

POLITECHNIKA OPOLSKA

WYDZIAŁ BUDOWNICTWA

SPECJALNOŚĆ:

KONSTRUKCJE BUDOWLANE I INŻYNIERSKIE

Studia niestacjonarne II stopnia



PRACA DYPLOMOWA MAGISTERSKA

**„Ocena stanu technicznego i projekt rehabilitacji
zabytkowej śluzy komorowej w miejscowości Kłodnica”**

Assessment of the existing historic canal lock in Kłodnica
and project of its rehabilitation

Praca wykonana pod kierunkiem:
prof. dr hab. inż. Tadeusza Chmielewskiego

Wykonał:
inż. Arkadiusz Kałużyński

OPOLE 2015

Temat pracy dyplomowej magisterskiej

SPIS TREŚCI

Wstęp	6
1. Podstawowe informacje o śluzach	8
1.1 Pojęcia podstawowe.....	8
1.2 Historia Budowy śluz komorowych.....	9
1.3 Elementy składowe i istota działania śluzy komorowej.....	10
1.3.1 Komory śluz.....	17
1.3.2 Zamknięcia śluz.....	20
1.3.3 Uszczelnienie wrót.....	26
1.3.4 Napełnianie i opróżnianie komór.....	27
1.3.5 Wyposażenie śluz.....	30
2. Historia śluzy komorowej nr 2 w miejscowości Kłodnica	43
2.1 Kanał Kłodnicki - historia i stan obecny.....	43
2.2 Śluza komorowa nr 2.....	48
3. Usytuowanie i opis systemu konstrukcyjnego śluzy nr 2	51
4. Opis przyczyn degradacji stanu technicznego śluz komorowych	54
4.1 Wpływ czynników atmosferycznych, działanie wody i wilgoci.....	54
4.2 Biodegradacja.....	56
4.3 Wpływ wad wykonawstwa.....	56
4.4 Wpływ warunków użytkowania.....	56
5. Opis zaobserwowanych uszkodzeń i zniszczeń śluzy komorowej nr 2	57
5.1 Stan śluzy na dzień 15.05.1988.....	57
5.2 Stan zachowania na dzień 15.05.2014.....	57
6. Kryterium oceny stanu technicznego istniejących konstrukcji	68
6.1 Uwagi ogólne.....	68
6.2 Zagadnienia ogólne oceny istniejących konstrukcji w ujęciu projektu normy ISO 13822:2010.....	69
6.3 Opis stanu technicznego poszczególnych części budowli.....	73
6.4 Określenia dotyczące realizacji napraw i wzmocnień konstrukcji budowlanych.....	76
6.5 Trwałość budowli i jej składowych.....	77
7. Ocena stanu technicznego śluzy komorowej numer 2 w miejscowości Kłodnica	85

7.1 Określenie procentowego zużycia technicznego poszczególnych elementów śluzy komorowej.....	85
7.2 Ocena stanu technicznego elementów składowych i całości konstrukcji.....	90
8. Projekt rehabilitacji (robót naprawczych) śluzy komorowej numer 2 na Kanale Kłodnickim w miejscowości Kłodnica w powiecie Kędzierzyn – Koźle.....	92
8.1 Przedmiot i zakres projektu.....	92
8.2 Szczegółowy opis zaproponowanych robót naprawczych śluzy.....	93
8.2.1 Likwidacja roślin porastających mury i wyrastających w bezpośrednim sąsiedztwie konstrukcji śluzy.....	93
8.2.2 Przygotowanie terenu robót.....	94
8.2.3 Wykonanie robót rozbiórkowych, usuwanie drzew i krzewów.....	95
8.2.4 Wykonanie robót odkrywkowych ścian komory.....	95
8.2.5 Wykonanie pionowej izolacji przeciwwodnej i wypełnienie wykopów gruntem przepuszczalnym.....	96
8.2.6 Wykonanie robót murowych.....	97
8.2.7 Naprawa murów kamiennych.....	98
8.2.8 Montaż balustrad stalowych lub drewnianych.....	99
8.2.9 Wykonanie studzienek technologicznych.....	99
8.2.10 Umocnienie dna komory.....	99
8.2.11 Wyposażenie obiektu w aparaturę pomiarową.....	100
8.2.12 Roboty związane z renowacją zawiasów, w tym z odtworzeniem zawiasu brakującego oraz metalowych pokryć.....	100
8.2.13 Montaż wrót wspornych w głowie górnej i dolnej.....	100
9. Obliczenia.....	102
9.1 Sprawdzenie stanów granicznych gruntu i konstrukcji ściany oporowej.....	102
9.1.1 Parametry geotechniczne.....	104
9.1.2 Obciążenia działające na ścianę oporową.....	104
9.1.3 Sprawdzenie stanów granicznych gruntów.....	106
9.1.4 Sprawdzenie stanów granicznych konstrukcji.....	117
9.2 Rekonstrukcja zamknięć śluzy komorowej numer 2.....	120
9.2.1 Wrota górne.....	120
9.2.2 Wrota dolne.....	122
9.3 Obliczenia wrót wspornych.....	125

9.3.1	Wrota górne.....	128
9.3.2	Wrota dolne.....	129
9.4	Obliczanie czasu napełniania i opróżniania komory śluzy wodą.....	131
9.4.1	Obliczanie czasu napełniania komory śluzy przez otwór we wrotach – wrota górne.....	132
9.4.2	Obliczanie czasu opróżniania komory śluzy przez otwór we wrotach – wrota dolne.....	137
10.	Uwagi i wnioski końcowe.....	142
	Bibliografia.....	145
	Spis rysunków.....	148
	Spis Tabel.....	153

Wstęp

Dzieje śluzy komorowej numer 2 na Kanale Kłodnickim sięgają końca XVIII wieku. Prężny rozwój przemysłu węglowego na Górnym Śląsku, a wraz z nim chęć eksportu śląskiego węgla do metropolii berlińskiej doprowadziły do budowy sztucznej drogi wodnej jaką jest Kanał Kłodnicki. Omawiana śluza jest jedną spośród 18 jakie znajdowały się na długości 45,7 km cieków i jednocześnie jedną spośród dwóch ocalałych do dnia dzisiejszego.

Budowla hydrotechniczna będąca przedmiotem niniejszego opracowania funkcjonowała nieprzerwanie do roku 1937. Do roku 1945 poddawana była systematycznym przeglądom i niezbędnej konserwacji jako szczególnej wartości zabytek techniki. Niestety, nadejście nowej epoki stało się początkiem końca – stanu, w którym blisko 200-letni obiekt uległ „porzuceniu”. Niemal zapomniany, popada w ruinę już 70 lat. Stan taki utrzymuje się do dnia dzisiejszego.

Cała praca magisterska składa się z dziesięciu rozdziałów. W rozdziale I poruszono tematykę śluz komorowych, gdzie scharakteryzowano i opisano zasadę działania wszystkich elementów składowych, w tym także bezpośrednio związanych z budowlami hydrotechnicznymi tego typu. Rozdział II przedstawia rys historyczny śluzy komorowej będącej przedmiotem opracowania. Opisano tu także dzieje Kanału Kłodnickiego na którym konstrukcja została wybudowana. W rozdziale III opisano usytuowanie i system konstrukcyjny omawianej budowli. Rozdział IV przedstawia opis czynników powodujących degradację elementów składowych śluz. W rozdziale V przedstawiono zaobserwowane uszkodzenia i zniszczenia jakie występują na śluzie komorowej numer 2. Autor przytacza tu opis stanu technicznego pochodzący z roku 1988, następnie podaje opis uszkodzeń i zniszczeń, które występują 26 lat później. W Rozdziale VI opisano kryteria i tok postępowania przy ocenie stanu technicznego. Zawarte tu informacje stanowią punkt odniesienia do oceny stanu technicznego istniejących konstrukcji. Rozdział VII dotyczy oceny stanu technicznego całej śluzy komorowej. W rozdziale VIII przedstawiono natomiast projekt remontu śluzy komorowej, gdzie zaproponowano przebieg i zakres niezbędnych robót naprawczych. Rozdział IX zawiera weryfikację stanów granicznych gruntu i muru oporowego stanowiącego niezależny element komory śluzy, a także obliczenia hydrotechniczne i wizualną rekonstrukcję drewnianych zamknięć śluzy.

