



Załącznik nr 2

OBLICZEINA HYDRAULICZNO-HYDROLOGICZNE UKŁADU

Spis treści

1.	OBLICZENIA PRZEPŁYWÓW CHARAKTERYSTYCZNYCH I O RÓŻNYM PRAWDOPODOBIENSTWIE	2
1.1.	CHARAKTERYSTYKA WÓD W PRZEKROJU OBLICZENIOWYM	2
1.2.	PRZEPŁYWY OKREŚLONE WG IZOLINII (J. STACHY'EGO)	2
1.3.	PRZEPŁYWY CHARAKTERYSTYCZNE OKREŚLONE WZORAMI EMPIRYCZNYMI W OPARCIU O WIELKOŚCI OPADÓW.....	3
1.4.	OBLICZENIA PRZEPŁYWÓW O RÓŻNYM PRAWDOPODOBIENSTWIE DLA PRZEKROJU OBLICZENIOWEGO.....	5
1.5.	OKREŚLENIE PRZEPŁYWU MIARODAJNEGO ORAZ KONTROLNEGO	7
1.6.	PODSUMOWANIE WYNIKÓW	7
2.	OBLICZENIA HYDRAULICZNE ROZPATRYWANEGO UKŁADU	8
2.1.	PRZYJĘTY UKŁAD OBLICZENIOWY	8
2.2.	WYZNACZENIE WYDATKU UKŁADU	8
2.2.1.	ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE.....	8
2.2.2.	BYSTROTOK Z PRZELEWEM AWARYJNYM	8
2.3.	FILTRACJA	10

1. OBLICZENIA PRZEPŁYWÓW CHARAKTERYSTYCZNYCH I O RÓŻNYM PRAWDOPODOBIENSTWIE

1.1. CHARAKTERYSTYKA WÓD W PRZEKROJU OBLICZENIOWYM

Powierzchnia zlewni:

Zlewnia dla przedmiotowego odcinka rowu w miejscu przekroju obliczeniowego (istniejący przepust) wyznaczona na podstawie Map Hydrograficznego Podziału Polski (MHP), map topograficznych w skali 1:10 000. Na rozpatrywanym odcinku programuje się wybudowanie trzech grobli. Powierzchnia zlewni rozpatrywanego odcinka rowu w miejscu przekroju obliczeniowego wynosi 7,39 km².

Przedstawiony kilometraż rowu ustalono na potrzeby niniejszego opracowania, gdzie km 0+000 to istniejący przepust na końcu rozpatrywanego odcinka rowu. Kilometraż wzrasta w górę rowu.

TABELA 01

ZESTAWIENIE POWIERZCHNI ZLEWNI CZĄSTKOWYCH

Zlewnia	Powierzchnia F [km ²]
1	2
Zlewnia w km rowu 0+000	7,39

1.2. PRZEPŁYWY OKREŚLONE WG IZOLINII (J. STACHY'EGO)

Przyjmując odpływy jednostkowe z map izolinii w Polsce otrzymujemy następujące wielkości:

- jednostkowy odpływ średni (normalny) $SS_q = 4,0 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$
- jednostkowy odpływ średni niski $SN_q = 0,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$
- jednostkowy odpływ najniższy $NN_q = 0,25 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$

Przepływy na rozpatrywanym rowie dla obliczeniowego przekroju wynoszą:

$$Q_{SW} = SS_q \cdot F = 4,0 \cdot 7,39 = 29,56 \left[\frac{\text{l}}{\text{s}} \right] = 0,0296 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

$$Q_{SNW} = SN_q \cdot F = 0,5 \cdot 7,39 = 3,70 \left[\frac{\text{l}}{\text{s}} \right] = 0,0037 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

$$Q_{NNW} = NN_q \cdot F = 0,25 \cdot 7,39 = 1,85 \left[\frac{\text{l}}{\text{s}} \right] = 0,00185 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

TABELA 02

ZESTAWIENIE PRZEPŁYWÓW WG. IZOLINII

Zlewnia	$Q_{SW} [\text{m}^3/\text{s}]$	$Q_{SNW} [\text{m}^3/\text{s}]$	$Q_{NNW} [\text{m}^3/\text{s}]$
1	2	3	3
Zlewnia w km rowu 0+000	0,0296	0,0037	0,00185

1.3. PRZEPŁYWY CHARAKTERYSTYCZNE OKREŚLONE WZORAMI EMPIRYCZNYMI W OPARCIU O WIELKOŚCI OPADÓW

Podstawą oceny warunków opadowych w obszarze opracowania są dane z posterunku okresowego w Grabowie (1983-1997) „Zasoby wód powierzchniowych województwa zachodniopomorskiego” Słupsk 2000.

