



**BIURO STUDIÓW I PROJEKTÓW
GOSPODARKI WODNEJ ROLNICTWA
„BIPROMEL” Spółka z o.o.
ul. Instalatorów 23, 02-237 Warszawa**

- Działa od 1950 r. -
Członek Izby Projektowania Budowlanego

tel. 22 846-11-52
fax. 22 846-55-78
NIP 525 - 000 - 27 - 58

Pracownia P-4 Budownictwa Wodnego i Melioracyjnego

**Zamawiający: Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie,
ul. Grzybowska 80/82, 00-844 Warszawa**

**EKSPERTYZA
DOTYCZĄCA STANU TECHNICZNEGO WAŁU
PRZECIWPOWODZIOWEGO RZEKI NARWI KM 143+800 RZEKI
Z PRZEPUSTEM WAŁOWYM ZLOKALIZOWANYM W KM 2+819**

Opracowali:	<i>mgr inż. Jacek Szmagaj</i>	<i>St-763/89</i>	
	tytuł	imię i nazwisko	nr uprawnień
			podpis
	<i>mgr inż. Paweł Miąskiewicz</i>	<i>MAZ/0134/POOK/04</i>	
	<i>inż. Mateusz Kiliński</i>		
	<i>inż. Jacek Marszałek</i>		

Czerwiec '2019

data

SPIS TREŚCI

I. CZĘŚĆ OPISOWA

1. Podstawa, cel i zakres opracowania	3
2. Wykorzystane materiały	3
3. Opis rozwiązań istniejącego wału przeciwpowodziowego i przepustu wałowego	4
4. Opis stanu technicznego wału oraz urządzeń przepustu wałowego po awarii	5
5. Ocena stanu technicznego wału i przepustu wałowego po awarii.	14
6. Analiza warunków hydrologicznych zlewni omawianego przepustu wałowego	16
7. Analiza warunków geologicznych w miejscu przepustu wałowego	19
8. Analiza przyczyn przerwania wału i zniszczenia obiektu	20
9. Podsumowanie	21
10. Wnioski	21
11. Wstępna koncepcja odbudowy przepustu wałowego oraz wału	22

II. ZAŁĄCZNIKI GRAFICZNE

1. Mapa orientacyjna	- 1: 10 000
2. Plan sytuacyjny przepustu wałowego - mapa	- 1:500
3. Przekroje poprzeczne przez wał A-A i B-B	- 1:200
4. Przekrój poprzeczne przez wał C-C	- 1:200
5. Szkice inwentaryzacyjne istniejącego wlotu i wylotu przepustu	- 1:20
6. Wstępna koncepcja odbudowy przepustu wałowego oraz wału	- 1:200
7. Dokumentacja prac geologicznych - załączniki	
zał.1. Mapa dokumentacyjna prac geologicznych	- 1: 500
zał. 2.1. Wyniki sondowania sondą lekką DPL-1	- ark.
zał. 2.2. Wyniki sondowania sondą lekką DPL-2	- ark.
zał. 2.3. Wyniki sondowania sondą lekką DPL-3	- ark.
zał. 2.4. Przekrój geologiczny	- ark.

1. Podstawa, cel i zakres opracowania

1.1. Podstawa opracowania

Opracowanie wykonano na zlecenie Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie, ul. Grzybowska 80/82, 00-844 Warszawa, umowa nr BI.ZPU.5.282.1.2019

1.2. Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest ekspertyza dotycząca stanu wału przeciwpowodziowego oraz umiejscowionego w jego korpusie przepustu wałowego

Zakres ekspertyzy obejmuje zniszczenia wału i przepustu wałowego które miały miejsce w dn. 13.06.2019 r. w skutek nawalnego opadu deszczu, tj:

- 1/ korpusu wału,
- 2/ wlotu do przepustu wałowego usytuowanego na zawalu wraz z umocnieniami na dopływie,
- 3/ przewodu (rurociągu) przepustu wałowego pod korpusem wału,
- 4/ wylotu z przepustu wałowego usytuowanego w międzywałie wraz z klapą zwrotną i umocnieniami na odpływie,

Ponadto w opracowaniu przedstawiono wstępną koncepcję odbudowy przepustu wałowego oraz zniszczonego odcinka wału.

2. Wykorzystane materiały

W trakcie sporządzania niniejszej ekspertyzy wykorzystano następujące materiały:

- [1]. Kopię mapy zasadniczej w skali 1:500 (24.06.2019 r.);
- [2]. Dane uzyskane podczas inwentaryzacji geodezyjnej miejsca awarii (24.06.2019 r.);
- [3]. Dane uzyskane z kontrolnych wierceń geologicznych (25.06.2019 r.);
- [4]. Obliczenia hydrologiczne dopływu ze zlewni przepustu wałowego (własne),
- [5]. Przebudowa portu zlokalizowanego na lewym brzegu rz. Narew w km 146+600 (obręb Ostrołęka) - Koncepcja programowo-przestrzenna, "BIPROMEL" 2018 r.
- [6]. Dokumentacja fotograficzna zamawiającego i własna;
- [7]. Informacje uzyskane podczas wywiadu terenowego.

3. Opis rozwiązań istniejącego wału przeciwpowodziowego i przepustu wałowego

Omawiany wał przeciwpowodziowy oraz przepust wałowy zostały wykonane w latach 60-tych ubiegłego wieku. Około roku 1979 r. wał został rozbudowany (podwyższony) od strony międzywala. Stary wał stanowi w chwili obecnej ławeczkę wydłużającą drogę filtracji.

Przepust wałowy został w tym samym czasie przebudowany.

Podstawowe parametry wału w miejscu przepustu wałowego są następujące:

- szerokość korony	-	~4,0 m;
- szerokość ławeczki	-	~3,0 m;
- nachylenie skarpy odwodnej	-	~1:2,5 ÷ 1:3
- nachylenie skarpy odpowietrznej wału	-	~1:2,5
- nachylenie skarpy ławeczki	-	~1:3
- rzędna korony wału	-	95,99 m npm;
- rzędna korony ławeczki	-	94,18 m npm;

Istniejący wał przeciwpowodziowy zbudowany jest z piasków drobnych z domieszką piasków grubych, miejscami żwirów. Brak jest jakiegokolwiek ekranu przeciwfiltracyjnego. Wg. informacji uzyskanych od miejscowej ludności był on budowany m.inn. z refulatu uzyskanego z koryta Narwi

Podstawowe parametry przepustu wałowego są następujące:

- wlot i wylot przepustu - z żelbetowych prefabrykatów cienkościennych (rozwiązanie wg. typowych przepustów prefabrykowanych typu P-p lub PP-p - CBSiP "BIPROMEL", 1972 r.);

- rzędna wlotu do przepustu (dno rury) - 90,29 m npm;

- rzędna dna wylotu (dno rury) - 89,46 m npm;

- umocnienia dna i skarp kanału dopływowego - z płytek betonowych, chodnikowych o wymiarach 50 x 50 x 6 cm. Długość odcinka umocnionego ok. 10 m od ściany czołowej wlotu;

- umocnienia dna i skarp kanału odpływowego - konstrukcja i długość niemożliwe do określenia z powodu całkowitego zniszczenia

- rurociąg przepustu - z betonowych kręgów o średnicy wewnętrznej $D=100$ cm i długości 50 cm. Rurociąg ułożony na podłożu z piasku/pospółki. Styki rur zabezpieczone od zewnątrz zaprawą cementową. Długość całkowita rurociągu $L = \sim 26,5$ m

- kłapa zwrotna na wylocie z przepustu - $D_n = 1000$ mm, stalowa, z odcieżeniem (rozwiązanie wg. typowych zamknięć do przepustów wałowych typu PWZ - CBSiP "BIPROMEL", 1972 r.);

Dojazd do obiektu zapewniony jest od strony Ostrołęki ul. Łęczysk i następnie drogą gruntową do wału i dalej po koronie ławeczki.