Rozdział X stanowi końcową część całej pracy. W nim przedstawiono uwagi i wnioski końcowe.

1. Podstawowe informacje o śluzach

1.1 Pojęcia podstawowe

W tym podrozdziale podano definicje podstawowych pojęć związanych z drogami wodnymi i śluzami które w nich występują.

Śluza komorowa – hydrauliczne urządzenie do pokonywania spadów, stosowane jako samodzielne urządzenie na kanałach i jako budowla towarzysząca urządzeniom piętrzącym wodę na rzekach [1]

lub

Śluza komorowa – budowla łącząca dwa stanowiska kanału żeglownego lub stopnia wodnego na rzece skanalizowanej o różnych poziomach zwierciadła wody. Umożliwia ona w sposób najprostszy przejście statku z poziomu niższego na wyższy i odwrotnie. Śluza jest jednocześnie budowlą piętrzącą [2]

Śluzowanie – czynności konieczne do przejścia statku ze stanowiska dolnego do górnego lub odwrotnie; pokonanie różnicy poziomów wody [1]

Statek – urządzenie techniczne służące do przewozu ludzi i ładunków po torze wodnym [1]

Droga wodna – trasa wodna (tor wodny) wyznaczona na jeziorze lub zalewie, rzeka lub kanał sztuczny, dostosowany do transportu wodnego [1]

Wrota śluzowe – ruchome zamknięcia służące do odcięcia komory śluzowej od górnego bądź dolnego odcina kanału żeglownego. Należą one do podstawowego wyposażenia śluz komorowych [3]

Awanporty śluz komorowych – kanały podejściowe do śluz, zapewniające warunki bezpiecznego wejścia lub wyjścia statku ze śluzy, niezależnie od panującego w danej chwili wiatru lub przepływu wody w kanale żeglugi. Prócz tego awanporty służą do chwilowego postoju statku lub pociągu holowniczego, w czasie gdy śluza jest zajęta przez inny obiekt pływający [3]

Głowa śluzy – element konstrukcyjny śluzy w którym znajdują się wrota oddzielające komorę śluzy od stanowiska górnego i dolnego.

Dalba - pal lub wiązka pali, wbity w dno akwenu i wystający ponad powierzchnię wody, wykorzystywany w różnych celach, jako np. osłona wejścia do budowli hydrotechnicznej, uchwyt do cumowania czy obrotnica portowa

Burlak – robotnik rzeczny w dawnej Rosji, pracujący przy wiosłach lub holujący statki i barki na linie, rekrutujący się z proletariatu wiejskiego [8]

1.2 Historia budowy śluz komorowych

Dotychczas wśród historyków brak było zgodności, kto był pierwszym wynalazcą śluzy komorowej – elementu, który umożliwił właściwy rozwój sztucznych dróg wodnych. Podobnie w przypadku próby datowania tego cennego wynalazku - ile źródeł historycznych tyle różnych teorii na ten temat. Jedni przypisywali to Holendrom i datowali na rok 1253, a inni Włochom podając, że pierwsza śluza komorowa miała być podobno zbudowana w latach 1438-1439 na kanale Naviglio Grande pod Mediolanem. Na X Międzynarodowym Kongresie Żeglugi w roku 1905 w Mediolanie podano, że pierwszą śluzę komorową zbudowano we Włoszech w roku 1439 pod Viarenną.²

Stosunkowo niedawno, bo w roku 1987 - Robert Temple w swojej książce rozprawiającej o dorobku naukowym Chin na przestrzeni 3000 lat podaje informację która rzuca nowe światło na wynalazek śluzy komorowej. Z tekstu wynika że pierwszą w świecie śluzę komorową zbudowano w Chinach w roku 984. Ówczesny zastępca komisarza do spraw transportu Qiao Weiyue rozwiązał problem uciążliwych pochylni konstruując śluzę komorową z dwójgiem wrót przykrytą zadaszeniem. Śluza powstała na Rzece Zachodniej pod Huaiyin, miała długość 76,2m i umożliwiała pokonanie różnicy poziomów od około 1,22 - 1,50 metra.⁵

Również w świetle najnowszych badań za fakt podaje się że pierwsza wzmianka o śluzie komorowej zastosowanej w Europie pochodzi z Holandii z roku 1373. Pierwszy opis śluzy w książce technicznej spotykamy u Leona B. Albertiego z roku 1485. W Niemczech już roku 1391 istniały dwie śluzy na drodze wodnej łączącej Hamburg

z Lubeką, w Anglii śluzy komorowe zjawiają się około roku 1550 a w Szwecji dopiero około roku 1600.²⁵

1.3 Elementy składowe i istota działania śluzy komorowej

Śluza komorowa jest budowlą łączącą dwa stanowiska kanału żeglownego lub stopnia wodnego na rzece skanalizowanej o różnych poziomach zwierciadła wody. Umożliwia ona w sposób najprostszy przejścia statku z poziomu niższego na wyższy i odwrotnie. Śluza jest jednocześnie budowlą piętrzącą. Gdy poziom zwierciadła wody w komorze jest zrównany z poziomem wody dolnej, wówczas piętrzą wodę wrota górne. Gdy poziom zwierciadła wody w komorze jest zrównany z poziomem wody górnej, wówczas piętrzenie przejmują wrota dolne.²

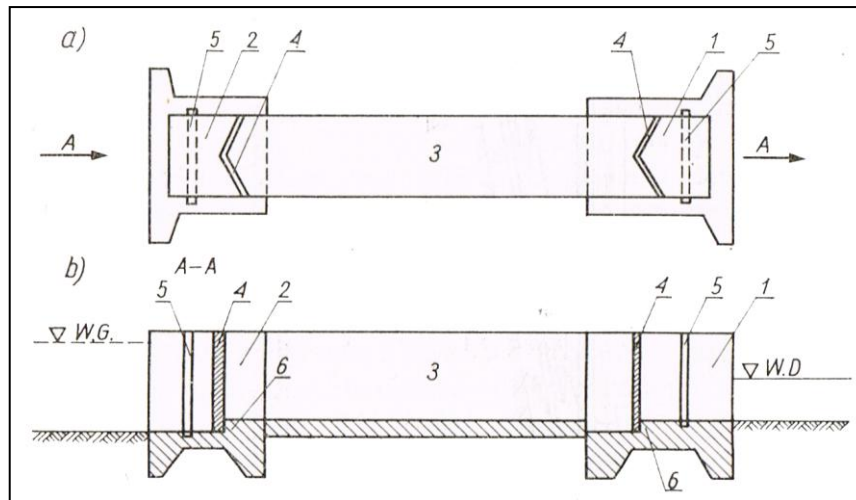
Podstawowymi elementami każdej śluzy komorowej są:

- komora,
- głowa górna,
- głowa dolna.