TABELA 03
ZESTAWIENIE WIELKOŚCI OPADÓW

Nazwa stacji		Miesiąc												Średnia roczna
		XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
GRABOWO	N	41	47	40	37	33	39	53	73	65	55	46	26	555
	W	29	85	43	43	23	93	44	87	132	80	94	19	772
	S	48	52	10	22	30	36	15	38	46	54	16	29	396

Do obliczeń przyjęto wielkości opadów w roku przeciętnym.

Przepływy charakterystyczne w rowie dla wody średniej rocznej, normalnej, średniej niskiej i absolutnie najniższej w km rowu 0+000:

Wzory Iszkowskiego:

$$Q_{\text{SR}} = 0,03171 \cdot C_s \cdot H \cdot F = 0,03171 \cdot 0,40 \cdot 0,555 \cdot 7,39 = 0,052 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

gdzie :

C_s – stosunek odpływu do opadu, przeciętny w danym dorzeczu [-];

Ze względu na układ topograficzny rzeźby terenu na rozpatrywanym obszarze współczynnik C_s został dobrany jak dla „Bardziej strome pagórki i przedgórze” – 0,40

H – [mm] (średni opad roczny);

F – [km²] (powierzchnia zlewni).

Woda normalna:

$$Q_2 = 0,70 \cdot \gamma \cdot Q_{\text{SR}} = 0,7 \cdot 0,6 \cdot 0,052 = 0,022 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

Woda średnia niska:

$$Q_1 = 0,40 \cdot \gamma \cdot Q_{\text{SR}} = 0,4 \cdot 0,6 \cdot 0,052 = 0,012 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

Woda absolutnie najniższa:

$$Q_0 = 0,20 \cdot \gamma \cdot Q_{\text{SR}} = 0,2 \cdot 0,6 \cdot 0,052 = 0,0062 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

Woda największa katastrofalna:

$$Q_4 = C_W \cdot m \cdot H \cdot F = 0,070 \cdot 9,64 \cdot 0,555 \cdot 7,39 = 2,77 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

gdzie:

 γ – wsp. określany w zależności od przepuszczalności gruntu;

Przyjęto $\gamma = 0,6$ (grunt niezbyt przepuszczalny z bogatą roślinnością, pomniejszony z uwagi na wielkość rozpatrywanej zlewni o 25%).

 C_w – wsp. zależny od charakteru dorzecza;

Przyjęto $C_w = 0,070$ (Pagórki łagodne w II kategorii dorzecza)

 m – wsp. zależny od wielkości dorzecza, wyznaczono wartość $m = 9,64$;

TABELA 04

ZESTAWIENIE PRZEPŁYWÓW WYLICZONYCH WG ISZKOWSKIEGO

Zlewnia	$Q_{SR} [m^3/s]$	$Q_2 [m^3/s]$	$Q_1 [m^3/s]$	$Q_0 [m^3/s]$	$Q_4 [m^3/s]$
1	2	3	4	5	6
Zlewnia w km rowu 0+000	0,052	0,022	0,012	0,0062	2,77

Uproszczony wzór Kollisa na wodę średnia roczną:

$$Q_{SR} = 0,03171 \cdot \varphi \cdot H \cdot F = 0,03171 \cdot 0,55 \cdot 0,555 \cdot 7,39 = 0,072 [m^3/s]$$

gdzie :

 H – [mm] (średni opad roczny);

 F – [km²] (powierzchnia zlewni).

 φ – stosunek odpływu do opadu [-];

$$\varphi = \frac{d}{z \cdot s} = \frac{0,656}{1,025 \cdot 1,16} = 0,55$$

 d – wsp. zależny od opadów i wielkości dorzecza;

 z – wsp. zależny od wielkości zlewni;

 s – wsp. zależny od stosunku powierzchni do długości dorzecza;

Przepływy wielkiej wody letniej i zimowej obliczone dla zlewni wg. wzoru Loewe'go:

$$Q_w = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot H \cdot F [m^3/s]$$

gdzie:

 K_1 – współczynnik zależny od rodzaju gruntu

 K_2 – współczynnik zależny od spadku terenu

 K_3 – współczynnik zależny od wielkości zlewni

 K_4 – współczynnik zależny od powierzchni jezior w dorzeczu

 H_z – suma opadów z czterech miesięcy zimowych (XII, I, II, III)

 H_L – średnie z wielu lat z największych opadów miesięcznych z letnich miesięcy (VI, VII)

