

Obliczenia

1. Terminologia.

System wodociągowy zasilany dotychczas ze stacji wodociągowych (w skrócie SW) przy ul. Spółdzielczej, Długiej i Płonkowskiej określono mianem Wodociąg „Łapy” (w skrócie WŁ).

System wodociągowy zasilany ze stacji wodociągowej w Płonce Strumiance – mianem Wodociąg „Płonka” (w skrócie WP) a stację wodociągową mianem Stacja Wodociągowa „Płonka” (w skrócie SW „Płonka”).

Projektowaną pompownię strefową, przewidzianą do zasilania WŁ określono mianem Pompownia Strefowa „Łapy” (w skrócie PS „Łapy”).

2. System pompowania w WP i WŁ.

Zaprojektowano nw. system pompowania:

- a/. źródłem wody dla WŁ i WP jest SW „Płonka”,
- b/. pompownia II stopnia w SW „Płonka” zasila bezpośrednio WP a pośrednio WŁ,
- c/. WŁ zasilany jest bezpośrednio z pompowni strefowej PS „Łapy”,
- d/. pojemność wyrównawcza dzielona jest pomiędzy SW „Płonka” a PS „Łapy”,
- e/. zapas wody do gaszenia pożaru dla WP i WŁ instalowany jest w SW „Płonka”,
- f/. pompowanie do PS „Łapy” odbywać się będzie w trybie 24 godz/dobę.

3. Hydraulika w rurociągach.

3.1. Obciążenie rurociągów.

W świetle Zał. Nr 1 do opracowań pt. „Projekt budowlany SW „Płonka” oraz „Projekt budowlany PS „Łapy” przyjęte obliczeniowe obciążenia sieci wodociągowych wraz z projektowanymi rurociągami 2 x Dz160 i 2 x Dz250 wyniosą ze strony pompowni II stopnia w SW „Płonka”:

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| a/. na kierunek Łupianka | - 17,5 m ³ /h, |
| b/. na kierunek Gąsówka | - 17,5 m ³ /h, |
| c/. na kierunek Płonka Strumianka | - 4,0 m ³ /h, |
| d/. na kierunek Płonka Kościelna | - 11,0 m ³ /h, |

-
- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| e/. Razem: | - 50,0 m ³ /h, |
| f/. na kierunek Łapy: | - 90,0 m ³ /h, |

-
- | | |
|--------------|----------------------------|
| g/. Łącznie: | - 140,0 m ³ /h. |
|--------------|----------------------------|

3.2. Ciśnienia charakterystyczne w źródle zasilania (na podstawie opracowania pt. „Projekt budowlany SW”Płonka”).

W świetle zaprojektowanego systemu pompowania w WP i WŁ - pompownia II stopnia w SW „Płonka” będzie jednocześnie dostarczać wodę do odbiorców w WP oraz do zbiornika wyrównawczego w PS „Łapy”.

Minimalną wysokość podnoszenia określono w uzgodnieniu z Inwestorem jako wymagane ciśnienia w SW w sieciach rozbiorniczych WP:

- a/. na kierunek Łupianka: $H_{wmin} = 35,00$ msw,
- b/. na kierunek Gąsówka: $H_{wmin} = 35,00$ msw.

Ponadto przyjęto, że:

- a/. minimalne ciśnienie węzłowe nie powinno być mniejsze niż 20,00 msw,
- b/. minimalne ciśnienie ppoż nie powinno być mniejsze niż 20,00 msw,

c/. maksymalne ciśnienie nie powinno być większe niż 50,00 msw.

3.2.1. Ciśnienia dyspozycyjne.

Ciśnienie dyspozycyjne na kolektorze tłocznym pompowni II stopnia wynosi:
 $H_{dysp} = 32,00 + 3,00 = 35,00$ msw.

3.2.2. Ciśnienia statyczne.

Maksymalne ciśnienie statyczne wytwarzane przez pompownię II stopnia oblicza się w warunkach $Q_{pII} = 7,5\% Q_{pmax} = 0,075 \times 120,0 = 9,0$ m³/h wyniosą ponad 50,00 msw (lecz nie więcej niż 55,00 msw) we wszystkich węzłach z wyjątkiem węzłów położonych najniżej w zasilanym systemie wodociągowym. W związku z powyższym zaproponowano program nocny ciśnień obniżonych o 5,00 msw.

3.2.3. Ciśnienia w wyniku awarii przetwornic obrotów.

W wyniku awarii przetwornic obrotów mogą wystąpić w węzłach sieci ciśnienia od 61,00 do 74,00 msw.