Głowa śluzy składa się z:

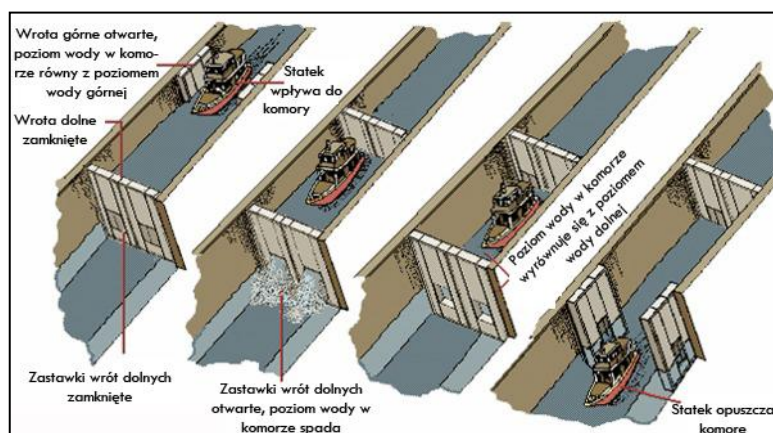
- fundamentu i przyczółków,
- wrót (zamknięć komory),
- komory wrót wraz z niszą (lub tylko niszy) do umieszczania wrót znajdujących się w położeniu otwartym,
- progu o który opierają się wrota,
- urządzeń do napełniania i opróżniania komory.¹

Na Rys.1 przedstawiono widok z góry i przekrój pionowy typowej śluzy komorowej wraz z wyszczególnieniem jej elementów składowych.



Rys.1. Elementy składowe śluzy komorowej; a) plan, b) przekrój wzdłuż osi, 1- głowa dolna, 2- głowa górna, 3- komora śluzy, 4- wrota, 5- wnęki zamknięć awaryjnych, 6- próg [1]

Pokonanie różnicy poziomów przez statek odbywa się w wyniku przeprowadzenia szeregu kolejnych czynności. Przykładowo przy przejściu statku ze stanowiska górnego do dolnego są one następujące: zamyka się wrota dolne, następnie napełnia się komorę a po wyrównaniu poziomów otwiera się wrota górne i wprowadza statek do komory; po zamknięciu wrót górnych opróżnia się komorę dla zrównania wody ze stanowiskiem dolnym, otwiera się wrota dolne i statek wychodzi z komory do stanowiska dolnego. W podobny sposób tylko w kolejności odwrotnej przeprowadza się statek ze stanowiska dolnego do górnego.² Opisaną zasadę działania śluzy komorowej przedstawiono na Rys.2..



Rys.2. Zasada działania śluzy komorowej [26]

Klasyfikacja śluz może być przeprowadzona na podstawie następujących danych:

- materiału użytego do budowy,
- liczby komór,
- zadań śluzy,
- wysokości spadu,
- rozporządzalnej ilości wody na śluzowanie.

Ze względu na materiał, z którego zbudowana jest komora wyróżnia się następujące śluzy:

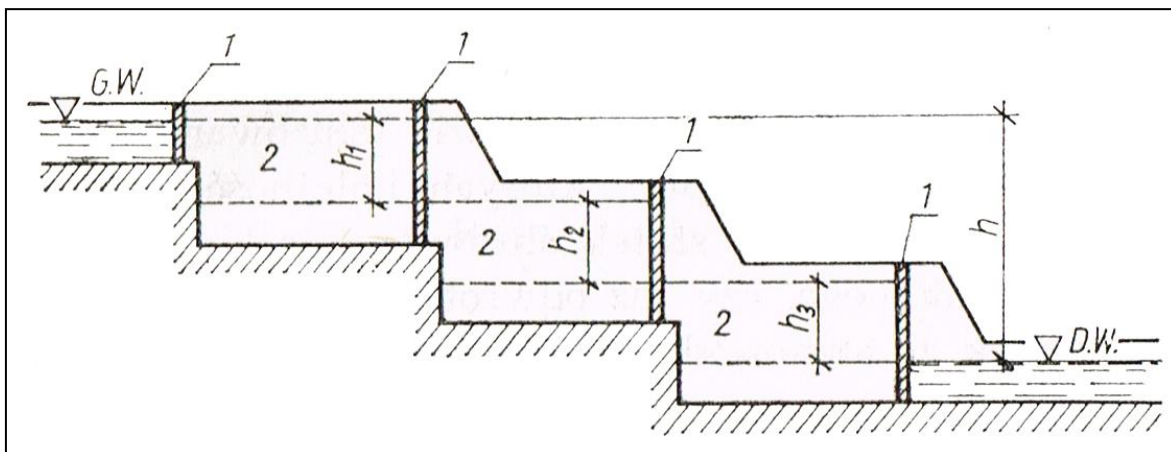
- drewniane,
- murowane,
- betonowe,
- z betonu dozbrojonego,
- żelbetowe,
- stalowe.

Z uwagi na liczbę komór śluzy dzielą się na:

- jednostopniowe,
- dwustopniowe,
- wielostopniowe,
- bliźniacze.

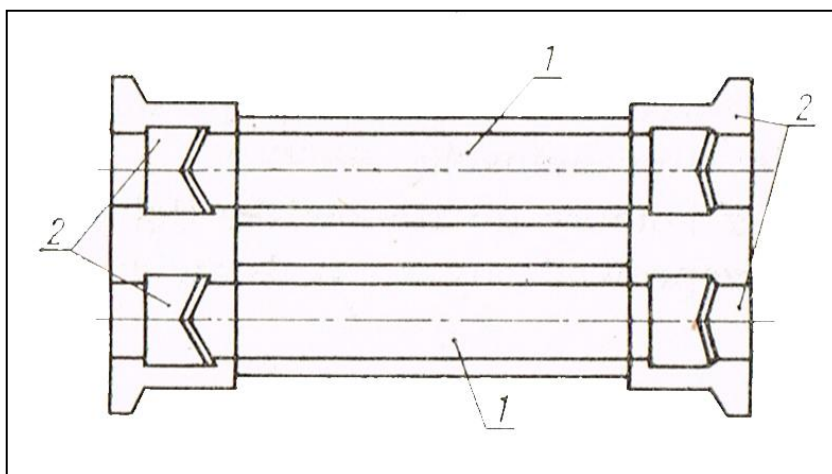
O liczbie komór, a tym samym stopniach śluzowania decyduje różnica spadu, choć jeśli to możliwe najczęściej dąży się do budowy śluz jednostopniowych. Na Rys.3. przedstawiono przykład śluzy trzystopniowej. Śluzy takie noszą nazwę

schodkowych, wielostopniowych lub sprężynowych. W tym typie wrota pierwszej komory są równocześnie wrotami górnymi komory następnej.



Rys.3. Śluza trzystopniowa; 1- wrota (zamknięcia), 2- komora śluzy [1]

Przy dużym natężeniu ruchu buduje się dwie śluzy obok siebie. Są one nazywane śluzami bliźniaczymi. Przykład takiej śluzy przedstawiono na Rys.4. Umożliwiają one jednoczesne skierowanie statków w obu kierunkach. Jeśli przewiduje się, że na danej drodze wodnej będą pływały jednostki o zróżnicowanych wymiarach i ładowności, to wymiary śluz mogą być zróżnicowane, co zmniejsza zapotrzebowanie wody na śluzowanie.



