

2. Obliczenia hydrauliczne

Geometria przepustu:

- Wysokość $h_p = 1,11 > h_{p,min} = 1$
- Szerokość $b_p = 3,24 > b_{p,min} = 0,8$
- Rzędna wlotu $H_{wl} = 148,97$
- Rzędna wylotu $H_{wy} = 148,91$
- Długość $L_p = 10,35 < 20 \times h_p = 22,2$

Przepust krótki: brak strat energii na długości

Charakterystyka drogi:

Projektowana rzędna korony drogi na krzyżowaniu z ciekim wodnym

$$H_{niw} = 150,83$$

Projektowana szerokość korony nasypu drogowego

$$B_n = 8,18$$

Projektowane nachylenie skarp nasypu drogowego

$$1 : m_n = 1 : 1,50$$

Charakterystyka ciekłu:

Przekrój poprzeczny ciekłu zbliżony jest do trapezu, powyżej którego znajdują się tarasy zalewowe.

Szerokość dna koryta $b_d = 2,00 \text{ m}$

Głębokość koryta $t_d = 0,34 \text{ m}$

Nachylenie skarp koryta $1 : m_d = 1 : 1,50$

Współczynnik szorstkości koryta $n_d = 0,033$

Współczynnik szorstkości tarasów zalewowych $n_t = 0,067$

Współczynnik szorstkości płyt EKO i dybli $n_p = 0,017$

Spadek podłużny ciekłu $i_d = 0,75 \text{ ‰}$

Przepływ miarodajny $Q_m = 3,20 \text{ m}^3/\text{s}$

Rzędna dna ciekłu przed wlotem przepustu $148,97 \text{ m. n.p.m.}$

W obliczeniach podano ostateczne rozwiązanie dla poziomu wielkiej wody katastrofalnej.

Przyjęta rzędna wielkiej wody w przekroju koryta $H_{ww} = 149,56 \text{ m.n.p.m}$

Obliczenia przepływu w przekroju niezabudowanym

Koryto rzeki

Powierzchnia przepływu WW $F_k = 1,62 \text{ m}^2$

Obwód zwilżony $O_k = 3,51 \text{ m}$

Promień hydrauliczny

$$R = \frac{F_k}{O_k} = \frac{1,62}{3,51} = 0,46$$

Prędkość przepływu

$$v_k = \frac{1}{n} \cdot \sqrt[3]{R^2} \cdot \sqrt{i_d} = 30,00 \times 0,597 \times 0,09 = 1,551 \text{ m/s}$$

Przepływ WW w korycie

$$Q_k = F_k \cdot v_k = 1,62 \times 1,5511 = 2,51 \text{ m}^3/\text{s}$$

Lewobrzeżny taras zalewowy

Powierzchnia przepływu WW $F_{lz} = 0,29 \text{ m}^2$

Obwód zwilżony $O_{lz} = 3,40 \text{ m}$

Promień hydrauliczny

$$R = \frac{F_{lz}}{O_{lz}} = \frac{0,29}{3,40} = 0,08$$

Prędkość przepływu

$$v_{lz} = \frac{1}{n} \cdot \sqrt[3]{R^2} \cdot \sqrt{i_d} = 14,93 \times 0,1932 \times 0,09 = 0,25 \text{ m/s}$$

Przepływ WW na lewobrzeżnym tarasie zalewowym

$$Q_{lz} = F_{lz} \cdot v_{lz} = 0,29 \times 0,2497 = 0,07 \text{ m}^3/\text{s}$$

Prawobrzeżny taras zalewowy

Powierzchnia przepływu WW

$$F_{pz} = 1,30 \text{ m}^2$$

Obwód zwilżony

$$O_{pz} = 7,21 \text{ m}$$

Promień hydrauliczny

$$R = \frac{F_{pz}}{O_{pz}} = \frac{1,30}{7,21} = 0,18$$

Prędkość przepływu

$$v_{pz} = \frac{1}{n} \cdot \sqrt[3]{R^2} \cdot \sqrt{i_d} = 14,93 \times 0,3185 \times 0,09 = 0,412 \text{ m/s}$$

Przepływ WW na prawobrzeżnym tarasie zalewowym

$$Q_{pz} = F_{pz} \cdot v_{pz} = 1,30 \times 0,4117 = 0,53 \text{ m}^3/\text{s}$$