4. Opis stanu technicznego wału oraz urządzeń przepustu wałowego po awarii

Poniżej opisano zniszczenia poszczególnych elementów wału oraz przepustu wałowego ilustrując je fotografiami podczas wizji lokalnej w dn. 24.06.2019r.

1/ Wał przeciwpowodziowy

Wał przeciwpowodziowy w miejscu przepustu wałowego został praktycznie całkowicie zniszczony w części która była rozbudowywana ok. roku 1979. Część ławeczki wału o strony zawala została nienaruszona i zachowała swoją rzędną.

Powstała wyrwa sięga ok. 14 m w głąb wału, licząc od ściany wylotu.

Szerokość wyrwy w koronie wału wynosi ok. 14 m.

Szerokość wyrwy w dnie wynosi ok. 4,5 m.

Poniżej zamieszczono fotografie obrazujące zakres powstałych zniszczeń.



Fot. 1 Wał przeciwpowodziowy. Widok na koronę wału (w górę rzeki) oraz powstałą wyrwę. Korpus wału nie posiada przesłony filtracyjnej.



Fot. 2 Wał przeciwpowodziowy. Widok na koronę wału oraz powstałą wyrwę (w dół rzeki). Widoczna pozostałość ławeczki od strony zawala.



Fot. 4 Wał przeciwpowodziowy. Wyrwa powstała od strony wylotu z przepustu wałowego. Widoczne kręgi ze zniszczonego przewodu przepustu.

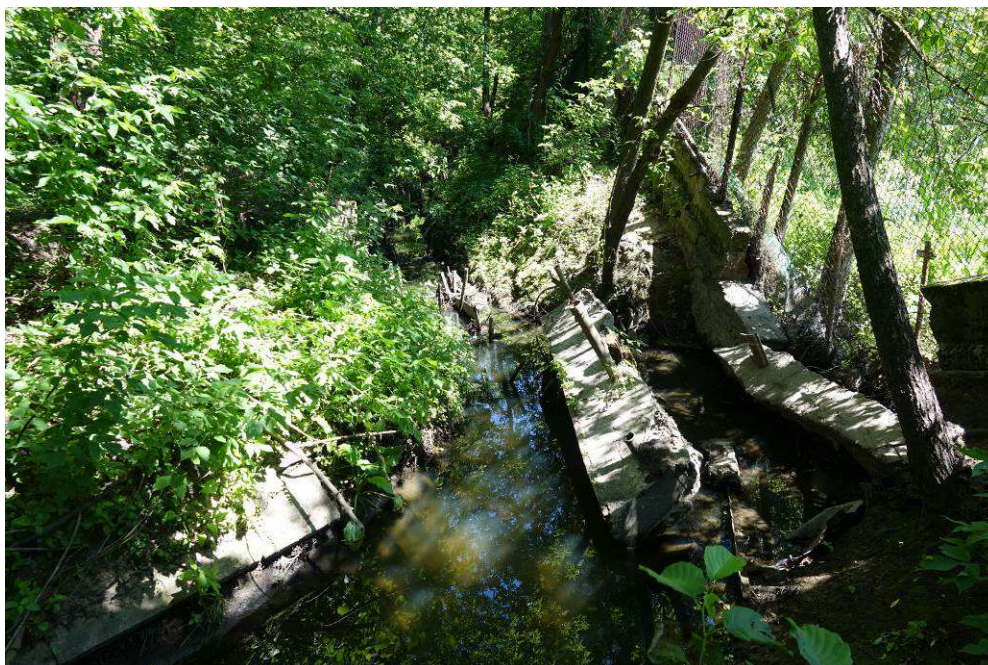
2/ Kanał dopływowy z umocnieniami.

Kanał dopływowy do przepustu wałowego wraz z umocnieniami pozostał nienaruszony. Poniżej zamieszczono fotografie obrazujące stan kanału.



Fot. 5 Umocnienia dna i skarp kanału dopływowego do przepustu wałowego.

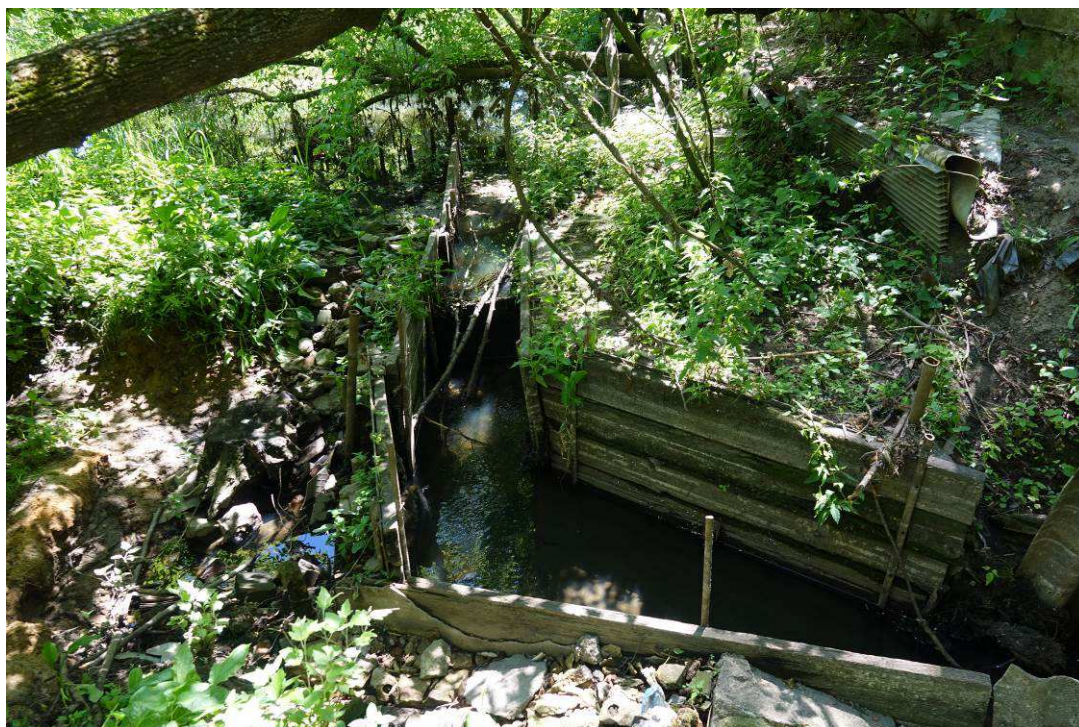
Widoczne są umocnienia skarp wykonane z płytek chodnikowych 50x50x6 cm. Powyżej płytek wykonany został pas umocnień z betonu wylewanego. Jego stan wskazuje że działanie to było podjęte w ramach bieżącej konserwacji przepustu. W dolnej części fotografii widoczne są trójkątne skrzydełka wlotu do przepustu.