Rys.4. Śluza bliźniacza (podwójna); 1- komora śluzy, 2- głowa śluzy [1]

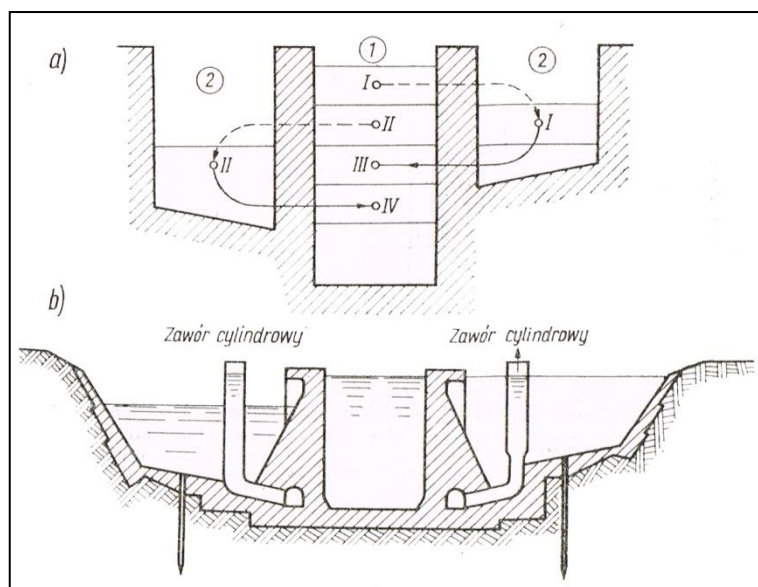
W zależności od wysokości spad, czyli różnicy poziomów wody górnego i dolnego stanowiska H_s rozróżnia się śluzy:

- o małym spadzie $H_s \leq 4$ m,
- o średnim spadzie $4 < H_s < 10$ m,
- o dużym spadzie $10 < H_s < 20$ m.

W zależności od ilości wody na śluzowanie, śluzy można podzielić na:

- nie wymagające oszczędności wody,
- śluzy oszczędnościowe. Przykład takiej śluzy przedstawiono na Rys.5.

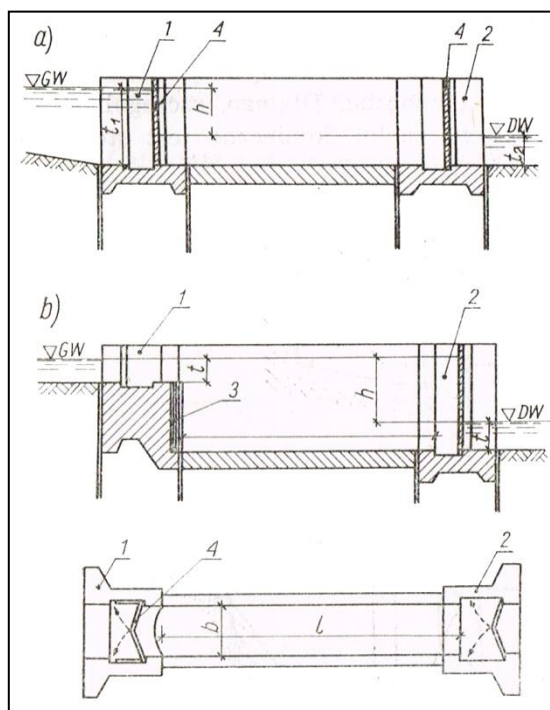
Ilości wody potrzebne do śluzowanie są znaczne, dlatego, szczególnie na kanałach o dużym natężeniu ruchu, konieczne jest stosowanie śluz oszczędnościowych.



Rys.5. Przykład śluzy oszczędnościowej; 1- komora śluzy, 2- baseny oszczędnościowe, 3- zawór cylindrowy (strzałki ciągłe – napełnianie, strzałki przerywane – opróżnianie komory) [1]

Śluza oszczędnościowa różni się od zwykłej obecnością jednego lub dwu zbiorników oszczędnościowych, do których przy śluzowaniu statku do dolnego stanowiska zrzuca się wodę z komory i tą samą wodą ze zbiorników napełnia się dolną część komory przy śluzowaniu statku do górnego stanowiska.

W każdym z typów śluz komorowych wymienionych powyżej, mogą być komory ze ścianą spadową lub bez niej. Sytuację taką przedstawiono na Rys.6.

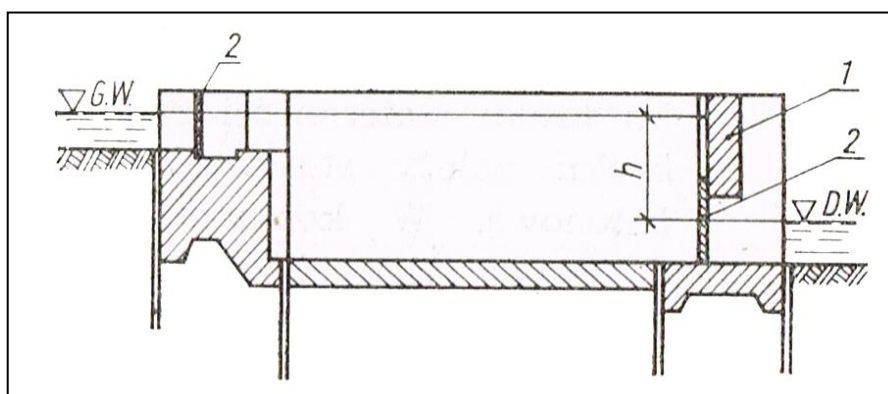


Rys.6. Przekrój podłużny śluzy: a) bez ściany spadowej b) ze ścianą spadową; 1- głowa górna, 2- głowa dolna, 3 – ściana spadowa, 4- wrota, t_1 – głębokość stanowisk, h – spad śluzy, l – długość śluzy, b – szerokość komory śluzy [1]

Najprostszym typem śluzy komorowej jest śluza bez ściany spadowej, w której komora od strony górnej i dolnej wody jest zamknięta wrotami jednakowej wysokości. Powoduje to różnicę głębokości wody na progach.

Obecnie najczęściej są stosowane śluzy ze ścianą spadową. W tym typie śluz głębokości wody na progach od strony wody górnej i dolnej są jednakowe, wysokości wrót natomiast są różne. Wysokość wrót górnych określa głębokość użyteczna na progu. Zależna jest ona od zanurzenia statku, łącznie z zapasami. Wysokość wrót dolnych jest znacznie większa i zależy od głębokości użytecznej zwiększonej o spad między

stanowiskami. Jeśli w takim rozwiązaniu konieczna wysokość wrót dolnych jest zbyt duża, wówczas można je wykonać jako ruchome tylko do wysokości użytecznej zwiększonej o wysokość części nawodnej obiektów służowanych. Pozostała część wysokości (od góry) zamknięta jest ścianą stałą. Sytuację taką obrazuje Rys.7.



Rys.7. Śluz komorowa; 1 – zamknięcie dolne – częściowo ściana stała, 2 – wrota ruchome [1]

Opis konstrukcji śluz

Rodzaj konstrukcji śluzy uwarunkowany jest wieloma zależnościami, tj.:

- wielkością piętrzenia (spadu) zwierciadła wody oraz minimalną głębokością wody na progu i w komorze ,
- przyjętym systemem hydraulicznym napełniania i opróżniania śluzy,
- rodzajem niezbędnego wyposażenia technologicznego,
- geologią podłoża i warunkami hydrogeologicznymi w zakresie warunków posadowienia obiektu,
- możliwościami wykonawczymi obiektu.