W związku z powyższym w SW „Płonka” przewidziano zawór bezpieczeństwa sprężynowy pełnoskokowy Dn 100/150 dla sytuacji, gdy ciśnienia w sieci podniosą się do 55,00 msw. Sprężyna dla ciśnień 0,60 – 0,80 MPa.

4. Ciśnienia węzłowe (w obliczeniach skróconych nie załącza się obliczeń hydraulicznych).

Jako węzły charakterystyczne dla zilustrowania hydrauliki w rurociągach Dz160 i Dz225 uznano:

- a/. węzeł Nr 14 - zasowy w studni S3,
- b/. węzeł Nr 20 - zasowy w studni S5,
- c/. węzeł Nr 23 - włączenie zastanego przewodu Dz110 PVC w Płonce Strumiance,
- d/. węzeł Nr 27 - zasowy w studni S6,
- e/. węzeł Nr 41 - docelowe drugostronne nawiązanie Dz110 PVC w Płonce Kościelnej (zasowy w studni S7),
- f/. węzeł nr 48 - zasowy w studni S9,
- g/. węzeł Nr 58 - zasowy w studni S10,
- h/. węzeł Nr 62 - kolektor Dn150 w PS „Łapy” (wejście),
- i/. węzeł Nr 62a - kolektor Dn150 w PS „Łapy” (wyjście),
- /. węzeł Nr Z2 – wejście do zbiornika wyrównawczego Z2 w PS „Łapy”.

Jako węzły charakterystyczne dla zilustrowania hydrauliki w sieciach zastanych w Płonce Strumiance i Płonce Kościelnej uznano:

- a/. węzeł Nr Pa - nawiązanie zastanego przewodu Dz160 PVC na kierunek Łupianka,
- b/. węzeł Nr Pb - nawiązanie zastanego przewodu Dz110 PVC na kierunek Płonka Strumianka,
- c/. węzeł Nr Pc - nawiązanie przewodu zastanego Dz160 PVC na kierunek Gąsówka.

We wszystkich przypadkach obliczeniowych przyjęto ciśnienie dyspozycyjne w węźle Nr Pa (SW „Płonka”): $H_{dysp} = 35,00$ msw.

W celu oceny wpływu drugostronnego zasilania sieci wodociągowej w Płonce Kościelnej i Płonce Strumiance na hydraulikę w przewodach Dz160 i Dz250, ciśnienia węzłowe obliczono dla dwóch wariantów:

- a/. gdy brak nawiązania sieci wodociągowej w Płonce Kościelnej w węźle Nr 41 (stan zastany),
- b/. gdy zostanie wybudowane ww. nawiązanie.

Niezależnie - ciśnienia węzłowe obliczono w rozbiciu na:

- a/. ciśnienia w węzłach, w których występują zasowy działowe (węzły Nr 14, 20, 27, 41, 48 i 58) dzielące rurociągi na odcinki wyłączane w sytuacjach awaryjnych,

b/. ciśnienia w węzłach charakterystycznych (Pa, Pb, Pc, 5, 23 i Z2).

Węzły Nr 62 i 62a uznano jako informacyjne dla potrzeb potwierdzenia ciśnień w instalacji w budynku PS.

4.1. Ciśnienia węzłowe (brak drugostronnego połączenia w węźle Nr 41).

Lp.	Opis analizy	Ciśnienie węzłowe (msw)					
		Nr 14	Nr 20	Nr 27	Nr 41	Nr 48	Nr 58
1.	Brak awarii	38,80	42,50	43,20	36,10	33,20	30,30
2.	Awaria na odc. Pa-14	29,80	33,90	34,70	27,70	24,70	21,90
3.	Awaria na odc. 14-20	39,30	38,20	39,00	31,90	29,00	26,20
4.	Awaria na odc. 20-27	39,10	42,90	35,60	28,60	25,60	22,80
5.	Awaria na odc. 27-41	38,80	42,50	43,20	24,70	21,80	19,00
6.	Awaria na odc. 41-48	38,80	42,50	43,20	36,10	24,60	21,70
7.	Awaria na odc. 48-58	38,80	42,50	44,00	43,20	33,20	18,70
8.	Awaria na odc. 58-62	38,80	42,50	43,20	36,10	33,20	30,30
9.	Awaria na odc. 5-Pb	33,60	34,80	34,30	27,20	24,20	21,40
10.	Awaria na odc. Pb-23	37,50	40,60	40,90	33,90	30,90	28,10
11.	Awaria na odc. Pc-41	38,70	42,30	42,80	32,50	29,70	25,00

