



Politechnika Wroclawska

**GOSPODARKA WODNA W  
PRZEMYŚLE - PROJEKT**

**Dr inż. Aleksandra Sambor**





# Literatura

## LITERATURA

1. Edward Wł. Mielcarzewicz.: *Gospodarka wodno-ściekowa w zakładach przemysłowych*. Cz. I, II. Skrypt Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1974.
2. Edward Wł. Mielcarzewicz.: *Gospodarka wodno-ściekowa w zakładach przemysłowych*. PWN, Warszawa 1986.
3. Halina Hotłoś: *Badania zmian poboru wody w wybranych miastach Polski w latach 1990-2008*. *Ochrona Środowiska*, 2010, 32(3), 39-42.
4. Halina Hotłoś: *Quantity and availability of freshwater resources: the world-Europe-Poland*. *Environment Protection Engineering*, 2008, 34(2), 67-77.



# Literatura

5. Ustawa „*Prawo wodne*” z dnia 18 lipca 2001 r. Dziennik Ustaw R.P. Nr 115, poz. 1229, Warszawa 2001
6. Główny Urząd Statystyczny: *roczniki statystyczne z ostatnich lat*.
7. J. Bartkowska, A. J. Królikowski, M. Orzechowska: *Gospodarka wodno-ściekowa w zakładach przemysłowych. Materiały do ćwiczeń audytoryjnych i projektowych*. Wyd. Polit. Białostockiej, Białystok 1991.
8. Praca zbiorowa: *Gospodarka wodna i ściekowa w zakładach przemysłowych*. Arkady, Warszawa 1973.
9. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 VII 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych. Dziennik Ustaw Nr 124 poz. 1030



# Spis treści

1. Wprowadzenie
  - 1.1. Przedmiot opracowania
  - 1.2. Podstawa opracowania
  - 1.3. Zakres opracowania
  - 1.4. Wykorzystane materiały
2. Charakterystyka zakładu i opis technologii produkcji
3. Obliczenia zapotrzebowania na wodę do celów przemysłowych i ilości ścieków poprodukcyjnych
  
4. Wybór modelu gospodarki wodno-ściekowej
  - 4.1. Na podstawie kryterium Koniuszkowa
  - 4.2. Na podstawie opisu technologii produkcji oraz bilansu wody i ścieków
  - 4.3. Uzasadnienie i opis rozwiązania przyjętego systemu
  
5. Obliczenia wydajności ujęcia wody świeżej (ilości wody dodatkowej) w modelu obiegowym



# Spis treści

- 6. Dobór i obliczenia urządzenia do chłodzenia wody obiegowej
  - 7. Obliczenia systemu doprowadzającego wodę do wydziałów produkcyjnych
    - 7.1. Obliczenia hydrauliczne sieci wodociągowej
    - 7.2. Obliczenia parametrów pracy pompowni II stopnia (PII°)
  - 8. Obliczenia odległości między przewiązkami na przewodach doprowadzających wodę z ujęcia do zakładu
    - 8.1. Dobór przewodów doprowadzających wodę do zakładu
    - 8.2. Dobór pomp w pompowni I stopnia (P°)
    - 8.3. Obliczenia odległości między przewiązkami
    - 8.4. Określenie rzeczywistych punktów pracy pompowni PI° w czasie normalnej i awaryjnej pracy
    - 8.5. Obliczenia rzędnych linii ciśnienia w systemie doprowadzającym wodę do zakładu w czasie pracy normalnej i awaryjnej
  - 9. Opis techniczny
- Spis tabel
- Spis rysunków



### 3. Obliczenia zapotrzebowania na wodę do celów przemysłowych i ilości ścieków poprodukcyjnych

- **Średnie godzinowe zapotrzebowanie na wodę**

$$Q_{\text{srh}} = P \cdot q_j, \text{ m}^3/\text{h}$$

$P$  – średnia godzinowa wielkość produkcji, j.p.