Podstawowe wymiary śluz, a w szczególności szerokość i długość komory są dostosowane do klasy drogi wodnej i wymiarów jednostek typowych pływających na danej drodze wodnej. Minimalne wymiary śluz w zależności od klasy drogi wodnej podano w Tabeli 1.

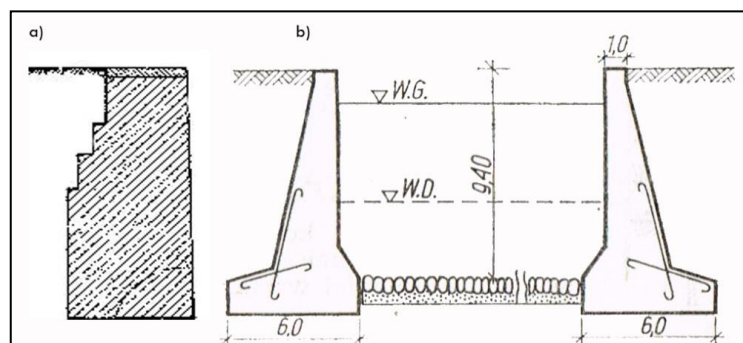
Tabela 1. Minimalne wymiary śluz w zależności od klasy drogi wodnej [1]

Klasa drogi wodnej	Wymiary [m]		
	Długość użyteczna *	Szerokość użyteczna	Głębokość na progu
I	85,0	>12,0	3,50
II	85,0	12,0	3,00
III	57,4	9,6	2,25
IV	42,0	9,6	1,50
V	28,0 - 42,0	3,1 – 5,0	1,50

* W śluzach bez ściany spadowej jest to odległość między krawędziami wnęk zamknięcia dolnego i górnego, a w śluzach za ścianą spadową – odległość od lica ścianki spadowej do krawędzi wnęki zamknięcia dolnego.

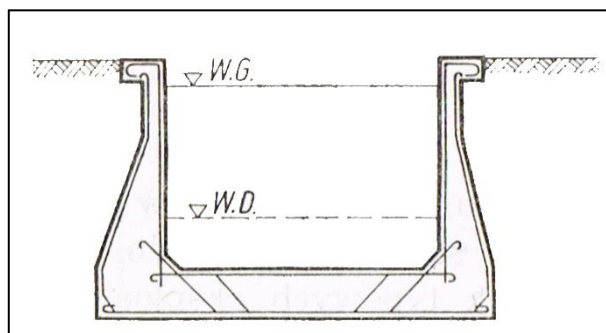
1.3.1 Komory śluz

Komory śluz mogą być wykonane w postaci murów oporowych (Rys.8.) lub doku (Rys.9.). W konstrukcjach w postaci muru oporowego powierzchnia dna między ścianami bocznymi komory – w przypadku gdy jest zachowana stateczność na przesunięcie tych ścian – może być murowana z cegły lub brukowana kamiennymi ciosami. W budowlach historycznych jak na przykład w przypadku śluz wrocławskich dno komory gęsto palowano, w innych w najprostszy możliwy sposób wykonywano je w postaci narzutu kamiennego. Właściwe zabezpieczenie dna komory jest istotne ze względu dla zahamowania procesów erozyjnych. W przypadku braku stateczności ścian na przesunięcie – zamiast wyżej wymienionych sposobów wykończenia dna komory - należy stosować płytę betonową.

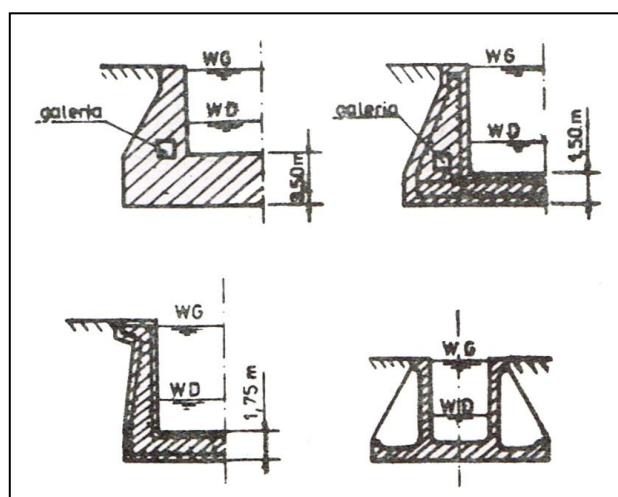


Rys.8. Komory śluz w postaci ściany oporowej: a) w technologii murowanej, b) w technologii żelbetowej [1]

W komorze typu dokowego ściany boczne i dno tworzą konstrukcję monolityczną. Obecnie buduje się przeważnie komory typu dokowego. Typowe przekroje śluz w konstrukcji dokowej przedstawiono na Rys.10.



Rys.9. Konstrukcja śluz typu dokowego [1]



Rys.10. Typowe przekroje śluz konstrukcji dokowej [2]

Ściany boczne komory mogą być murowane z cegły pełnej, bloków kamiennych a także z jednoczesnym zastosowaniem obu tych materiałów. Obecnie najczęściej do wykonania ścian bocznych stosuje się beton, lub stanowią one konstrukcję żelbetową. Konstrukcja ścian bocznych nie posiadających kanałów obiegowych czy galerii podłużnych służących do napełniania śluzy jest mniej masywna. Kanały podłużne prowadzone wzdłuż ściany komory znacznie pogrubiają całą konstrukcję.

W dzisiejszych czasach, w przypadku wykonania ścian bocznych w technologii betonowej – zbrojenie ścian i dna śluzy stosuje się nawet w przypadkach, gdzie nie uzasadniają tego obliczenia. Dzieje się tak głównie ze względu na oddziaływania

termiczne. Częste zmiany poziomów zwierciadła wody w komorze powodują duże i częste różnice temperatur w ścianach, co uzasadnia stosowanie tak zwanego zbrojenia konstrukcyjnego.

Grubość ścian komory śluzy nie może być mniejsza od 0,5 m, a wzniesienie komory ścian ponad najwyższy poziom zwierciadła wody górnej powinno wynosić od 0,5 do 1,0 m.

Wymiary głów śluz i ich kształty zależą od typu stosowanych zamknięć oraz sposobu napełniania i opróżniania komory śluzy. Najpowszechniejszym typem zamknięć są wrota wsporne.

Głębokość komory wrót, liczona od poziomu progu, o który opierają się wrota dołem, wynosi

$$\alpha_0 = 0,5 - 1,0 \text{ m.}$$

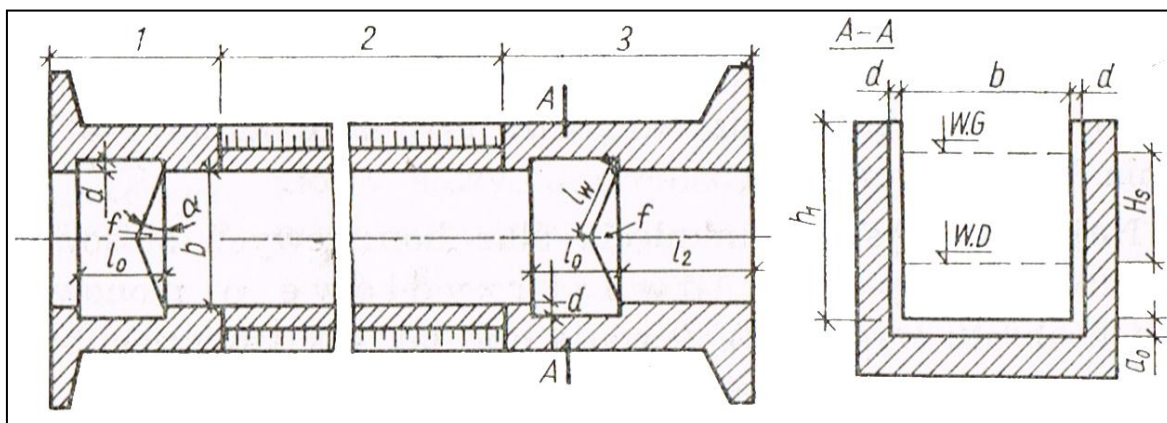
Głębokość niszy wrót d w ścianach przyczółków głowy powinna wynosić 10% szerokości komory śluzy b_s i być większa o 10 cm od grubości wrót G_w czyli

$$D = 0,1 b_s \geq 0,10 + G_w \text{ m.}$$

Strzałka progu f powinna wynosić

$$f = b_s/2 \cdot \operatorname{tg}\alpha$$

gdzie: $\alpha = 20 - 22^\circ$ - kąt odchylenia progu oporowego od kierunku prostopadłego do przyczółków.