Fot. 6 Kanał dopływowy. Widoczne elementy betonowe pochodzące ze zniszczonego ogrodzenia i utrudniające przepływ w korycie kanału.



Fot. 7 Kanał dopływowy. Widoczne zabezpieczenia skarp przed osuwaniem zlokalizowane powyżej umocnień z płytek betonowych. Użyty materiał i sposób wykonania wskazują, że było to działanie nieprofesjonalne, wykonane metodą "gospodarczą".



Fot. 8 Kanał dopływowy

Widoczne nieprofesjonalne umocnienia brzegów kanału oraz w głębi, zastawka podwyższająca poziom wody w istniejącym zbiorniku terenowym wody (stawie).

3/ Wlot do przepustu.

Istniejący wlot do przepustu wykonany został z prefabrykowanych elementów żelbetowych, wg. rozwiązania typowego przepustów. Zbudowany jest z trzech elementów: doku z dnem i ścianami trójkątnymi, łącznika z dnem oraz ścianami prostokątnymi i ścianą pionową w której osadzony jest pierwszy krąg przewodu przepustu. Ponieważ nie jest on wyposażony w prowadnice brak jest możliwości założenia zamknięć awaryjnych/remontowych. Wlot spełnia swoje zadanie chociaż elementy wlotu są w znacznym stopniu zniszczone. Rzędna dna rurociągu na wlocie wynosi 90,29 m npm.

Szkic wlotu stanowi załącznik nr 5 w części graficznej.



Fot. 9 Wlot do przepustu wałowego

Widoczne elementy konstrukcyjne (doki i ściana pionowa) oraz fragment umocnień kanału dopływowego.

4/ Rurociąg (przewód) przepustu.

Rurociąg przepustu wykonany jest z kręgów żelbetowych o średnicy $D=100$ cm i długości $L=50$ cm. Z wykonanej inwentaryzacji wynika, że całkowita długość rurociągu (przed awarią) wynosiła $\sim 26,5$ m. W skutek awarii zniszczony całkowicie został odcinek od strony koryta Narwi o długości $\sim 13 \div 14$ m. Część rurociągu znajdujące się pod korpusem ławeczki wału o długości ~ 13 m nie została uszkodzona. Rzędna rurociągu (dno rury odcinka niezniszczonego) znajduje się na rzędnej 90,21 m npm. Z porównania rzędnych wlotu i końcówki nienaruszonego odcinka wynika że, rurociąg na tym odcinku miał spadek i $\sim 0,6\%$.

Poniżej zamieszczono fotografie obrazujące zakres zniszczeń rurociągu przepustu wałowego.



Fot. 10 Rurociąg przepustu.

Widoczny wylot z przepustu wałowego oraz zniszczony rurociąg



Fot. 11 Rurociąg przepustu.

Widoczne podmyte i poprzestawiane kręgi żelbetowe. Obok, na dnie wyrwy widoczne są betonowe płyty ażurowe 60 x 40 x 10 cm (parkingowe) stanowiące prawdopodobnie umocnienie wału w rejonie przepustu wałowego.



Fot. 12 Rurociąg przepustu.

Jak na fot. 11 - w zbliżeniu. Widoczne są ślady po obetonowaniu styków rur.

5/ Wylot z przepustu

Istniejący wylot do przepustu wykonany został z prefabrykowanych elementów żelbetowych, wg. rozwiązania typowego przepustów. Zbudowany jest z dwóch elementów: doku z dnem i ścianami trójkątnymi i ściany pionowej na której zamontowano klapę zwrotną. Jest to klapa stalowa z odciążeniem i uszczelnieniem gumowym - wg. projektu typowego. W ścianie pionowej osadzony jest również końcowy krąg rurociągu (przewodu przepustu). Ponieważ wylot nie jest wyposażony w prowadnice brak jest możliwości założenia zamknięć awaryjnych/remontowych. Wnętrze wylotu zamulone jest piaskiem do połowy średnicy klapy zwrotnej. Zawieradło klapy jest uchylone o $\sim 10^\circ$, co umożliwia przepuszczenie przepływu o niewielkim natężeniu.

Mechanizmy klapy są kompletne. Z powodu zablokowania w chwili obecnej nie jest możliwe sprawdzenie podnoszenia/opuszczania klapy.



Fot. 13 Wylot przepustu wałowego. Widok z boku.

Widoczny jest wylot rurociągu wyposażony w klapę zwrotną. Dok z trójkątnymi skrzydełkami nie nosi śladów zniszczeń. Widoczny jest również rozmyty odcinek rurociągu. Należy zwrócić uwagę, na wylot wraz z dwoma kręgami który nie uległ najprawdopodobniej przesunięciu lub osiadaniu. Nienaruszone jest obetonowanie styków kręgów jak również połączenie ścian trójkątnych ze ścianą pionową. Może to świadczyć o tym że wylot rurociągu znajduje się na swojej pierwotnej rzędnej oraz we właściwym miejscu.



Fot. 14 Wylot przepustu wałowego. Widok od strony kanału odpływowego.

Widoczne jest zamulenie piaskiem doku wylotowego.

6/ Kanał odpływowy z umocnieniami.

Kanał odpływowy został całkowicie zniszczony. Brak jest śladów po umocnieniach. Trasa koryta kanału została zasypana piaskiem wynoszonym z wyrwy w wale przeciwpowodziowym. W miejscu ujścia, już w korycie Narwi powstała piaszczysta łacha utworzona z wyniesionego piasku.



Fot. 15 Kanał odpływowy. Widok od strony wylotu przepustu w stronę koryta Narwi.

Brak śladu trasy kanału odpływowego. Widoczny jest fragment doku wylotowego oraz zamulenie piaskiem jego dna.



Fot. 16 Kanał odpływowy. Widok na utworzoną w korycie Narwi piaszczystą łachę.

5. Ocena stanu technicznego wału i przepustu wałowego po awarii.

1/ Wał przeciwpowodziowy

Wał przeciwpowodziowy w miejscu przepustu wałowego został praktycznie całkowicie zniszczony w części która była rozbudowywana ok. roku 1979. Część ławeczki wału o strony zawala została nienaruszona i zachowała swoją rzędną. Powstała wyrwa stworzyła możliwość wdarcia się wód wezbraniowych na teren zawala i tym samym spowodowała zagrożenie dla wału oraz dla ludności zamieszkujących przyległe tereny (miasto Ostrołęka, dzielnica Łęczysk) oraz ich mienia.