Lp.	Opis analizy	Ciśnienie węzłowe (msw)					
		Nr Pa	Nr Pb	Nr Pc	Nr 5	Nr 23	Nr Z2
1.	Brak awarii	35,00	45,70	42,90	39,00	44,00	25,60
2.	Awaria na odc. Pa-14	35,00	43,80	41,00	38,60	35,50	17,20
3.	Awaria na odc. 14-20	35,00	44,90	42,10	39,00	39,80	21,40
4.	Awaria na odc. 20-27	35,00	45,30	42,50	39,00	41,90	18,00
5.	Awaria na odc. 27-41	35,00	45,70	42,90	39,00	44,00	14,20
6.	Awaria na odc. 41-48	35,00	45,70	42,90	39,00	44,00	17,00
7.	Awaria na odc. 48-58	35,00	45,70	42,90	39,00	44,00	14,00
8.	Awaria na odc. 58-62	35,00	45,70	42,90	39,00	44,00	20,10
9.	Awaria na odc. 5-Pb	35,00	17,80	15,00	39,00	35,00	16,70
10.	Awaria na odc. Pb-23	35,00	47,30	44,50	39,00	41,70	23,30
11.	Awaria na odc. Pc-41	35,00	46,00	43,30	39,00	43,70	25,00

4.2. Ciśnienia węzłowe (drugostronne połączenie w węźle Nr 41).

Lp.	Opis analizy	Ciśnienie węzłowe (msw)					
		Nr 14	Nr 20	Nr 27	Nr 41	Nr 48	Nr 58
1.	Brak awarii	39,60	43,70	45,30	39,20	36,20	33,40
2.	Awaria na odc. Pa-14	29,80	33,90	34,70	27,70	24,70	21,90
3.	Awaria na odc. 14-20	40,20	40,60	42,30	42,20	33,40	30,60
4.	Awaria na odc. 20-27	40,10	44,40	44,40	34,80	31,90	29,10
5.	Awaria na odc. 27-41	39,90	44,20	45,90	33,20	30,30	27,50
6.	Awaria na odc. 41-48	39,60	43,70	45,10	39,20	27,60	24,80
7.	Awaria na odc. 48-58	39,60	43,70	45,10	39,20	36,20	21,70

8.	Awaria na odc. 58-62	39,60	43,70	45,10	39,20	36,20	33,40
Lp.	Opis analizy	Ciśnienie węzłowe (msw)					
		Nr Pa	Nr Pb	Nr Pc	Nr 5	Nr 23	Nr Z2
1.	Brak awarii	35,00	44,40	40,60	39,00	45,30	28,60
2.	Awaria na odc. Pa-14	35,00	41,80	37,60	38,60	39,30	23,10
3.	Awaria na odc. 14-20	35,00	43,20	39,20	39,00	42,30	25,90
4.	Awaria na odc. 20-27	35,00	43,50	39,20	39,00	44,20	24,30
5.	Awaria na odc. 27-41	35,00	43,80	39,30	39,00	45,90	22,70
6.	Awaria na odc. 41-48	35,00	44,40	40,60	39,00	54,30	20,00
7.	Awaria na odc. 48-58	35,00	44,40	40,60	39,00	45,30	17,00
8.	Awaria na odc. 58-62	35,00	44,40	40,60	39,00	45,30	23,10

4.3. Ciśnienia węzłowe w warunkach płukania rurociągów.

Średnice rurociągów zweryfikowano w warunkach płukania jednej (dowolnej) nitki Dz160 i Dz250 z wydajnością wynikającą z prędkości płukania 2,0 m/s tj. 140,0 m³/h i przyciśnieniu dypozycyjnym w węźle Nr Pa: Hdysp = 35,00 msw.

Jak wynika z obliczeń – możliwe jest wypłukanie zaprojektowanych rurociągów.

Ciśnienia na hydrancie płuczającym Dn150 wyniosą:

a/. Hdysp = 8,20 msw, gdy nawiązanie w węźle Nr 41 nie będzie wybudowane,

b/. Hdysp = 25,90 msw, gdy ww. nawiązanie będzie wybudowane.

4.4. Ciśnienia węzłowe w warunkach robiorów nocnych.

Ciśnienia węzłowe w warunkach robiorów nocnych (Qn = 5,0 m³/h plus 90,0 m³/h) wyniosą:

a/. w węźle Nr 5: Hdysp = 39,10 msw,

b/. w węźle Nr PC: Hdysp = 44,50 msw,

c/. w węźle 62: Hdysp = 34,00 msw,

d/. w węźle Z2: Hdysp = 31,70 msw.