Rys.11. Wymiarowanie głów śluz; 1 – głowa górna, 2 – komora śluzy, 3 – głowa dolna [1]

Długość niszy wrót l_0 , w której wrota umieszczone są w położeniu otwartym zależy od długości skrzydła wrót l_w liczonej od osi obrotu do osi śluzy. Długość skrzydła określa się z zależności

$$l_w = (b_s + 2d) / (2 \cos \alpha)$$

a długość niszy – zależności

$$l_0 = 1,05 - 1,10 l_w$$

Długość odcinka wlotowego głowy górnej l_1 przyjmuje się równą 50 – 70% różnicy poziomów wody stanowiska górnego i dolnego H_s , a długość progu oporowego w głowie dolnej l_2 w granicach od h do h_1 , przy czym długość l_2 nie powinna być mniejsza od 5,0 m.

Wzniesienie bocznych murów głów ponad najwyższy poziom wód powinno wynosić od 0,5 do 1,0 m, a wzniesienie górnej krawędzi wrót ponad ten poziom – od 0,3 do 0,5 m.

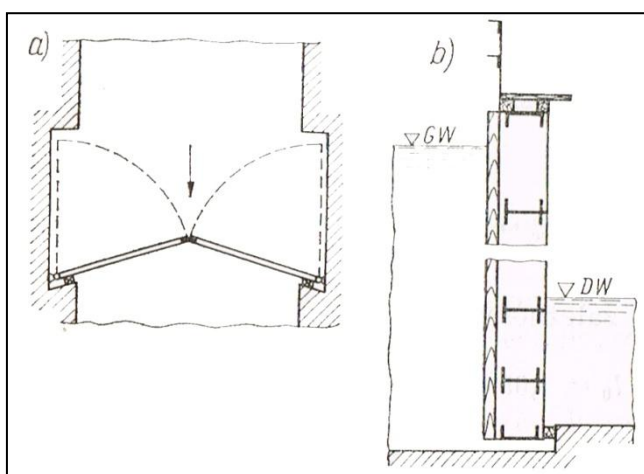
1.3.2 Zamknięcia śluz

W celu odcięcia komory śluzy od górnego i dolnego stanowiska stosuje się zamknięcia, zwane wrotami górnymi i dolnymi. Wrota te muszą:

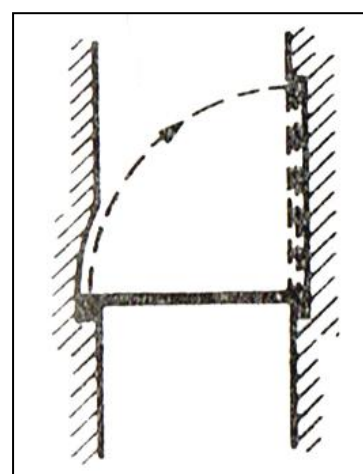
- przejąć bezpiecznie siły od obciążeń zewnętrznych (parcia wody) i ciężaru własnego,
- być szczelne, aby ograniczyć do minimum straty wody,
- być tak skonstruowane, aby czas zamykania i otwierania był najkrótszy.

Najczęściej jako zamknięcia śluz komorowych stosowane są wrota wsporne dwuskrzydłowe o pionowych osiach obrotu, które przedstawiono na Rys.12.. Wrota po otwarciu chowają się we wnęki nie zmieniając szerokości użytecznej śluzy. Są one najstarszym stosowanym dotychczas typem wrót. Swoją popularność zawdzięczają licznym walorom konstrukcyjnym i użytkowym. Wśród stosowanych typów zamknięć śluzowych wrota wsporne pozostają do dnia dzisiejszego rozwiązaniem konstrukcyjnym najtańszym. Do zalet można zaliczyć: prostotę konstrukcji, niezawodność eksploatacyjną,

łatwość manewrowania (w tym stosunkowo szybkie zamykanie i otwieranie), oraz możliwość wykonania otworów służących do napełniania i opróżniania komór śluzowych. Podstawową ich wadą jest duża wrażliwość na nierównomierne osiadanie głowy śluzy, są one wrażliwe na uderzenia jednostek pływających i wymagają niezależnego napędu dla każdego skrzydła. Stąd też w śluzach o małych szerokościach stosuje się czasem jako zamknięcia wrota jednoskrzydłowe, ale wtedy długość głowy jest prawie dwa razy większa niż dla wrót dwuskrzydłowych. Schemat wrót wspornych jednoskrzydłowych przedstawiono na Rys.13.



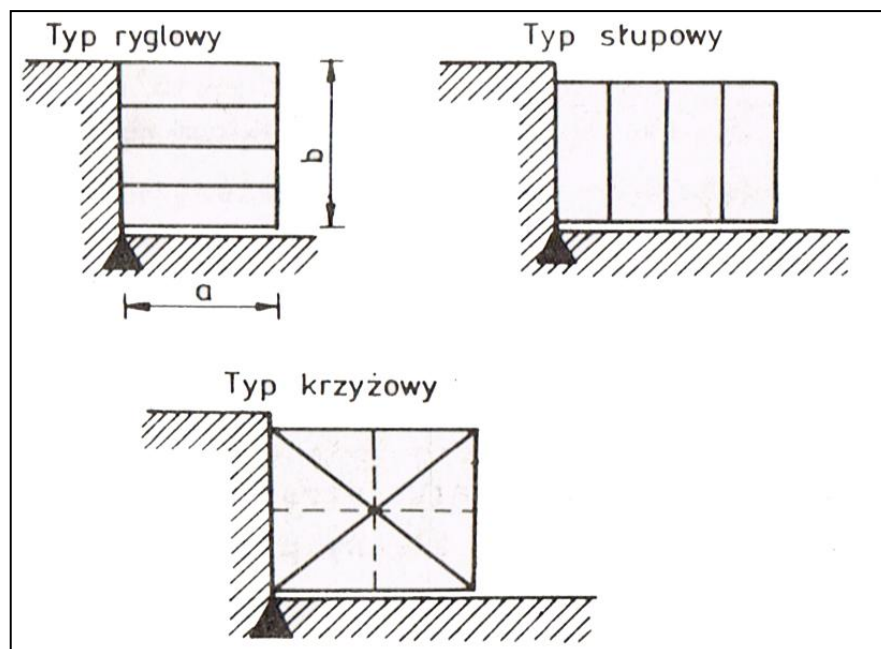
Rys.12. Wrota wsporne dwuskrzydłowe:
a) widok z góry, b) przekrój pionowy [1]



Rys.13. Wrota wsporne jednoskrzydłowe – widok z góry [1]

Wrota śluz początkowo wykonywano tylko w konstrukcji drewnianej. Z biegiem czasu i rozwojem techniki a także w miarę dostępu do materiałów zaczęto stosować wrota o konstrukcji stalowo – drewnianej, w których główną konstrukcję stanowiły właśnie elementy stalowe. Drewno zaś pełniło funkcję wypełnienia stalowych ram, a także elementów uszczelniających całość konstrukcji. Dziś bardzo często można spotkać się z wrotami śluz w całości wykonanymi ze stali.