$q_j$  – jednostkowy wskaźnik zużycia wody,  $\text{m}^3/\text{j.p.}$

- **Maksymalne godzinowe zapotrzebowanie na wodę**

$$Q_{\text{maxh}} = Q_{\text{srh}} \cdot N_g, \text{ m}^3/\text{h}$$

$N_g$  – współczynnik nierównomierności godzinowej zużycia wody, -



### 3. Obliczenia zapotrzebowania na wodę do celów przemysłowych i ilości ścieków poprodukcyjnych

- **Zużycie i straty wody w procesie produkcji ( $S_p$ )**

$$S_p = (W_p \cdot Q_{\text{śrh}}) / 100, \text{ m}^3/\text{h}$$

$W_p$  – wskaźnik procentowy zużycia i strat wody w procesie produkcji, %

- **Straty wody – odprowadzenie do kanalizacji ( $S_k$ )**

$$S_k = (W_k \cdot Q_{\text{śrh}}) / 100, \text{ m}^3/\text{h}$$

$W_k$  – wskaźnik procentowy strat wody na odprowadzenie do kanalizacji, %



### 3. Obliczenia zapotrzebowania na wodę do celów przemysłowych i ilości ścieków poprodukcyjnych

- Zużycie i straty wody sumaryczne (S)

$$S = S_p + S_k, \text{ m}^3/\text{h}$$

- Średni godzinowy odpływ ścieków (wód zwrotnych)

$$Q_{\text{srho}} = Q_{\text{srh}} - S, \text{ m}^3/\text{h}$$

- Maksymalny godzinowy odpływ ścieków (wód zwrotnych)

$$Q_{\text{maxho}} = Q_{\text{maxh}} - S, \text{ m}^3/\text{h}$$

**Uwaga:** przykładowe obliczenia parametrów należy podać dla jednego wybranego wydziału produkcyjnego, zaś całość obliczeń zestawić w tabeli 1





# 3. Obliczenia zapotrzebowania na wodę do celów przemysłowych i ilości ścieków poprodukcyjnych

Tabela 1. Bilans wody i ścieków poprodukcyjnych dla .....(pełna nazwa zakładu)

<sup>1)</sup> Pomijaj kolumny, jeśli  $Q_{\text{srh}}$  jest podane

Nr obiektu	Nazwa obiektu	Produkcja <sup>1)</sup>		Wskaźnik zużycia wody <sup>1)</sup> $q_j$	Średnie godzinowe zapotrzeb. na wodę $Q_{\text{srh}}$	Współczynnik $N_g$	Maksym. godzinowe zapotrzeb. na wodę $Q_{\text{maxh}}$	Zużycie i straty wody					Odpływ wód zużytych		Wymagania technologiczne dotyczące wody zasilającej odbiorców			Jakość wody powrotnej (odpływ. z wydziałów)
		Jednostka produkcji	Średnia godzinowa					w procesie produkcji		„odprowadzenie do kanalizacji”		razem $S = S_p + S_k$	średni godz. $Q_{\text{srh o}}$	maks. godz. $Q_{\text{maxh o}}$	przeznaczenie wody	wymagana jakość wody	wymagane ciśnienie	
								$W_p$	$S_p$	$W_k$	$S_k$							
-	-	-	j.p.	$\text{m}^3/\text{j.p.}$	$\text{m}^3/\text{h}$	-	$\text{m}^3/\text{h}$	%	$\text{m}^3/\text{h}$	%	$\text{m}^3/\text{h}$	$\text{m}^3/\text{h}$	$\text{m}^3/\text{h}$	-	-	m npt	-	
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
		RAZEM				----		----		----				----		----		----

czysta, uzdatniona



## 4.1. Wybór modelu gospodarki wodno-ściekowej na podstawie kryterium Koniuszkowa

- $H_t$  - wysokość geometryczna podnoszenia pomp, m

$$H_t = R_t - RSW, \text{ m}$$

$R_t, RSW$  – rzędne terenu i zwierciadła średniej wody w ujęciu, m npm

- $\Delta h$  - liniowe straty ciśnienia w przewodach doprowadzających wodę do zakładu, m

$$\Delta h = i \cdot L/1000, \text{ m}$$

$i$  – spadek hydrauliczny, ‰

$L$  – długość przewodów, m



## 4.1. Wybór modelu gospodarki wodno-ściekowej na podstawie kryterium Koniuszkowa

- Założono, że całe zapotrzebowanie na wodę dla zakładu będzie pokrywane z wody świeżej.