Wyrwa w wale przeciwpowodziowym wymaga natychmiastowej zabudowy.

2/ Kanał dopływowy z umocnieniami.

Kanał dopływowy jest w bardzo złym stanie technicznym. Podczas awarii w dn. 13.06.2019 r. nie został on zniszczony. W trakcie wizji terenowej dokonano oceny wizualnej stanu kanału oraz jego umocnień. Stwierdzono, co następuje:

a/ Umocnienia sztywne znajdujące się bezpośrednio powyżej wlotu są w stanie dostatecznym, miejscami złym. Noszą one ślady napraw które miały miejsce w dość odległej przeszłości.

b/ koryto kanału powyżej umocnień jest w stanie skrajnie złym. Jest ono częściowo zawalone blokami betonowymi pochodzącymi ze starego ogrodzenia, które dawno temu uległo zniszczeniu. Skarpy koryta na całej długości zostały zabezpieczone metodami chałupniczymi przed osuwaniem się. Zabezpieczenia te to m. innymi powbijane w dno pręty stalowe i pojedyncze kołki drewniane za które zostały "założone" np. płyty faliste z eternitu (materiał niebezpieczny), płyty blaszane, deski drewniane i.t.p. W miejscu gdzie kanał wypływa ze zlokalizowanego powyżej stawu wybudowano rodzaj stopnia spiętrzającego wodę w stawie o ok. 40 cm.

Stan kanału dopływowego jest bardzo zły. Stwarza to zagrożenie przelania się wody ze stawu i niekontrolowane jego opróżnienie (wzmożony odpływ do przepustu wałowego). Stan kanału stwarza również warunki do zamulania przewodu przepustu oraz doku wylotowego i kanału odpływowego.

Stan techniczny kanału dopływowego wynika z wieloletniego braku dozoru, braku bieżącej konserwacji i kwalifikuje go do remontu.

3/ Wlot do przepustu.

Istniejący wlot do przepustu wykonany został z prefabrykowanych elementów żelbetowych. Widoczne są ubytki i pęknięcia w konstrukcjach doku wlotu i ścianie pionowej. Brak jest prowadnic umożliwiających założenie zamknięć remontowych/awaryjnych.

Obecnie spełnia on swoją funkcję w stopniu wystarczającym. Biorąc jednak pod uwagę konieczność odtworzenia całego przepustu wałowego należy rozważyć remont polegający na jego rozbiórce i odbudowie.

Stan techniczny wlotu w chwili obecnej określono jako dostateczny.

4/ Rurociąg (przewód) przepustu.

Przewód przepustu wykonany był z kręgów żelbetowych o średnicy $D = 100$ cm i długości $l = 50$ cm. Styki rur były pierwotnie zabezpieczone poprzez wykonanie opasek z zaprawy (bez zbrojenia) z wygładzeniem powierzchni. Podłoże rurociągu stanowi podsypka piaskowa. Nie stwierdzono istnienia na przewodzie przepustu żadnej przesłony przeciwfiltracyjnej. Z porównania rzędnych dna rurociągu można wnosić, że podczas przebudowy wału w roku 1979 zostało on przedłużony w kierunku międzywala. Z wykonanej inwentaryzacji wynika, że całkowita długość rurociągu (przed awarią) wynosiła $\sim 26,5$ m.

Rurociąg przepustu został on całkowicie zniszczony od strony koryta Narwi na długości $\sim 13 \div 14$ m. Część rurociągu o długości ~ 13 m znajdująca się pod korpusem ławeczki wału nie została uszkodzona.

Stan techniczny rurociągu określono na skrajnie zły - rurociąg zniszczony w skutek awarii. Wymaga on natychmiastowego remontu polegającego na odbudowie.

5/ Wylot z przepustu

Istniejący wylot do przepustu wykonany został z prefabrykowanych elementów żelbetowych, analogicznie jak wlot. Na ścianie pionowej wylotu osadzona jest stalowa kłapa zwrotna z przeciwwagą i uszczelnieniem. Średnica kłapy - $D_n 1000$ mm. Brak jest prowadnic umożliwiających założenie zamknięć remontowych/awaryjnych. Podczas awarii wylot prawdopodobnie nie został naruszony o czym mogą świadczyć nienaruszone opaski z zaprawy na stykach najbliższych kręgów połączonych z wylotem.

Dok wylotu został zamulony gruntem wynoszonym z wyrwy w wale do wysokości sięgającej połowy średnicy rurociągu. Na skutek tego kłapa zwrotna została zablokowana w pozycji lekko uchylonej, co umożliwia niewielki przepływ.

Biorąc pod uwagę konieczność odtworzenia całego przepustu wałowego należy wykonać remont wylotu polegający na jego rozbiórce i odbudowie. Jedynym elementem który będzie można wykorzystać ponownie jest kłapa zwrotna. Urządzenie jest kompletne i wymagać będzie remontu polegającego na weryfikacji części i konserwacji urządzenia.

Stan techniczny doku wylotu w chwili obecnej określono jako dostateczny a stan kłapy zwrotnej jako dobry, wymagający konserwacji.

6/ Kanał odpływowy z umocnieniami.

Kanał odpływowy został całkowicie zniszczony. Brak jest śladów po umocnieniach. Koryto kanału przestało istnieć - całkowicie zostało wypełnione piaskiem. W korycie Narwi, bezpośrednio za ujściem kanału powstała piaszczysta łacha utworzona z gruntu wyniesionego z wyrwy w wale.

Stan techniczny kanału określono na skrajnie zły - wymagający odtworzenia po awarii.

6. Analiza warunków hydrologicznych zlewni omawianego przepustu wałowego.

Ze względu na sprawdzenie poprawności przyjętych wymiarów budowli (głównie wielkości światła przepustu) wykonano obliczenia hydrologiczne dla przekroju zlokalizowanego w jej miejscu. Powierzchnia zlewni wyznaczono na podstawie przebiegu sieci kanalizacji deszczowej - wynosi ona $F = 7,53 \text{ km}^2$.