5. Bloki oporowe.

5.1. Zasuwa Dn250.

Przyjęto:

a/. ciężar zasuw: Gz = 100,0 kG,

b/. ciężar właściwy gruntu: Gg = 1800,0 kG/m³,

c/. naprężenia dopuszczalne: romax = 1,0 kG/cm²,

d/. zagłębienie osi przewodu Dn250: h = 1,75m.

Wstępnie założono pole podstawy w rzucie 50x50cm.

Obciążenie pola jw. wyniesie:

$G_c = G_z + F \times h = 100,0 + 0,50 \times 0,50 \times 1,75 \times 1800,0 = 887,5 \text{ kG}$.

Naprężenia na grunt od nacisku jw: $r_o = G_c / F = 887,5 / 50,0 \times 50,0 = 0,36 \text{ kG/cm}^2$

$r_o < r_{o\max} = 1,0 \text{ kG/cm}^2$.

Jako podstawę przyjęto pakiet płytek chodnikowych 50x50x7cm – minimum 3 szt/podstawę. Pod pozostałe zasuw i kolana stopowe podstawa jw.

5.2. Kolano lub łuk Dn150 ką 90 stopni.

Przyjęto:

a/. ciężar właściwy gruntu: Gg = 1800,0 kG/m³,

b/. ciężar właściwy betonu: Gb = 2200,0 kG/m³,

c/. ciśnienie obliczeniowe: Pobl = Pn = 16,0 kG/cm²,

d/. kąt tarcia wewn: $f_i = 35$ stopni,

e/. współczynnik tarcia betonu o grunt: $m = 0,45$.

f/. zagłębienie średnie osi = 1,80m.

Kąt pomiędzy składowymi siły wypadkowej: $\alpha = 90$ stopni,

Siła działająca na blok: $S = 2 \times \sin(\alpha/2) \times F \times P_{obl} = 2 \times \sin(90/2) \times 3,14 \times 0,25 \times 13,0 \times 13,0 \times 16,0 = 3002,0$ kG.

Zakładając wstępnie: $b = 0,30$ m (grubość) i $h = 0,60$ m (wysokość) – szerokość minimalna wyniesie:

$l = 1,20 \times S / (h \times (G_g \times h_s r \times \tan^2(45 + f_i/2) + G_b \times b \times m)) = 1,20 \times 3002,0 / (0,60 \times (1800,0 \times 1,80 \times 3,69 + 2200,0 \times 0,30 \times 0,45)) = 0,49$ m (przyjęto 0,50 m).

Naprężenia na ścianę wykopu ze strony bloku: $r_o = S / l \times h = 3002,0 / 50 \times 60 = 1,00$ kG/cm². Naprężenia dopuszczalne: $r_{o\max} = 1,0$ kG/cm².

$r_o = r_{o\max} = 1,0$ kG/cm². Przyjęto: $l = 60$ cm, $h = 60$ cm. $R_o = 0,83$ kG/cm²

5.3. Kolano lub łuk Dn250 kąt 90 stopni.

Przyjęto:

a/. ciężar właściwy gruntu: $G_g = 1800,0$ kG/m³,

b/. ciężar właściwy betonu: $G_b = 2200,0$ kG/m³,

c/. ciśnienie obliczeniowe: $P_{obl} = P_n = 16,0$ kG/cm²,

d/. kąt tarcia wewn: $f_i = 35$ stopni,

e/. współczynnik tarcia betonu o grunt: $m = 0,45$.

f/. zagłębienie średnie osi = 1,80m.

Kąt pomiędzy składowymi siły wypadkowej: $\alpha = 90$ stopni,

Siła działająca na blok: $S = 2 \times \sin(\alpha/2) \times F \times P_{obl} = 2 \times \sin(90/2) \times 3,14 \times 0,25 \times 20,5 \times 20,5 \times 16,0 = 7465,0$ kG.

Zakładając wstępnie: $b = 0,60$ m (grubość) i $h = 0,90$ m (wysokość) – szerokość minimalna wyniesie:

$l = 1,20 \times S / (h \times (G_g \times h_s r \times \tan^2(45 + f_i/2) + G_b \times b \times m)) = 1,20 \times 7465,0 / (0,90 \times (1800,0 \times 1,80 \times 3,69 + 2200,0 \times 0,60 \times 0,45)) = 0,79$ m (przyjęto 0,80 m).