$$Q = \sum Q_{\max h}$$

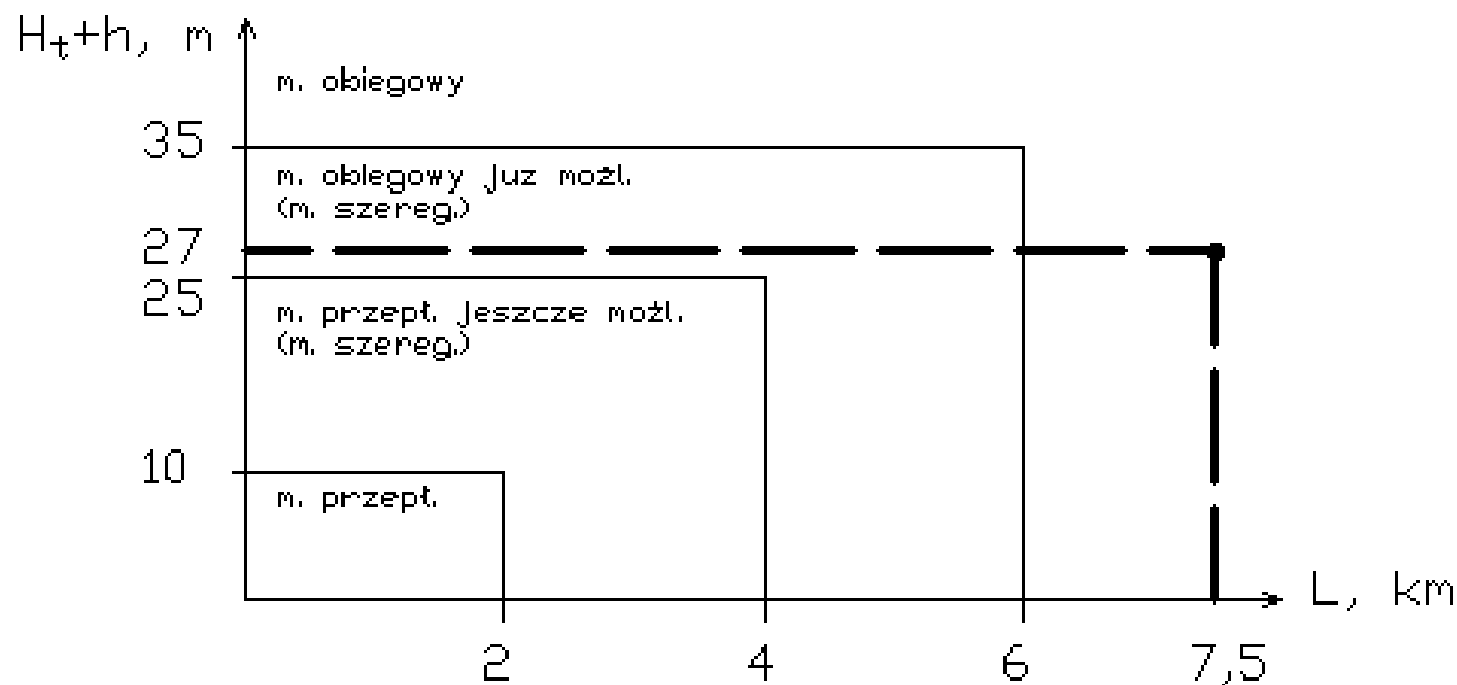
- Założono, że woda z ujęcia będzie doprowadzana do zakładu 2 przewodami połączonymi równolegle.

$$Q_1 = \frac{\sum Q_{\max h}}{2}$$

- Średnice rurociągów określono na podstawie nomogramu dla przewodów żeliwnych i stalowych z wewnętrzną wykładziną cementową ( $k = 0,4 \text{ mm}$ ).