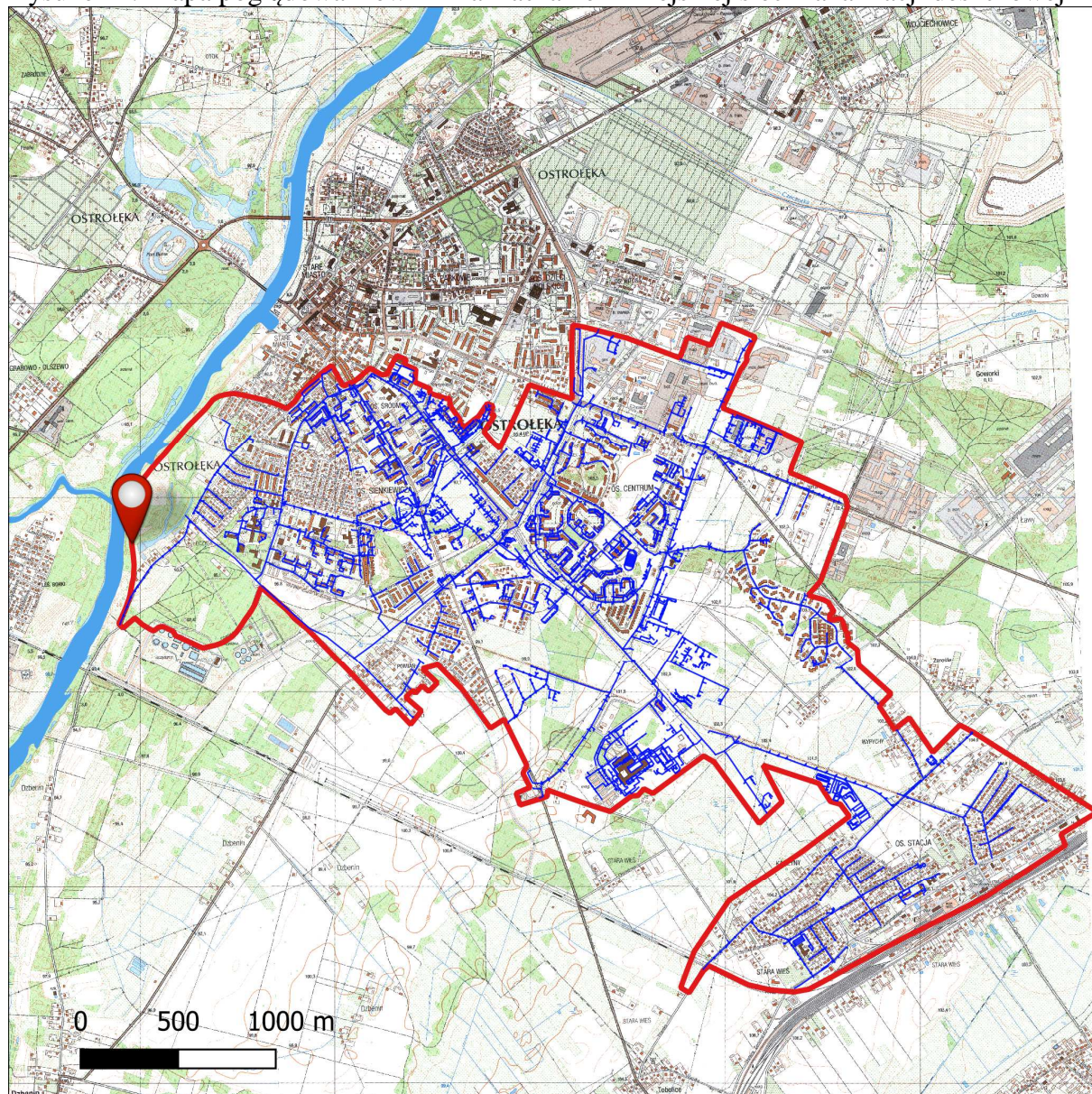
Długość sieci kanalizacyjnej wynosi $F \approx 11,5 \text{ km}$.

Mapę przedstawiającą wielkość zlewni z zaznaczeniem miejskiej sieci kanalizacji deszczowej zamieszczono w tekście poniżej.

Dla wyznaczania przepływów maksymalnych posłużono się modelem koncepcyjnym typu opad – odpływ. Podstawową wielkością, jako wejście do tego modelu, jest opad efektywny.

W metodzie tej opad efektywny uzależnia się od rodzaju gleb, sposobu użytkowania terenu zlewni oraz od uwilgotnienia gleb przed wystąpieniem badanego opadu. Wszystkie te czynniki ujmuje bezwymiarowy parametr CN.

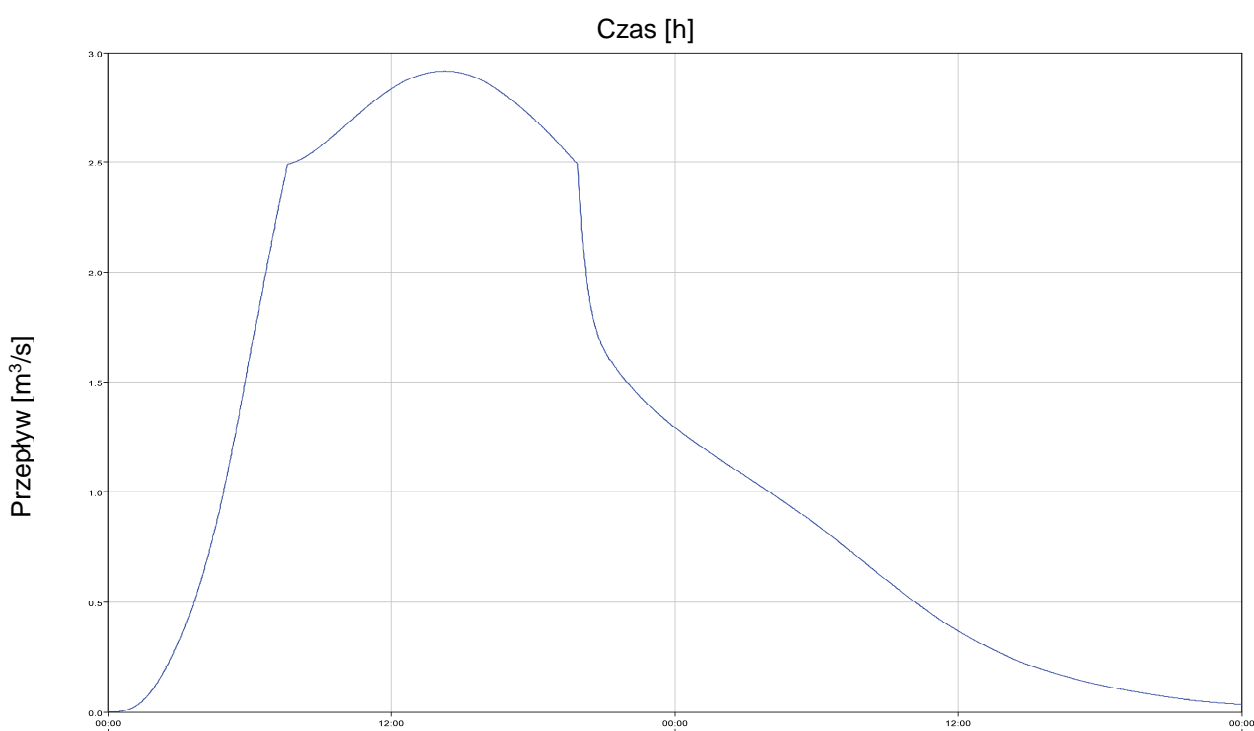
Rysunek 1. Mapa poglądowa zlewni z zaznaczeniem miejskiej sieci kanalizacji deszczowej



Parametry fali wezbraniowej zostały obliczone przy pomocy modelu Wackermanna, określającego rzędne chwilowego hydrogramu jednostkowego.