Zależnie od rodzaju rusztu konstrukcji stalowej wrota można podzielić na ryglowe, słupowe i krzyżowe. Rygle wykonuje się wówczas, gdy ich wysokość jest większa od szerokości skrzydła a słupowe odwrotnie. Często stosuje się kombinację wrót ryglowych w połączeniu z krzyżowymi uzyskując dzięki temu dużą sztywność konstrukcji. Poszczególne typy wrót przedstawiono na Rys.14 i Rys.15.



Rys.14. Typy wrót wspornych [2]

Skrzydło wrót składa się z rusztu oraz opierzenia, przy czym skrajne słupy i rygle tworzą ramę. Skrzydło stalowych wrót może być płaskie, lub może mieć kształt łukowy z wypukłością skierowaną w stronę wody górnej. Poszczególne dźwigary rusztu wrót płaskich pracują na zginanie oraz ściskanie, a łukowych – tylko na ściskanie.

Płaskie wrota ryglowe przenoszą parcie wody w następujący sposób:

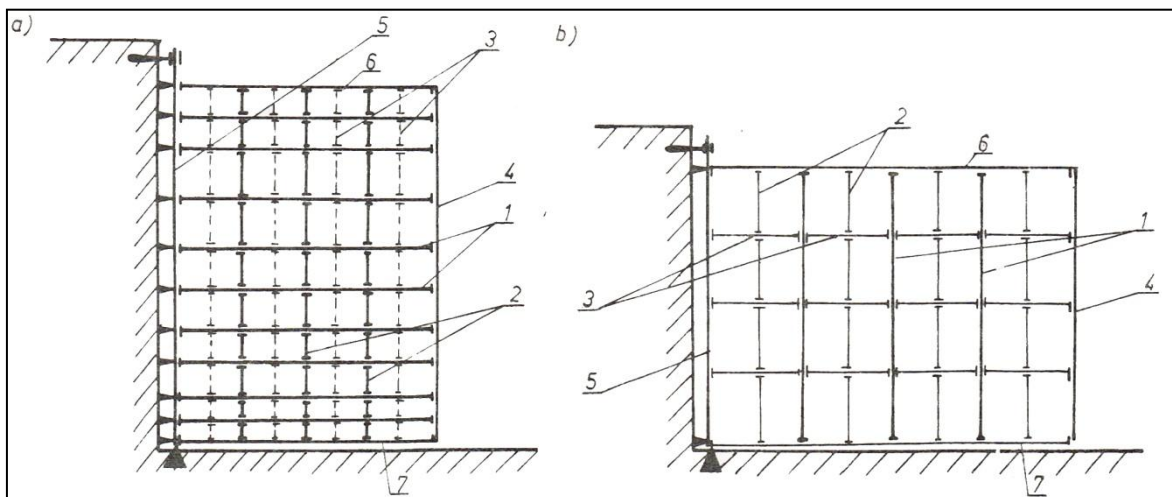
- opierzenie przenosi ciśnienie wody na rygiel,
- rygiel pracujący na zginanie i ściskanie przenosi parcie na słup obrotowy i wsporny,
- słup obrotowy za pośrednictwem części oporowych (konsole oporowe) każdego rygla przenosi parcie na przyczółek głowy śluzy.

Płaskie wrota słupowe pracują w sposób następujący:

- opierzenie przenosi ciśnienie wody na słupy,
- słupy przenoszą z kolei ciśnienie na rygiel górny i dolny,
- górny rygiel przenosi ciśnienie na przyczółek za pośrednictwem łożysk,

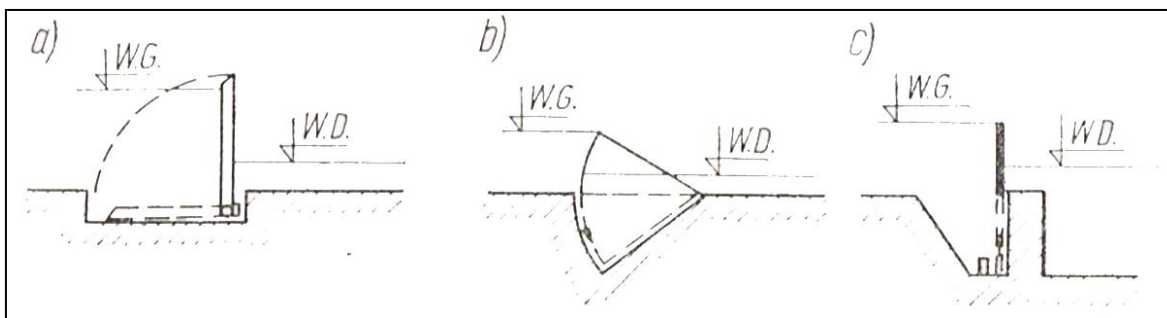
- dolny rygiel ramy, opierający się o próg, przenosi obciążenie ze słupów bezpośrednio na próg.

Rygle wykonuje się zwykle o jednakowym przekroju i rozmieszcza się je w odległościach zmniejszających się ku dołowi, tak by każdy rygiel był jednakowo obciążony parciem hydrostatycznym. We wrotach łukowych, wypukłość rygli występuje od strony wody górnej. Rygle zwykle mają kształt dwuteownika, dla niewielkich piętrzeń stosuje się kształtowniki z profili walcowanych, a dla dużych piętrzeń w postaci blachownic, obecnie z reguły o konstrukcji spawanej. Opierzenie wrót stalowych wykonuje się najczęściej z arkuszy blachy o grubości 7-18mm. Styki opierzenia umieszcza się na słupach lub ryglach. W celu zmniejszenia odstępów między dźwigarami służącymi do oparcia opierzenia wprowadza się dodatkowo dźwigary z kątowników, które we wrotach ryglowych umieszcza się pionowo, a we wrotach słupowych poziomo.



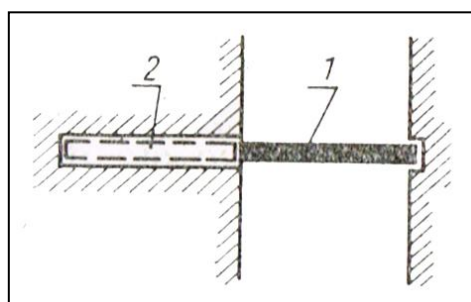
Rys.15. Wrota: a) ryglowe, b) słupowe; 1 – główne rygle lub słupy (konstrukcja nośna), 2,3 – rygle lub słupy pośrednie, 4 – słup wsporny, 5 – słup obrotowy, 6 – rygiel górny, 7 – rygiel dolny [2]

W śluzach ze ścianą spadową jako zamknięcie głowy górnej stosuje się wrota kładzione (klapowe lub segmentowe) o poziomej osi obrotu lub wrota opuszczane, które zobrazowano na Rys.16.