## 4.1. Wybór modelu gospodarki wodno-ściekowej na podstawie kryterium Koniuszkowa





## 5. Obliczenia wydajności ujęcia wody świeżej (ilości wody dodatkowej) dla odbiorców zasilanych w modelu obiegowym

- $q_d = p_1 + p_2 + p_3, \text{ m}^3/\text{h}$

- **Straty wody obiegowej wskutek parowania –  $p_1$**

$$p_1 = p_1' + p_1'', \text{ m}^3/\text{h}$$

$p_1'$  – straty wody u odbiorców w procesie produkcji,  $\text{m}^3/\text{h}$

$p_1''$  – straty wody w urządzeniu chłodzącym,  $\text{m}^3/\text{h}$

- $p_1'' = (n \cdot \Delta t \cdot Q_{\text{srch}})/100, \text{ m}^3/\text{h}$

$n$  – współczynnik klimatyczny

**$n = 0,16$  lato**

$n = 0,12$  wiosna, jesień

$n = 0,08$  zima

$\Delta t$  – strefa chłodzenia urządzenia chłodzącego,  $^{\circ}\text{C}$  (5-15  $^{\circ}\text{C}$ )

$Q_{\text{srch}}$  – średnie godzinowe natężenie dopływu wody ciepłej do urządzenia chłodzącego,  $\text{m}^3/\text{h}$



## 5. Obliczenia wydajności ujęcia wody świeżej (ilości wody dodatkowej) dla odbiorców zasilanych w modelu obiegowym

- **Inne straty wody obiegowej (poza parowaniem) i jej zużycie bezzwrotne**  
–  $p_2$
- $p_2 = p_2' + p_2''$ , m<sup>3</sup>/h

$p_2'$  – zużycie wody w produkcji, przecieki przez nieszczelności w urządzeniach produkcyjnych, ilość wody odprowadzanej z obiegu na pokrycie potrzeb użytkowników spoza obiegu (np. dla odbiorców w modelu przepływowym), straty i zużycie wody w dodatkowych urządzeniach – odnowy wody technologicznej ( $q_{oś}$ ) itp.

- $q_{oś}$  należy przyjąć równe 3-5% średniego godzinowego natężenia dopływu wody zwrotnej ( $Q_{śrhoś}$ ) do zakładu odnowy wody (oczyszczalni ścieków)

$$q_{oś} = (0,03-0,05)Q_{śrhoś}$$



## 5. Obliczenia wydajności ujęcia wody świeżej (ilości wody dodatkowej) dla odbiorców zasilanych w modelu obiegowym

- $p_2''$  – straty w urządzeniu chłodzącym spowodowane unoszeniem (przez wiatr) rozdeszczonej wody poza urządzenie:

- $p_2'' = A \cdot Q_{\text{srch}}/100, \text{ m}^3/\text{h}$

$A = 1,5 - 3,5\%$  małe baseny rozbryzgowo ( $Q \leq 400 \text{ m}^3/\text{h}$ )

$A = 1,0 - 2,5\%$  średnie i duże baseny rozbryzgowo

$A = 1,0 - 3,0\%$  chłodnie otwarte rozbryzgowo

$A = 0,5 - 1,0\%$  chłodnie wieżowe (kominowe) o  $Fa \leq 150 \text{ m}^2$

$A = 0,5\%$  chłodnie wieżowe (kominowe) o  $Fa > 150 \text{ m}^2$

$A = 0,25 - 0,5\%$  chłodnie wentylatorowe

- **Całkowite straty wody w urządzeniu chłodzącym:**

$$Q_{\text{ch}} = p_1'' + p_2''$$



## 5. Obliczenia wydajności ujęcia wody świeżej (ilości wody dodatkowej) dla odbiorców zasilanych w modelu obiegowym

- Ilość wody usuwanej z systemu w celu odświeżenia wody obiegowej -  $p_3$
- $p_3 = p_1[a_d/(a_{ob} - a_d)] - p_2, m^3/h$

$a_d$  – twardość węglanowa wody dodatkowej (6-9 °n)