Wielkość opadu całkowitego obliczono wg systemu obliczania maksymalnych opadów prawdopodobnych w Polsce (E. Bogdanowicz, J. Stachy, IMGW Warszawa), opad prawdopodobny obliczono metodą RMO regionalizacji maksymalnych opadów w Polsce dla obszaru centralnego i pomnożono przez współczynnik korekcyjny $C=1,14$ (poprawka Weisa).

Wyniki obliczeń przepływu maksymalnego o prawdopodobieństwie wystąpienia 1% w przekroju remontowanej śluzy zamieszcza się w formie hydrogramu. W obliczeniach hydrogramu ujęto możliwości retencyjne zlewni.



Rysunek 2. Hydrogram przepływów maksymalnych $Q_{p=1\%}$

Jak wynika z powyższego hydrogramu przepływ maksymalny o prawdopodobieństwie wystąpienia 1% wynosi $Q_{p=1\%} = 2,9 \text{ m}^3/\text{s}$.

7. Analiza warunków geologicznych w miejscu przepustu wałowego.

W celu oceny stanu podłoża pod projektowaną inwestycję w programie badań wykonano 3 sondowania lekką sondą dynamiczną DPL (DPL-1 ÷ DPL-3). Lokalizację sondowań przedstawiono na mapie (zał. 1).

Sondowanie sondą dynamiczną DPL wykonano zgodnie z wymogami PN-B-04452:2002 *Geotechnika. Badania polowe* i normą *Eurokod 7 (PN-EN 1997-2)*. Lokalizację sondowania przedstawiono w zał. 1 a wyniki sondowania w zał. 2. Interpretacja wyników sondowania pozwoliła na określenie stanu gruntów niespoistych podłoża.

Stopień zagęszczenia I_D obliczono ze wzoru:

$$I_D = 0,071 + 0,429 * \log N_{10}$$

Wskaźnik zagęszczenia I_s obliczono ze wzoru:

$$I_s = 0,818 / (0,958 - 0,174 * I_D)$$

W profilu DPL-1 do głębokości 2,7 m grunty są w stanie średnio zagęszczonym o $I_D \cong 0,48$ i $I_s \cong 0,94$. Poniżej, do głębokości ok. 4,2 m grunt jest w stanie zagęszczonym o $I_D \cong 0,76$ i $I_s \cong 0,99$. Do głębokości rozpoznania tj. 5,0 m grunty są w stanie bardzo zagęszczonym o stopniu zagęszczenia $I_D \cong 0,95$ i wskaźniku zagęszczenia wynoszącym $I_s \cong 1,03$.

W profilu DPL-2 do głębokości ok. 3,7 m (wysokość nasypu) grunty są w stanie średnio zagęszczonym o $I_D \cong 0,47$ i $I_s \cong 0,93$. Poniżej, do głębokości ok. 5,0 m grunt jest w stanie zagęszczonym o $I_D \cong 0,76$ i $I_s \cong 0,99$. Do głębokości rozpoznania tj. 6,5 m grunty są w stanie średnio zagęszczonym o stopniu zagęszczenia $I_D \cong 0,58$ i wskaźniku zagęszczenia $I_s \cong 0,95$.

W profilu sondowania DPL-3 do głębokości 1,2 m grunty są w stanie zagęszczonym o $I_D \cong 0,71$ i $I_s \cong 0,98$. Poniżej, do głębokości ok. 5,3 m grunt jest w stanie średnio zagęszczonym o $I_D \cong 0,56$ i $I_s \cong 0,95$. Do głębokości 5,8 m grunty są w stanie bardzo zagęszczonym o stopniu zagęszczenia $I_D \cong 0,90$ i wskaźniku zagęszczenia wynoszącym $I_s \cong 1,02$. Poniżej, do głębokości rozpoznania (6,3 m) grunty są w stanie zagęszczonym o $I_D \cong 0,81$ i $I_s \cong 1,00$.

Podane wartości stopnia zagęszczenia I_D oraz wskaźnika zagęszczenia I_s są wartościami średnimi dla danej miąższości gruntów występujących w podłożu.

Profil DPL-3 wykonany został z korony wału i jest charakterystyczny dla przekroju wału. Analiza zagęszczenia wskazuje że w profilu wału występują grunty w stanie średniozagęszczonym, zagęszczonym ale również w stanie luźnym. Biorąc pod uwagę miejsce najslabiej zagęszczone należy wał zakwalifikować jako wymagający remontu.

8. Analiza przyczyn przerwania wału i zniszczenia obiektu

Awaria wału i przepustu wałowego miała miejsce w dn. 13.06.2019 r.

W dniu 24.06.2019 r. przeprowadzono wizję lokalną w ramach której wykonano:

- dokumentację fotograficzną powstałych zniszczeń;
- pomiary geodezyjne powstałej wyrwy w wale przeciwpowodziowym Narwi;
- badania geologiczne korpusu wału wraz z jego podłożem;

Zgromadzone materiały i informacje posłużyły do przedstawienia przypuszczalnego scenariusza wydarzeń.

Po wystąpieniu nawalnego opadu w zlewni odwadniającej przepustem wałowym nastąpił wzmożony dopływ do wspomnianego wcześniej stawu. Woda ze stawu przelała się do kanału odpływowego i spłynęła do przepustu wałowego.

Na skutek prawdopodobnego zablokowania klapy zwrotnej (zamulenie?, obce ciało w doku wylotu?) odpływ z rurociągu był utrudniony - klapa zwrotna nie mogła się w pełni otworzyć i przepuścić całości wody dopływającej do przepustu. Woda zaczęła wypełniać rurociąg który w pewnym momencie zaczął pracować pod ciśnieniem. W skutek tego rozpoczęła się filtracja z rurociągu przepustu w kierunku korpusu ziemnego wału. Filtracji prawdopodobnie sprzyjał zły stan opasek na połączeniach kręgów - przez ok. 40 lat mogły one ulec uszkodzeniom np. w skutek osiadania.

Filtracja i odpływ wody w kierunku międzywala przez nasyp spowodował w korpusie wału zjawisko sufozji a tym samym ubytek gruntu w wale. Zjawisko sufozji (wymywania gruntu) szybko zaczęło przybierać na sile. W ostatecznym efekcie spowodowało ono powstanie wyrwy w wale i opisane wcześniej zniszczenia.

Powyższy scenariusz należy traktować jako przypuszczalny, nakreślony na podstawie widocznych, możliwych do oceny elementów budowli oraz analizy innych, podobnych zdarzeń.

9. Podsumowanie

1. Na skutek opadu, który miał miejsce w dn. 13.06.2019 r. nastąpiło rozmycie wału przeciwpowodziowego rz. Narwi (km 143+800 rzeki, km 2+819 wału).
2. W korpusie wału powstała wyrwa o długości ok. 20 m i szerokości ok. 14 m. Głębokość wyrwy sięga poziomu naturalnego terenu w omawianej lokalizacji. Zniszczone zostały również umocnienia skarpy wału w lokalizacji przewodu przepustu.
3. Powstanie wyrwy spowodowało całkowite zniszczenie przewodu przepustu wałowego oraz kanału odpływowego.
4. Awaria spowodowała powstanie znacznego zagrożenia dla ludzi i mienia w przypadku wystąpienia wezbrania w rz. Narwi.