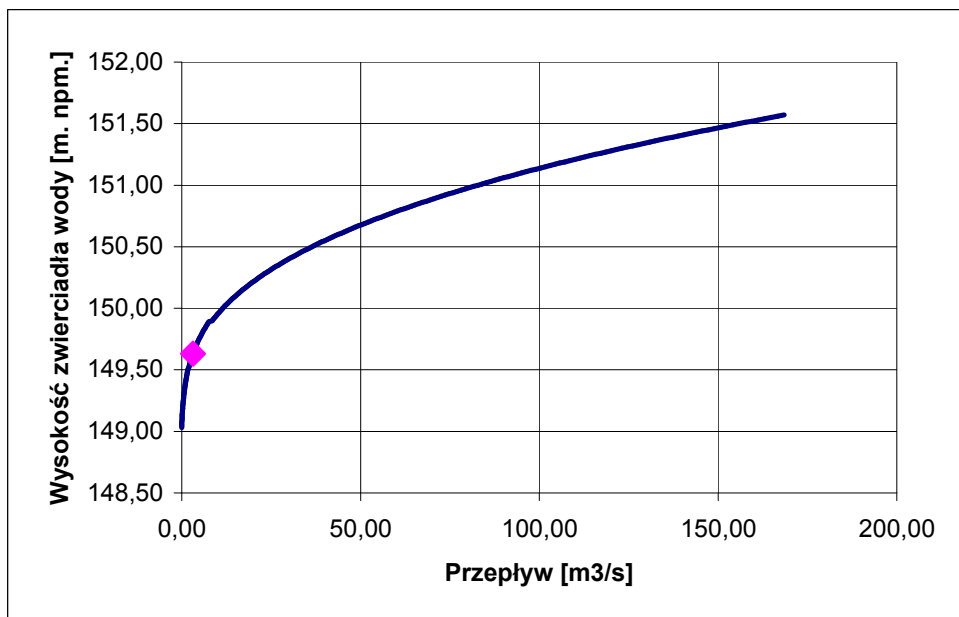
Całkowity przepływ w przekroju niezabudowanym

$$Q = Q_k + Q_{lz} + Q_{pz} = 2,51 + 0,07 + 0,53 = 3,12 \text{ m}^3/\text{s}$$

Błąd obliczeniowy wynosi

$$\frac{Q_{1\%} - Q}{Q_{1\%}} = \frac{3,20 - 3,12}{3,20} = 2,43 \% < 5\%$$

Wykres zależności pomiędzy rzędną wysokości wody, a przepływem w przekroju niezabudowanym



Obliczenia przepływu WW w przekroju zabudowanym przepustem

Zastosowano przepust 2x1620x1110

Dopuszczalny poziom wody przed przepustem

$$H = H_{wl} + 1.2 \cdot h_p = 0 + 1.2 \times 1.11 = 1.332$$

Przyjęto do obliczeń głębokość WW na wlocie

$$H = 0.59 \quad [\text{m}]$$

Prędkość dopływającej wody

$$v_0 = \frac{Q_m}{F_0} = \frac{3.12}{3.21} = 0.9732153 \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Wzniesienie linii energii przed przepustem

$$H_0 = H + \frac{1.1 \cdot v_0^2}{2 \cdot g} = 0.59 + \frac{1.1 \times 1.55}{2 \times 9.81} = 0.67196 \quad [\text{m}]$$

Wartość spiętrzenia

$$H_0 - H = 0.672 - 0.59 = 0.09 \quad [\text{m}]$$

Zakładam pełne dławienie boczne

$$m = 0.31$$

Warunki zatopienia wlotu przepustu

$$H_0 < 1.2 \cdot h_p$$

$$0.672 < 1.2 \times 1.11 = 1.332$$

Schemat pracy przepustu: o niezatopionym wlocie i wylocie

Prędkość przepływu i napełnienia przewodu przy przepływie miarodajnym

Rzeczywiste wzniesienie linii energii przed wlotem do przepustu

Prędkość dopływowa

$$v_0 = 0.973$$

Wzniesienie linii energii

$$Q = m \cdot b_p \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot \sqrt{H_0^3} = 0.31 \times 4.24 \times 4.43 \times 0.55 = 3.21$$

Zapas do korony drogi

$$H_{niw} - H_0 = 1.86 - 0.672 = 1.19 > 0.7 \quad \text{Warunek jest spełniony}$$