$a_{ob}$  - twardość węglanowa wody obiegowej (12-15 °n)

jeśli to  $p_3 \leq 0$ , to należy przyjąć  $p_3 = 0$





## Tabela 2. Zestawienie strat i zużycia wody u odbiorców w modelu obiegowym

Numer obiektu	Nazwa obiektu	Straty i zużycie wody w procesie produkcji			„Odprowadzenie do kanalizacji” $p_2$	Straty i zużycie wody ogółem		
		wskutek parowania $p_1$	inne $p_2$	razem		$p_1$	$p_2$	ogółem ( $p_1+p_2$ )
-	-	m <sup>3</sup> /h						
1								
2								
3								
Razem wydziały produkcyjne		( $p_1'$ )	( $p_2'$ )		( $p_2'$ )			
Oczyszczalnia ścieków		-	( $p_2'$ )		-			
Urządzenie chłodzące		( $p_1''$ )	( $p_2''$ )		-			
OGÓŁEM		( $p_1$ )						



## 6. Dobór i obliczenia urządzenia do chłodzenia wody obiegowej

- **Powierzchnia aktywna urządzenia chłodzącego**

- $F_a = Q_{\max hch} / q_h, m^2$

$Q_{\max hch}$  - maksymalne godzinowe natężenie dopływu wody do urządzenia chłodzącego,  $m^3/h$

$q_h$  - wskaźnik obciążenia hydraulicznego,  $m^3/(h \cdot m^2)$

### **Usytuowanie urządzeń chłodzących – strefa ochronna:**

Oddalenie od budynków, torów, przewodów napowietrznych ze względu na możliwość zamglenia i oblodzenia:

- baseny rozbryzgowo:

min. 150-200 m ze względu na zamglenia

min. 100-150 m ze względu na oblodzenia

- chłodnie wieżowe: min. 20 m (min. 70 m od otwartych stacji elektrycznych)

- chłodnie otwarte: min. 70 m.



## 6. Dobór i obliczenia urządzenia do chłodzenia wody obiegowej

Zestawienie wartości wskaźnika obciążenia hydraulicznego urządzeń do chłodzenia wody obiegowej [2]:

Lp.	Typ urządzenia		Wskaźnik obciążenia hydraulicznego $q_h$ $m^3/(h \cdot m^2)$	Uwagi
1	Stawy chłodzące		0,01 (lato) ÷ 0,1 (zima)	
2	Baseny rozbryzgowo		1,0 ÷ 1,2 (1,5)	
3	Chłodnie otwarte	rozbryzgowo	1,5 ÷ 3,0	tab. 12.4, str. 438 (Q do 350 m <sup>3</sup> /h) [2]
		kropłowe	3,0 ÷ 6,0	Q do 1500 m <sup>3</sup> /h
4	Chłodnie wiezowe	rozbryzgowo	2,0 ÷ 3,0	rzadko stosowane
		kropłowe	5,0 ÷ 7,5	tab. 12.5, str. 445 - dla $F_a$ do 2400 m <sup>2</sup> [2]
		ociekowe	7,0 ÷ 10,0	tab. 12.6, str. 449 - dla $F_a$ do 2500 m <sup>2</sup> [2]
5	Chłodnie wentylatorowe	rozbryzgowo	5,0 ÷ 6,0	
		kropłowe	6,0 ÷ 10,0	
		ociekowe	8,0 ÷ 15,0	