 F – powierzchnia zlewni

$$Q_{3z} = 2,5 \cdot 0,343 \cdot 0,905 \cdot 0,99 \cdot 0,157 \cdot 7,39 = 0,89 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

$$Q_{3L} = 2,5 \cdot 0,343 \cdot 0,905 \cdot 0,99 \cdot 0,219 \cdot 7,39 = 1,24 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

gdzie:

 Q_{3L} – Przepływ wielkiej wody letniej

 Q_{3Z} – Przepływ wielkiej wody zimowej

TABELA 05

ZESTAWIENIE PRZEPŁYWÓW WYLICZONYCH WG LOWE'GO

Zlewnia	K_1	K_2	K_3	K_4	H_z	F	Q_{3Z} [m ³ /s]	H_L	Q_{3L} [m ³ /s]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zlewnia w km rowu 0+000	2,50	0,343	0,905	0,99	157	7,39	0,89	219	1,24

Poniżej przedstawiono zestawienie tabelaryczne uzyskanych wyników przepływów charakterystycznych:

TABELA 06

ZESTAWIENIE WYNIKÓW OBLICZEŃ

Zlewnia	Q_{3Z} [m ³ /s]	Q_{3L} [m ³ /s]	Q_{SR} [m ³ /s]	Q_2 [m ³ /s]	Q_1 [m ³ /s]	Q_0 [m ³ /s]	Q_4 [m ³ /s]
1	2	3	4	5	6	7	8
Zlewnia w km rowu 0+000	0,89	1,24	wg Iszkowskiego 0,052 wg Kollisa 0,072	0,022	0,012	0,0062	2,77

1.4. OBLICZENIA PRZEPŁYWÓW O RÓŻNYM PRAWDOPODOBIENSTWIE DLA PRZEKROJU OBLICZENIOWEGO

Obliczenie maksymalnych przepływów o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia przeprowadzono za pomocą metody Stachy i Fal w programie „Multikoryto”.

$$Q_{\max p} = f \cdot F_1 \cdot \varphi \cdot H_1 \cdot A \cdot \lambda_p \cdot \sigma_j \text{ [m}^3\text{/s]}$$

gdzie:

 f - bezwymiarowy współczynnik kształtu fali,

 F_1 – maksymalny moduł odpływu jednostkowego,

 φ - współczynnik odpływu przyjmowany w zależności od utworów glebowych wg Czarneckiej,

 H_1 – maksymalny opad dobowy o prawdopodobieństwie pojawienia się 1%,

 A – powierzchnia zlewni,

 λ_p - kwanty rozkładu zmiennej dla zadanego prawdopodobieństwa,

 σ_j – współczynnik redukcji jeziornej,

Hydromorfologiczna charakterystyka koryta rowu

$$\Phi_r = \frac{1000 \cdot (L + l)}{m \cdot I_{rl}^{1/3} \cdot A^{1/4} \cdot (\varphi \cdot H_1)^{1/4}}$$

gdzie:

 $L + l$ - Długość rowu wraz z suchą doliną do działu wodnego,

 m - miara szorstkości koryta rowu $m = 11$
 I_{rl} - uśredniony spadek rowu

$$I_{rl} = 0,6 \cdot I_r [\text{‰}]$$

 I_r - spadek rowu

$$I_r = \frac{W_g - W_d}{L + l} [\text{‰}]$$

gdzie:

 W_g - wzniesienie działu wodnego w punkcie przecięcia się z osią suchej doliny,

 W_d - wzniesienie przekroju obliczeniowego,

Zestawienie danych wejściowych, obliczenia oraz wyniki obliczeń metody Stachy i Fal przedstawione w załączniku nr 2a. Poniżej przedstawiono końcowe wyniki przepływów o różnym prawdopodobieństwie dla przekroju obliczeniowego rozpatrywanego rowu (km 0+000):

TABELA 07
ZESTAWIENIE WYNIKÓW OBLICZEŃ PRZEPŁYWÓW O RÓŻNYM PRAWDOPODOBIENSTWIE

Lp.	Prawdopodobieństwo	Przepływ
	p [%]	[m ³ /s]
1.	0,1	3,53
2.	0,2	3,21
3.	0,5	2,81
4.	1	2,51
5.	2	2,20
6.	3	2,01
7.	5	1,77
8.	10	1,45
9.	20	1,13
10.	30	0,92
11.	50	0,66

1.5. OKREŚLENIE PRZEPŁYWU MIARODAJNEGO ORAZ KONTROLNEGO

Rozpatrując Załącznik nr 2 Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie, planowana inwestycja w postaci budowy trzech grobli ziemnych nie podlega klasyfikacji Głównych Budowli Hydrotechnicznych. Jednak podlega spełnieniu warunków technicznych jak dla budowli klasy IV.