10. Wnioski

1. Bezpośrednią przyczyną awarii i zniszczenia odcinka wału przeciwpowodziowego rzeki Narwi oraz powiązanego z nim przepustu wałowego był dopływ wody z opadu nawałnego.
2. Do znacznego rozmiaru awarii przyczyniły się czynniki takie jak: prawdopodobne zablokowanie kłapy zwrotnej, wiek przepustu wałowego i jego konstrukcja, oraz ekstremalne zjawiska atmosferyczne.
3. Stan obiektu po awarii kwalifikuje go do remontu polegającego na odbudowie wszystkich elementów przepustu wałowego z wykorzystaniem kłapy zwrotnej.
4. **Wymagane jest natychmiastowe przeprowadzenie robót zabezpieczających wyrwę w wale przed przelaniem się wód wezbraniowych w Narwi. Zabezpieczenie w postaci stalowej ścianki szczelnej powinno uwzględniać przyszłą odbudowę przepustu i wału.**
5. Po wykonaniu robót zabezpieczających należy wykonać kompleksowy remont zniszczonego odcinka wału, przepustu wałowego wraz z kanałem dopływowym oraz udroźnieniem odpływu - wg Koncepcji... p.11 ekspertyzy.
6. Wyniki zagęszczenia korpusu wału, ze względu na stwierdzenie gruntu w stanie luźnym wskazują na potrzebę pilnego remontu wału.
7. Należy przeprowadzić szczegółową kontrolę pozostałych urządzeń wbudowanych w konstrukcję wału oraz samego wału na całej jego długości.

11. Wstępna koncepcja odbudowy przepustu wałowego oraz wału

Ze względu na bezpieczeństwo terenów zawala w pierwszej kolejności należy zabudować powstałą w wale wyrwę. Zabudowa wyrwy powinna uwzględniać zapewnienie odpływu wody z zawala do czasu odbudowy przepustu wałowego.

I. Prace zabezpieczające - zabudowa wyrwy

Prace poniższe należy wykonać niezwłocznie.

Wymagany zakres prac jest następujący:

a/ W osi korony wału, w miejscu wyrwy należy wbić stalową ściankę szczelną o wskaźniku wytrzymałości nie mniej niż $W_x = 1400 \text{ cm}^3$. Ścianka ta powinna "wchodzić" w wał poza krawędzie wyrwy nie mniej niż 5 m z każdej strony. Biorąc pod uwagę zjawisko powiększania się wyrwy w skutek osuwania się jej skarp wstępnie oceniono, że długość ścianki liczona po osi wału nie może być mniejsza niż $L = 30,0 \text{ m}$

b/ Rzędna korony ścianki powinna wynosić 95,50 m npm

c/ Długość bruzów ścianki (wysokość ścianki) powinna wynosić nie mniej niż 18 m, co zapewni jej bezpieczeństwo (stateczność) w przypadku obciążenia parciem wody podczas wezbrania. Ścianka ta pozostanie w wale stanowiąc przyszlą przesłonę przeciwfiltracyjną rurociągu przepustu wałowego.

d/ W ściance szczelnej należy wykonać otwór i następnie spawać odcinek rury stalowej o średnicy $D_n 1000 \text{ mm}$. Od strony międzywala, do końcówki rury należy przymocować odzyskaną z istniejącej budowli klapę zwrotną zwracając uwagę na umożliwienie pełnego otwarcia się klapy.

e/ Rzędna dna rury j.w. zapewniająca odpływ z zawala, ale również przyszlą remont przepustu wynieś powinna 90,10 m npm.

W trakcie wykonywania prac zabezpieczających należy wykonać projekt remontu/odbudowy przepustu wałowego.

II. Odbudowa przepustu wałowego

Według oceny sporządzającego niniejszą ekspertyzę odbudowa powinna mieć następujący zakres:

a/ Remont koryta kanału dopływowego po istniejącej trasie na długości ok. 40 m. Wymagane jest odtworzenie przekroju poprzecznego kanału, remont umocnień stopy skarp oraz remont umocnień betonowych przed wlotem do przepustu.

b/ Remont wlotu do przepustu polegający na odbudowie doku wlotowego w istniejącej lokalizacji jako konstrukcji żelbetowej, monolitycznej, wyposażonej w prowadnice zamknięć remontowych/awaryjnych. Rzędna wlotu proponuje się podwyższyć o ok. 0,40 m tj. do rzędnej 90,70 m npm.

c/ Remont rurociągu przepustu wałowego polegający na całkowitym rozebraniu istniejącego przewodu z kręgów betonowych i wykonaniu nowego rurociągu. Materiał rurociągu należy określić w trakcie robót projektowych. W niniejszej wstępnej koncepcji można wskazać na rurociągi: stalowy, GRP oraz rury betonowe "WIPRO" o długości 2,50 m.

Nie wolno stosować kręgów betonowych jako stwarzających niebezpieczeństwo rozszczelnienia styków.

W niniejszej koncepcji proponuje się podwyższenie rzędnej wlotu do przepustu o ok. 40 cm. Działanie takie będzie miało pozytywny wpływ na funkcjonowanie obiektu, tj.:

- ułatwi gospodarkę wodą w stawie powyżej wlotu (jest on obecnie podpiętrzony sposobem gospodarczym);
- umożliwi sprawniejsze wykorzystanie stawu jako rezerwy spowalniającej odpływ wód deszczowych;
- zwiększy zdolność odprowadzania wody przez rurociąg przepustu wałowego (zwiększenie spadku).

Zgodnie z tym, co napisano w podrozdziale dotyczącym prac zabezpieczających rurociąg należy przeprowadzić przez ściankę stalową z zapewnieniem szczelności przejścia.

Rurociąg należy układać na wylewanym fundamencie żelbetowym (rurociąg z rur "WIPRO") lub podeprzeć punktowo na poprzecznych ławach (rurociąg stalowy i GRP). W przypadku rur "WIPRO" w miejscach styków zapewnić należy powiązanie rurociągu z fundamentem żelbetowym (np. przy pomocy opasek żelbetowych).

d/ Wylot z przepustu należy wykonać jako nową budowlę żelbetową, monolityczną. Budowla powinna być wyposażona w prowadnice zamknięć remontowych/awaryjnych. W pionowej ścianie wylotu osadzić należy klapę zwrotną pochodzącą z istniejącego przepustu (po przeprowadzeniu jej remontu). Konstrukcja wylotu powinna umożliwiać pełne otwarcie klapy - należy uwzględnić miejsce na ruch przeciwwagi.