Naprężenia na ścianę wykopu ze strony bloku: $r_o = S / l \times h = 7465,0 / 90 \times 80 = 1,04$ kG/cm². Naprężenia dopuszczalne: $r_{o\max} = 1,0$ kG/cm².

$r_o > r_{o\max} = 1,0$ kG/cm². Przyjęto: $l = 90$ cm, $h = 90$ cm. $r_o = 0,94$ kG/cm².

5.4. Trójkąt Dn150/150/150.

Przyjęto:

a/. ciężar właściwy gruntu: $G_g = 1800,0$ kG/m³,

b/. ciężar właściwy betonu: $G_b = 2200,0$ kG/m³,

c/. ciśnienie obliczeniowe: $P_{obl} = P_n = 16,0$ kG/cm²,

d/. kąt tarcia wewn: $f_i = 35$ stopni,

e/. współczynnik tarcia betonu o grunt: $m = 0,45$.

f/. zagłębienie średnie osi = 1,80m.

$S = \sin(180/2) \times 3,14 \times 0,25 \times 13,0 \times 13,0 \times 16,0 = 2123,0$ kG.

Zakładając wstępnie: $b = 0,30$ m (grubość) i $h = 0,50$ m (wysokość) – szerokość minimalna wyniesie:

$l = 1,20 \times S / (h \times (G_g \times h_s r \times \tan^2(45 + f_i/2) + G_b \times b \times m)) = 1,20 \times 2123,0 / (0,50 \times (1800,0 \times 1,80 \times 3,69 + 2200,0 \times 0,30 \times 0,45)) = 0,41$ m (przyjęto 0,60 m).

Naprężenia na ścianę wykopu ze strony bloku: $r_o = S / l \times h = 2123,0 / 60 \times 50 = 0,71$ kG/cm². Naprężenia dopuszczalne: $r_{o\max} = 1,0$ kG/cm².

$r_o < r_{o\max} = 1,0$ kG/cm².

5.5. Trójnik Dn250/250/250.

Przyjęto:

- a/. ciężar właściwy gruntu: $G_g = 1800,0 \text{ kG/m}^3$,
- b/. ciężar właściwy betonu: $G_b = 2200,0 \text{ kG/m}^3$,
- c/. ciśnienie obliczeniowe: $P_{obl} = P_n = 16,0 \text{ kG/cm}^2$,
- d/. kąt tarcia wewn: $f_i = 35 \text{ stopni}$,
- e/. współczynnik tarcia betonu o grunt: $m = 0,45$.
- f/. zagłębienie średnie osi = 1,80m.

$$S = \sin(180/2) \times 3,14 \times 0,25 \times 20,5 \times 20,5 \times 16,0 = 5278,0 \text{ kG.}$$

Zakładając wstępnie: $b = 0,70\text{m}$ (grubość) i $h = 0,80\text{m}$ (wysokość) – szerokość minimalna wyniesie:

$$l = 1,20 \times S / (h \times (G_g \times h_{sr} \times \text{tg}^2(45 + f_i/2) + G_b \times b \times m)) = 1,20 \times 5278,0 / (0,80 \times (1800,0 \times 1,80 \times 3,69 + 2200,0 \times 0,70 \times 0,45)) = 0,63 \text{ m (przyjęto } 0,60 \text{ m).}$$

Napężenia na ścianę wykopu ze strony bloku: $\sigma = S / l \times h = 5278,0 / 60 \times 80 = 1,10 \text{ kG/cm}^2$. Napężenia dopuszczalne: $\sigma_{max} = 1,0 \text{ kG/cm}^2$.

$$\sigma > \sigma_{max} = 1,0 \text{ kG/cm}^2. \text{ Przyjęto: } l = 60\text{cm}, h = 90\text{cm}. \sigma = 0,98 \text{ kG/cm}^2.$$

5.6. Bloki uśrednione.

Dla potrzeb kolan, łuków i trójników o średnicy Dz160 przyjęto blok B1 o wymiarach: $b = 30\text{cm}$, $l = 60\text{cm}$ i $h = 60\text{cm}$,

Dla potrzeb kolan i łuków o średnicy Dz250 przyjęto blok B2 o wymiarach: $b = 60\text{cm}$, $l = 90\text{cm}$ i $h = 90\text{cm}$,

Dla potrzeb trójników o średnicy Dz250 przyjęto blok B2 o wymiarach: $b = 70\text{cm}$, $l = 60\text{cm}$ i $h = 90\text{cm}$,