„5) Budowle piętrzące o wysokości piętrzenia nieprzekraczającej 2,0m i gromadzące wodę w ilości poniżej 0,2 mln m³ nie podlegają klasyfikacji według niniejszego załącznika pod warunkiem, że ich zniszczenie nie zagraża terenom zabudowanym.”

„6) Budowle wymienione w pkt 5 powinny spełniać warunki techniczne dla budowli klasy IV.”

Zgodnie z ww. rozporządzeniem dla budowli hydrotechnicznej klasy IV obiekty hydrotechniczne projektuje się dla przepływów o następującym prawdopodobieństwie:

- przepływ miarodajny (Q_m) 1,0%
- przepływ kontrolny (Q_k) 0,5%

Na podstawie obliczonych wartości przepływu o różnym prawdopodobieństwie na rozpatrywanym rowie w przekroju obliczeniowym można wyznaczyć wartości przepływów miarodajnego i kontrolnego:

$$Q_{m1\%} = 2,51 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$
$$Q_{k0,5\%} = 2,81 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

1.6. PODSUMOWANIE WYNIKÓW

Analiza wyników otrzymanych wartości przepływów charakterystycznych oraz przepływów o różnym prawdopodobieństwie, wykazuje podobieństwo w zakresie przepływów na które projektuje się obiekty hydrotechniczne. Wartość przepływu największej wody katastrofalnej wyznaczonej metodą Iszkowskiego (2,77 m³/s) zawiera się w granicach przepływów o prawdopodobieństwie wystąpienia 1% i 0,5% wyznaczonych metodą Stachy i Fal. Natomiast wartości przepływów wielkiej wody letniej (1,24 m³/s) oraz wielkiej wody zimowej (0,89 m³/s) wyznaczone wg. wzoru Loewe'go, zawierają się w granicach 10-50% przepływów o różnym prawdopodobieństwie.

Podobieństwo otrzymanych wyników wyznaczonych różnymi metodami obliczeniowymi pozwala określić wartość przepływu miarodajnego oraz kontrolnego jako przepływów 1 i 0,5% obliczonych metodą Stachy i Fal.

2. OBLICZENIA HYDRAULICZNE ROZPATRYWANEGO UKŁADU

2.1. PRZYJĘTY UKŁAD OBLICZENIOWY

Na rozpatrywanym terenie planuje się wykonanie retencji wody w celu przeciwdziałania suszy i gwałtownym wezbraniom oraz dostosowanie do zmian klimatu. W tym celu projektuje się wykonanie trzech zbiorników oddzielonych groblami ziemnymi w układzie kaskadowym. Układ zlokalizowany jest w naturalnym obniżeniu terenu. Groble zostaną wyposażone w urządzenia wodne regulujące poziom zwierciadła wody w zbiornikach.

TABELA 08
ZESTAWIENIE URZĄDZEŃ WODNYCH

Lp.	Zbiornik	Grobla	Urządzenie wodne	Rzędna stab. zw. wody [m n.p.m.]	Rzędna zw. wody dla przepływu miarodajnego [m n.p.m.]*
1	2	3	4	5	6
1	Zbiornik A	Grobla A	bystrotok z przelewem awaryjnym	10,50	11,01
2	Zbiornik B	Grobla B	bystrotok z przelewem awaryjnym	9,80	10,12
3	Zbiornik C	Grobla C	bystrotok z przelewem awaryjnym	9,60	9,90

*wyznaczona rzędna zw. wody dla przepływu miarodajnego

2.2. WYZNACZENIE WYDATKU UKŁADU

2.2.1. ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE

Projektuje się wykonanie grobli A, B, C wyposażone w urządzenia upustowe w postaci bystrotoków wraz z przelewami awaryjnymi (odcinek obniżonej korony grobli). Szerokość projektowanych bystrotoków 1,0m. Długość bystrotoku uzależniona od geometrii poszczególnych grobli oraz rzędnych terenu przyległego. Wartość przepływu większa od wyznaczonego przepływu średniego ($Q_{sr} = 0,052 \text{ m}^3/\text{s}$) będzie powodować przelewanie się wody przez koronę obniżonego odcinka grobli (przelew awaryjny).