Na podstawie danych wg. [6] określono położenie zwierciadła wody średniej (SSQ) w przekroju przepustu wałowego. Uwzględniając spadek zwierciadła wody na odcinku miejskim Ostrołęki wynoszący ~0,05% i odległość od portu w Ostrołęce wynoszącą ~2,800 km rzędna wody SSQ wyniesie ~90.60 m npm.

Według sporządzającego Wstępną Koncepcję.... wskazane jest podniesienie dna wylotu o ok. 0,40 m ponad rzędną istniejącą, do rzędnej ~89,85 m npm.

Rozwiązanie takie nie ograniczy przepustowości przepustu w zamian umożliwi łatwiejszą eksploatację i kontrolę kłapy (będzie ona rzadziej zatapiana przez wody Narwi).

Spadek rurociągu wyniesie $i = 3,2\%$.

Poniżej zamieszczono wyniki obliczeń przepustowości przepustu po odbudowie, w warunkach swobodnego odpływu, z nadpiętrzeniem oraz bez nadpiętrzenia.

Wykonane obliczenia wykazały, że istniejący przepust wałowy o średnicy $D=100$ cm posiada wystarczającą przepustowość i nie zachodzi konieczność zwiększenia jego przekroju. W związku z tym, dla potrzeb wstępnej koncepcji przyjęto, że średnica oraz trasa rurociągu przepustu pozostają niezmiennione.

Obliczenie wydatku przewodu przepustu wałowego z nadpiętrzeniem 1m (odpływ swobodny)

Średnica przewodu	Długość przewodu	Współczynnik szorstkości	Zw. górne	Zw. dolne	Wsp. strat na wlocie	Wsp. strat na klapie zwrotnej	Wsp. strat na wylocie	Wsp. strat na długości	Suma strat
d [m]	L [m]	n [m -1/3 s]	m npm	m npm	ζ_{wl}	ζ_{kr}	ζ_w	ζ_L	$\Sigma\zeta$
1.00	26.5	0.011	90.7	89.85	0.40	0.20	0.06	0.2	0.85

Promień hydrauliczny	Wsp. Chezy	Wsp. Wydaku	Wys. Piętrz	Wydatek Q	Prędkość V
R	C	μ	z	m ³ /s	m/s
1.23	94.147	0.735	0.85	2.36	3.0

Obliczenie wydatku przewodu przepustu wałowego bez nadpietrzenia

Średnica przewodu	Długość przewodu	Współczynnik szorstkości	Zw. górne	Zw. dolne	Wsp. strat na wlocie	Wsp. strat na klapie zwrotnej	Wsp. strat na wylocie	Wsp. strat na długości	Suma strat
d [m]	L [m]	n [m ^{-1/3} s]	m n _{pm}	m n _{pm}	ζ _{wl}	ζ _{kr}	ζ _w	ζ _L	Σζ
1.00	26.5	0.011	91.7	89.85	0.40	0.20	0.06	0.2	0.85

Promień hydrauliczny	Wsp. Chezy	Wsp. Wydaku	Wys. Piętrz	Wydatek Q	Prędkość V
R	C	μ	z	m ³ /s	m/s
1.23	94.147	0.735	1.85	3.48	4.4

Uwaga: Roboty związane z posadowieniem wszystkich elementów przepustu wałowego będą wymagały zagęszczenia gruntu podłoża - zarówno rodzimego jak i nasypowego. Jest to niezbędne po zaistniałej awarii.

e/ Kanał odpływowy odbudować należy po istniejącej uprzednio trasie. Rzędna dna kanału przy wylocie należy dostosować do jego konstrukcji. Dno i skarpy kanału poniżej wylotu powinny być umocnione płytami betonowymi. W celu zapobieżenia zamuleni dno wylotu (skutkiem może być zablokowanie kłapy zwrotnej) dno kanału odpływowego poniżej wylotu należy obniżyć o ~20 cm względem dna doku wylotu.

Dno kanału odpływowego powinno być umocnione elementami betonowymi zapewniającymi jego stabilizację i umożliwiającymi odmulanie. Stopy skarp i skarpy należy umocnić "biologicznie" tj. z użyciem wikliny (suchej), drewna i ewentualnie kamieni.

Trasa kanału odpływowego powinna być w końcowym odcinku "odchylona" zgodnie z nurtem Narwi.

Powstałą w korycie Narwi piaszczystą "łachę" należy usunąć.

Uwaga: Awaria miała miejsce w okresie niskich stanów wody w korycie Narwi. Odpływ z rurociągu był swobodny. Według sporządzającej koncepcję należy rozważyć sytuację, gdy opad nawalny wystąpi w trakcie wezbrania rz. Narwi. Taka sytuacja może uniemożliwić odpływ grawitacyjny przepustem wałowym, co może doprowadzić do zalania/podtopienia terenów chronionych wałem przez wody pochodzące z własnej zlewni. Biorąc powyższe pod uwagę, może być niezbędne odprowadzenie wody z zawala przy zastosowaniu pomp o dużym wydatku.

Uwzględniając powyższe, zdaniem sporządzającego niniejsze opracowanie, celowym będzie wyposażenie odbudowanego wlotu do przepustu w stanowisko przewoźnej pompy zasilanej z agregatu prądotwórczego.

Możliwa jest również budowa stałej pompowni odwadniającej tereny zawala podczas wezbrań Narwi. Rozwiązanie takie wymagałoby jednak analizy dopływu wody z obecnej zlewni wraz z całym obszarem chronionym wałem przeciwpowodziowym.

III. Odbudowa wału

Przewiduje się odbudowę wału do parametrów jak przed awarią tj.

- szerokość korony	-	4,0 m;
- szerokość ławeczki	-	3,0 m;
- nachylenie skarpy odwodnej	-	1:3
- nachylenie skarpy odpowietrznej wału	-	1:2,5
- nachylenie skarpy ławeczki	-	1:3
- rzędna korony wału	-	96,00 m npm;
- rzędna korony ławeczki	-	94,20 m npm;

Technologia wykonania odbudowy korpusu wału powinna uwzględniać:

- zestopniowanie skarp wyrwy w celu połączenia starego nasypu z wykonywanym, nowym;
- określenie miejsca poboru gruntu do odbudowy wraz z jego parametrami mechanicznymi;
- określenie grubości warstw wykonywanych zasypów wraz z określeniem technologii zagęszczania. Wymagany stopień zagęszczenia nie powinien być mniejszy niż $I_s = 0,97$;

Szczególnie starannie należy zagęszczać grunt stykający się ze stalową ścianką szczelną oraz przewodem (rurociągami) przepustu wałowego.

Na skarpach odbudowanego korpusu wału należy zaprojektować schody skarpowe umożliwiające komunikację pomiędzy koroną wału a wylotem oraz wlotem.

Skarpy wału powinny zostać obsiane trawą na humusie bądź pokryte darnią (np. rolowaną).

Znajdujący się przy wyrwie słupek kilometrowy należy odtworzyć.

Po zakończeniu robót teren wokół budowli należy doprowadzić do estetycznego stanu.

II. ZAŁĄCZNIKI GRAFICZNE