Przepływ w przepuście

$$\text{Przyjęto} \quad h_{kr} = 0.65 \quad [\text{m}]$$

$$\text{Powierzchnia przepływu} \quad F_p = 1.74 \quad [\text{m}^2]$$

$$\text{Obwód zwilżony} \quad O_p = 4.84 \quad [\text{m}]$$

Promień hydrauliczny

$$R_p = \frac{F_p}{O_p} = \frac{1.74}{4.84} = 0.36$$

Prędkość przepływu

$$v_p = \frac{1}{n_p} \cdot \sqrt[3]{R_p^2} \cdot \sqrt{i_m} = 58.82 \times 0.51 \times 0.08 = 2.304 \quad [\text{m/s}]$$

Przepływ

$$Q_p = v_p \cdot F_p = 2.30 \times 1.74 = 4.01 \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Prędkość przepływu miarodajnego

$$v_m = \frac{Q_{1\%}}{F_p} = \frac{3,12}{1,74} = 1,79 \text{ [m/s]} < V_{gr} = 3,5 \text{ [m/s]}$$

Głębokość wody w przepuście równa w tym schemacie hydraulicznym głębokości krytycznej gwarantuje wymagane wzniesienie stropu przepustu nad zwierciadłem wody przy przepływie miarodajnym, gdyż spełniony jest warunek

$$h_{kr} = 0,65 < 0,75 \cdot h_p = 0,83$$

Warunki zatopienia przepustu

$$h_d = 0,59 < 1,2 \cdot h_p = 1,33$$

$$h_d = 0,59 < 1,25 \cdot h_{kr} = 0,81$$

Warunek na zamulenie przepustu

$$i_{kr} = 0,005 \leq 0,6 = i_m \quad \text{Warunek został spełniony}$$

Parametry strumienia w przekroju wylotowym

Wylot przepustu jest zlokalizowany na rzędnej umocnionego dna cieku. W obliczeniach zakładam, że energia działająca na dno cieku jest równa energii strumienia wypływającego.

Wylot został umocniony w sposób kołnierzowy, koryto cieku i skarpy wylotu umocnione są dyblami grubości 12 cm oraz płytami EKO na min długości 2,00m. Filtr odwrócony stanowi geowłóknina 180 g/m².

Wg tabeli nr 3.4

$$h_{wyl} = 0,8 \cdot h_{kr} = 0,8 \times 0,65 = 0,52 \text{ [m]}$$

$$\text{Powierzchnia przepływu} \quad F_{wyl} = 1,34 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$\text{Obwód zwilżony} \quad O_{wyl} = 4,28 \text{ [m]}$$

Promień hydrauliczny

$$R_{wyl} = \frac{F_{wyl}}{O_{wyl}} = \frac{1,34}{4,28} = 0,31$$

Prędkość przepływu

$$v_{wyl} = \frac{1}{n_p} \cdot \sqrt[3]{R_{wyl}^2} \cdot \sqrt{i_m} = 58,82 \times 0,46 \times 0,08 = 2,10 \text{ [m/s]}$$

Przepływ

$$Q_{wyl} = v_{wyl} \cdot F_{wyl} = 2,10 \times 1,34 = 2,82 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Prędkość przepływu miarodajnego

$$v_{wyl} = \frac{Q_{1\%}}{F_{wyl}} = \frac{3,12}{1,34} = 2,33 \text{ [m/s]} < V_{gr} = 3,5 \text{ [m/s]}$$

Warunek maksymalnej prędkości przepływu w przepuście został spełniony

Kąt wypływu wody z przepustu zostaje przyjęty wg wykresów Serkowa (rys. nr 3.8)

Dno koryta cieku na długości 0,00 zwięża się do Bw= 2,00

$$F_{r,wyl} = \frac{v_{wyl}^2}{g \cdot h_{wyl}} = \frac{5,42}{9,81 \times 0,52} = 1,0629$$

$$F_{r,m} = \frac{v_p^2}{g \cdot h_p} = \frac{3,22}{9,81 \times 1,11} = 0,2953$$

$$\beta = -55^\circ$$

Długość wymaganego umocnienia

$$L_w = \frac{B_w - b_{\text{wyl}}}{2 \cdot \tan(\beta)} = 1,484$$

Z porównania głębokości wody na wylocie oraz krytycznej wynika, że poniżej przekroju wylotowego powstanie odskok hydrauliczny mogący zatopić strumień wypływający.

