,1	0,0	0,0	166,1	135,9	135,9	0,0	0,0	135,9	450	1,37	3,25	380
1-Zb	159,5	159,5	0,0	0,0	159,5	200,8	200,8	0,0	0,0	200,8	500	1,35	2,75	525
1-2	216,2	158,7	57,5	31,6	190,3	29,8	21,5	8,3	4,6	26,1	500	1,28	2,55	900
2-3	125,8	101,1	24,7	13,6	114,7	16,8	13,2	3,6	2,0	15,2	400	1,21	2,95	605
3-4	72,3	51,7	20,6	11,3	63,0	9,1	6,1	3,0	1,7	7,8	315	1,08	3,08	405
5-4	86,4	70,0	16,4	9,0	79,0	14,0	11,6	2,4	1,3	12,9	315	1,32	4,60	665
6-5	185,0	131,6	53,4	29,4	161,0	28,2	20,5	7,7	4,2	24,7	450	1,35	3,17	400
1-6	254,9	217,9	37,0	20,4	238,3	38,2	32,9	5,3	2,9	35,8	560	1,25	2,11	515
4-7	80,6	80,6	0,0	0,0	80,6	11,8	11,8	0,0	0,0	11,8	315	1,35	4,90	835
7-8	15,3	3,2	12,1	6,7	9,9	2,3	0,5	1,8	1,0	1,5	140	0,83	5,51	410
7-9	20,2	6,5	13,7	7,5	14,0	2,9	0,9	2,0	1,1	2,0	180	0,72	3,13	520
7-10	33,8	24,1	9,7	5,3	29,4	5,0	3,6	1,4	0,8	4,4	250	0,77	2,39	780
10-11	19,3	14,5	4,8	2,6	17,1	2,9	2,2	0,7	0,4	2,6	180	0,87	4,30	155
11-12	7,2	4,0	3,2	1,8	5,8	1,1	0,6	0,5	0,3	0,9	140	0,49	2,11	345