## 7. Obliczenia systemu doprowadzającego wodę do wydziałów produkcyjnych

### 7.1. Obliczenia hydrauliczne sieci wodociągowej

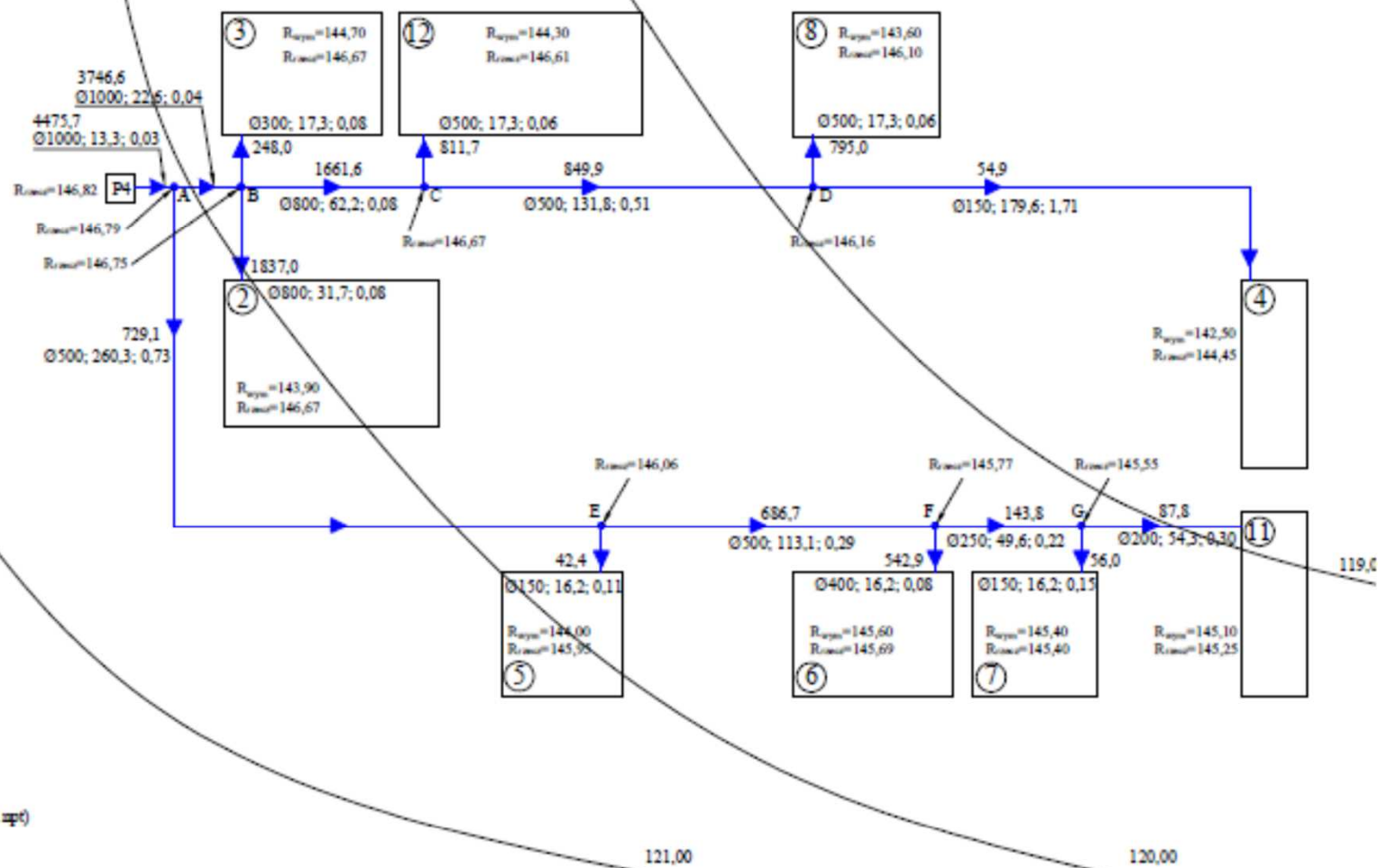
Minimalne nominalne średnice przewodów wodociągowych wykonanych z rur stalowych, na których instaluje się hydranty zewnętrzne [9] (w przypadku przewodów innych niż stalowe powinny one posiadać średnice wewnętrzne równoważne dla odpowiednich rur stalowych!!!)

- DN 100 w sieci obwodowej
- DN 125 w sieci rozgałęziowej
- według obliczeń – w odgałęzieniach sieci obwodowej
- DN 80 przy rozbudowie, modernizacji istniejących wodociągów o wydajności 5 dm<sup>3</sup>/s w jednostce osadniczej o LM < 2 000

Należy podać materiał rur, producenta, wartość k.