2.2.2. BYSTROK Z PRZEWEM AWARYJNYM

Obliczenia wykonano dla przepływu średniego $0,052 \text{ m}^3/\text{s}$, przepływu średniego niskiego $0,012 \text{ m}^3/\text{s}$ oraz przepływu miarodajnego wynoszącego $2,51 \text{ m}^3/\text{s}$. Analizę ww. układu przeprowadzono z wykorzystaniem programu komputerowego HEC-RAS (obliczenia z programu w materiałach archiwalnych firmy sporządzającej projekt) poziomy zwierciadła wody wyznaczone w programie dla przepływu średniego niskiego, średniego oraz miarodajnego przedstawiono na w części graficznej projektu.

Układ w postaci trzech zbiorników oddzielonych groblami wyposażonymi w okna wlotowe do bystrotoków oraz przelewy awaryjne w postaci odcinka o obniżonej koronie grobli.

Szerokość bystrotoków taka sama dla wszystkich trzech grobli – 1,00m. Nachylenia poszczególnych bystrotoków oraz ich długości wyznaczone z dostosowaniem do geometrii grobli oraz

istniejącego terenu przyległego. W celu uzyskania korzystniejszych warunków rozpraszania energii kinetycznej strumienia zaprojektowano bystrotok z występami (żebami) w dnie koryta powodujących zwiększenie chropowatości.

Poniżej zestawiono wartości uzyskanych poziomów wody dla ww. zadanych przepływów oraz wprowadzonej geometrii grobli oraz przelewów:

TABELA 09
ZESTAWIENIE POZIOMÓW ZW. WODY

Lp.	Zbiornik	Grobla	Urządzenie wodne	Rzędna zw. wody dla SNQ [m n.p.m.]	Rzędna stab. zw. wody dla Q_{sr} [m n.p.m.]	Rzędna zw. wody dla Q_m [m n.p.m.]
1	2	3	4		5	6
1	Zbiornik A	Grobla A	bystrotok z przelewem awaryjnym	10,43	10,50	11,01
2	Zbiornik B	Grobla B	bystrotok z przelewem awaryjnym	9,73	9,80	10,12
3	Zbiornik C	Grobla C	bystrotok z przelewem awaryjnym	9,53	9,60	9,90

2.2.3. POJEMNOŚĆ ZBIORNIKÓW

Wartości pojemności zbiorników dla stabilizacji zwierciadła wody przy przepływie średnim wynoszącym $0,052 \text{ m}^3/\text{s}$ wynoszą:

- dla zbiornika A $5\,189,70 \text{ m}^3$
- dla zbiornika B $2\,218,90 \text{ m}^3$
- dla zbiornika C $265,30 \text{ m}^3$

Pojemności zbiorników zostały wyznaczone na podstawie numerycznego modelu matematycznego.

Zbiorniki nie posiadają pojemności powodziowej, podczas występowania przepływów wyższych od średnich woda w zbiornikach przelewać się będzie upustami awaryjnymi w postaci przelewu o szerokiej koronie (odcinek obniżonej korony grobli).

Obliczone rzędne zwierciadeł wody w zbiornikach dla przepływu miarodajnego równego $2,51 \text{ m}^3/\text{s}$ wynoszą:

- dla zbiornika A $11,01 \text{ m n.p.m.}$
- dla zbiornika B $10,12 \text{ m n.p.m.}$
- dla zbiornika C $9,90 \text{ m n.p.m.}$

2.3. FILTRACJA

Na podstawie danych z wykonanej opinii geotechnicznej oraz projektowanej geometrii grobli przeprowadzono obliczenia filtracji wody przez korpus grobli w programie GEO5 z wykorzystaniem Metody Elementów Skończonych (MES). Obliczenia przeprowadzono dla Grobli A oraz Grobli C. Ze względu na niewielką różnicę wysokości zwierciadeł wody pomiędzy zbiornikami B i C oraz rozpatrywania warunków przepływu ustalonego, nie przeprowadzono obliczeń filtracji dla Grobli B.

Wykazy obliczeń oraz przyjęte schematy obliczeniowe z programu GEO5 przedstawiono w załączniku nr 2b.

Analiza układu obliczeniowego wykazała konieczność zastosowania przesłon precyzyfikacyjnych w korpusie grobli w celu wydłużenia drogi filtracji wody.

Dodatkowo programuje się wykonanie umocnienia stopy skarpy grobli C od strony odpowietrznej w postaci pojedynczej kieszki faszynowej. Spowodowane jest to możliwym występowaniem przesiąków na terenie przy stopie skarpy odpowietrznej oraz bagiennym charakterem obszaru poniżej przedmiotowej grobli C.