$$h_{2,\text{wyl}} = \frac{h_{\text{wyl}}}{2} \cdot \left(\sqrt{1 + 8 \cdot \frac{Q^2}{g \cdot b_{\text{wyl}}^2 \cdot h_{\text{wyl}}^3}} - 1 \right) = 0,2691$$

$$h_w + p - \frac{1,1 \cdot Q_m^2}{2 \cdot g \cdot h_w^2 \cdot B_w^2} = h_{\text{wyl}} + \frac{v_{\text{wyl}}^2}{2g}$$

$$h_w = 0,965$$

$$h_{2,w} = \frac{h_w}{2} \cdot \left(\sqrt{1 + 8 \cdot \frac{Q_m^2}{g \cdot B_w^2 \cdot h_w^3}} - 1 \right) = 0,3818$$

Przypadek A: przejście z ruchu rwącego w przewodzie w ruch spokojny w korycie odbywa się w formie odskoku zatapiającego strumień w przekroju wylotowym budowli. Sposób umocnienia spełnia warunek na rozmywanie (dyble na geowłókninie).

Głębokość rozmycia poza przepustem

$$\Delta h_r = h_d + p = 0,585 + 0 = 0,585$$

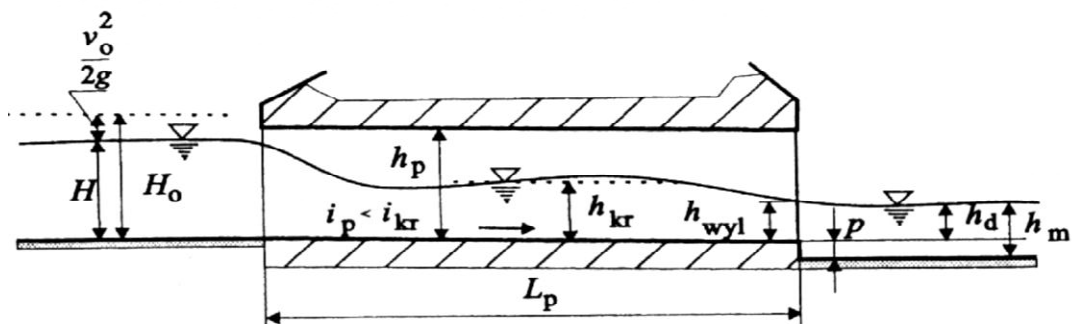
$$\Delta h_{\text{max}} = k \cdot \Delta h_r$$

$$\Delta h_{\text{max}} = 0,41 \text{ [m]}$$

Ze względu na krótkotrwały charakter wezbrań przyjęto współczynnik $k=0.7$

Przepust zwieńczony jest ścianką czołową, długość fundamentu wynosi

$$h_u = 0,8 \text{ m}$$



ZESTAWIENIE WYNIKÓW OBLICZEŃ I DANYCH ARCHIWALNYCH

Okres występowania wielkiej wody katastrofalnej	$p = 2\%$
Powierzchnia zlewni	$A = 12,16 \text{ [km}^2\text{]}$
Przyjęto lustro wielkiej wody	$H_{ww} = 149,56 \text{ mnpm}$
Maksymalne obliczeniowe przepływy wielkiej wody	$Q_p = 3,12 \text{ [m}^3\text{/s]}$
Rzędna dna rzeki w przepuscie	
na wlocie	$H_{wl} = 148,97 \text{ mnpm}$
w osi przepustu	$H_{\text{śr}} = 148,94 \text{ mnpm}$
na wylocie	$H_{wyl} = 148,91 \text{ mnpm}$
Rzędna spodu konstrukcji przepustu	$H_{pw} = 150,08 \text{ mnpm}$
Rzędna niwelety drogi nad przepustem	$H_{niw} = 150,83 \text{ mnpm}$
Poziom zwierciadła wody przed przepustem	$H = 149,56 \text{ mnpm}$
Poziom zwierciadła wody spiętrzonej przed przepustem	$H_o = 149,64 \text{ mnpm}$
Poziom zwierciadła wody w przepuscie	$h_{kr} = 149,59 \text{ mnpm}$
Poziom zwierciadła poza przepustem	$h_{wyl} = 149,43 \text{ mnpm}$
Prędkość przepływu w przekroju niezabudowanym	$v_o = 0,97 \text{ [m/s]}$
Prędkość przepływu w przekroju zabudowanym przepustem	$v_p = 1,79 \text{ [m/s]}$
Prędkość przepływu w przekroju wylotowym	$v_{wyl} = 2,33 \text{ [m/s]}$
Światło przepustu	$L_{\text{św}} = 3,24 \text{ [m]}$
Kąt skrzyżowania osi przepustu z niweleta drogi	$\alpha = 73 \text{ [}^\circ\text{]}$

Koniec obliczeń hydraulicznych

Projektant: mgr inż. Jerzy Materek