Zalecane prędkości (v, m/s) przepływu wody w przewodach

- dla  $d \leq 300$  mm  $v = 0,6 - 0,8$  (0,9) m/s
- dla  $d > 300$  mm  $v = 0,9 - 1,5$  m/s i więcej



**LEGENDA**

- P4 - pomp. w. czystej zimnej (24-26 m npt)
- 2 - piece szybkie
- 3 - piece obrotowe
- 4 - stacja nagrzewnic
- 5 - rafineria ołowiu
- 6 - kompresorownia
- 7 - stacja redukcji gazu
- 8 - oczyszczanie gazu redukcyjnego
- 11 - podgrzewacz koksu
- 12 - hydrotransport żużla
- woda czysta zimna

729,1 - natęż. przepł. wody, m<sup>3</sup>/h  
 Ø300; 33,0; 0,08 - d [mm]; l [m]; h [m]  
 materiał: stalwo

		Imię i nazwisko		Wydz. Inż. Środ. Polit. Wrocławskiej	
		Konstr.			
		Sprawdz.			
Nazwa rys.		Schemat obliczeniowy systemu doprowadzającego wodę do odbiorców.			Nr rys.
					4



## Tabela 3. Dobór średnic rurociągów doprowadzających wodę do odbiorców i obliczenia rzędnych linii ciśnienia

Odc.	Natężenie przepływu $Q_{max}$		l m	d mm	v m/s	i ‰	$\Delta h$ m	Rzędne, m npm			$H_{rzecz}$ m npt
	m <sup>3</sup> /h	dm <sup>3</sup> /s						$R_t$	$R_{wym}$	$R_{rzecz}$	
P4								120,30		146,82	26,52
A	4475,7	1243,2	13,3	1000	1,5	2,5	0,03	120,10		146,79	
B	3746,6	1040,7	22,6	1000	1,3	1,8	0,04	120,00		146,75	
3	248,0	68,9	17,3	300	0,93	4,6	0,08	119,70	144,70	146,67	26,97
B								120,00		146,75	
2	1837,0	510,3	31,7	800	1,0	1,5	0,08	119,90	143,90	146,67	26,77
B								120,00		146,75	
C	1661,6	461,6	62,2	800	0,95	1,3	0,08	119,60		146,67	
12	811,7	225,5	17,3	500	1,1	3,4	0,06	119,30	144,30	146,61	27,31
C								119,60		146,67	
D	849,9	236,1	131,8	500	1,2	3,9	0,51	118,80		146,16	
8	795,0	220,8	17,3	500	1,1	3,4	0,06	118,60	143,60	146,10	27,50
D								118,80		146,16	
4	54,9	15,2	179,6	150	0,85	9,5	1,71	118,50	142,50	144,45	25,95
A								120,10		146,79	
6	729,1	202,5	260,3	500	1,0	2,8	0,73	119,60	145,60	145,69	26,09



## 7. Obliczenia systemu doprowadzającego wodę do wydziałów produkcyjnych

- Rzędne ciśnienia wymaganego u odbiorców wody

$$R_{\text{wym}} = R_t + H_{\text{wym}}, \text{ m npm}$$

$R_t$  – rzędna terenu, m npm

$H_{\text{wym}}$  – wymagane ciśnienie u odbiorców, m npt

- Wysokość ciśnienia rzeczywistego u odbiorców

$$H_{\text{rzecz}} = R_{\text{rzecz}} - R_t, \text{ m}$$

SPRAWDZENIE!!!  $H_{\text{wym}} \leq H_{\text{rzecz}} < 60 \text{ m}$



## 7.2. Obliczenia parametrów pracy pompowni II stopnia

- Wydajność pompowni:

$$Q_{p \max h}^4 = 4475,7 \text{ m}^3 / \text{h} = 1243,2 \text{ dm}^3 / \text{s}$$

- Wysokość podnoszenia pomp:

$$H_p = (R_{przecz} + \Delta h_p) - R_z, \text{ m}$$

$R_{przecz}$  – rzędna ciśnienia na wypływie z pompowni, m npm (tab. 3.)

$\Delta h_p$  – wysokość strat ciśnienia w pompowni, m (przyjęto  $\Delta h_p = 2,00$  m)

$R_z$  – rzędna zwierciadła wody w zbiorniku dolnym pompowni, m npm

$$R_z = R_{tp} - 1,00 \text{ m}, \text{ m npm}$$

$R_{tp}$  – rzędna terenu pompowni, m npm (tab. 3.)