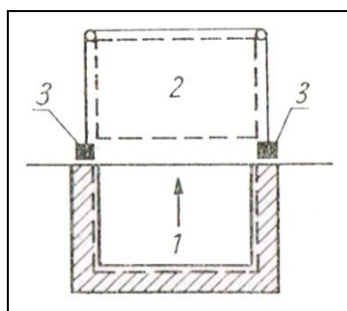
Rys.16. Wrota kładzione i opuszczane; a) klapowe, b) segmentowe, c) opuszczane [1]

W śluzach o dużych szerokościach i jednocześnie małych spadach stosuje się wrota przesuwne zwane też toczonymi, które przedstawiono na Rys.17. W czasie otwierania przesuwają się one do niszy prostopadle do osi śluzy. Rozwiązanie takie wymaga znacznie rozbudowanej głowy śluzy, a gromadzące się w niszy zanieczyszczenia mogą utrudniać wtaczanie i wytaczanie wrót.



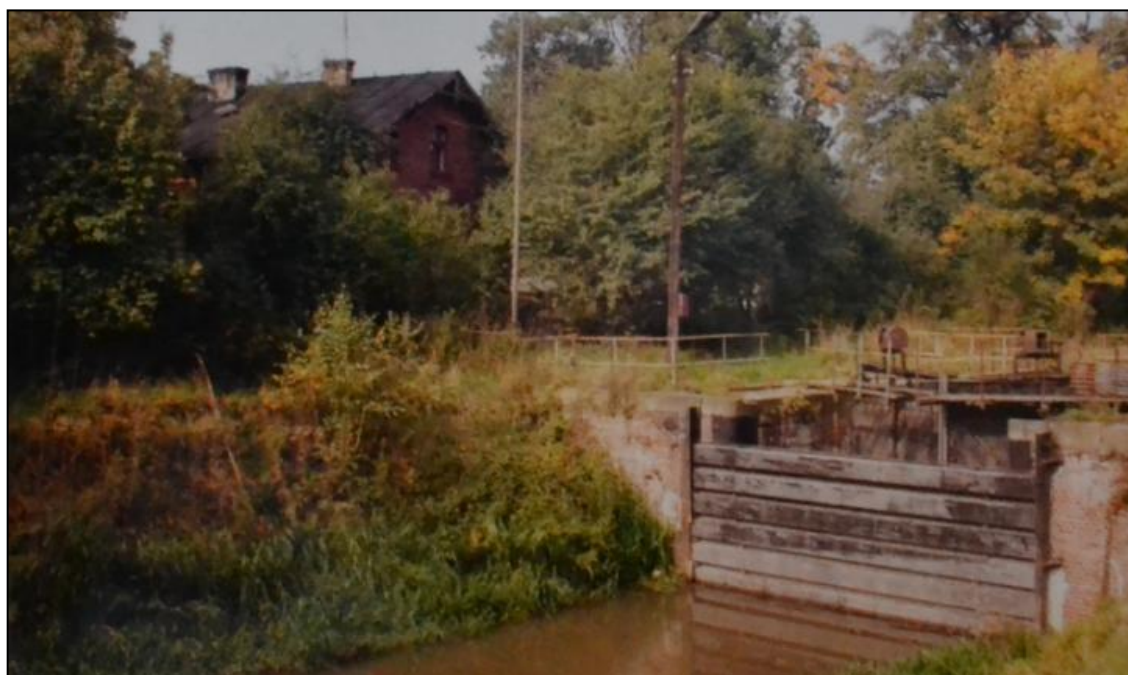
Rys.17. Wrota przesuwne (przesuwane do nisz w bok); 1 – wrota w położeniu zamkniętym, 2 – wrota w niszy (śluza otwarta) [1]

W śluzach o dużych spadach jako zamknięcie dolne stosuje się wrota podnoszone (Rys.18). Tak rozwiązane zamknięcie wymaga budowy mostu, na którym montowane są przeciwwagi i urządzenia wyciągowe.



Rys.18. Wrota podnoszone; 1 – śluza zamknięta, 2 – wrota w górze (śluza otwarta),
3 – przeciwwagi [1]

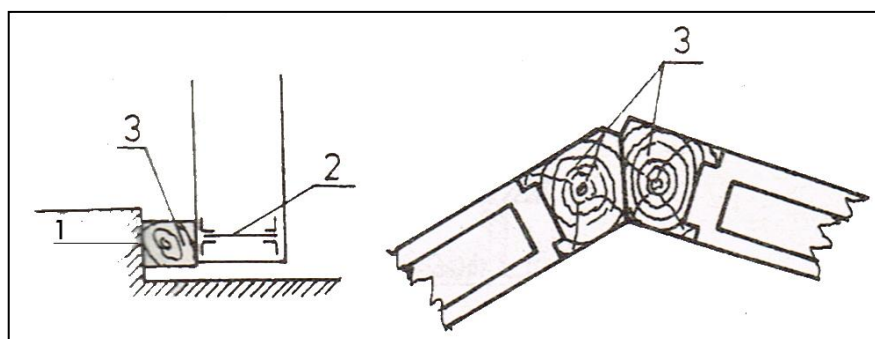
Zaraz obok wrót, jako o urządzeniach zamykających śluzy wspomnieć należy także o zamknięciach remontowych. Proste w swej konstrukcji, szandory wykonywane poprzez zakładanie drewnianych belek służących do zamknięcia śluzy w czasie remontu. Niejednokrotnie dość trudne przedsięwzięcie ze względu na klinowanie się belek we wnękach podczas ich wkładania. Realizowane ręcznie lub z wykorzystaniem specjalnego pływającego lub samojezdnego dźwigu. We współczesnych budowlach zastosowanie mają zmechanizowane rozwiązania zakładania belek, w postaci składanej konstrukcji. Przykładowe zamknięcia remontowe przedstawiono na Rys.19.



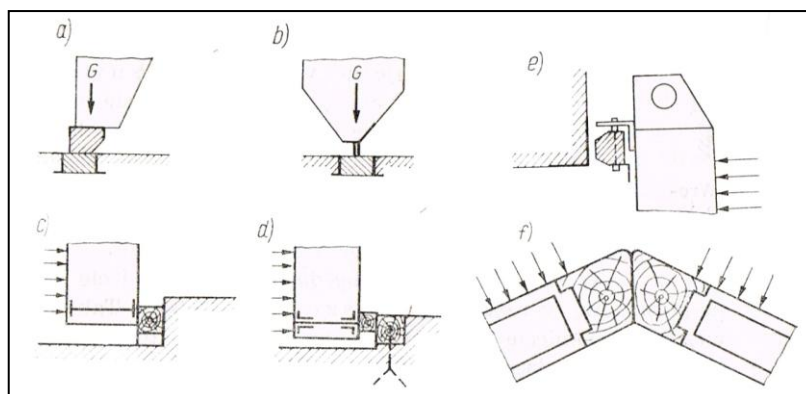
Rys.19. Widok na zamknięcia remontowe – wrota szandorowe na śluzie komorowej w Koźlu [11]

1.3.3 Uszczelnienie wrót

Prawidłowo wykonane i niewyeksplotowane skrzydło wrót jest praktycznie nieprzepuszczalne. Przecieki wody mogą wystąpić jedynie w płaszczyznach styku ramy skrzydła ze ścianami wnęki, progu i drugim skrzydłem wrót. Aby jak najbardziej ograniczyć straty wody, wrota służ w wyżej wymienionych miejscach muszą być możliwie szczelne. Ich szczelność od dawien dawna uzyskuje się przez zastosowanie dębowych brusów, ponieważ z uwagi na sprężystość tego materiału uzyskuje się ściśle przyleganie ramy skrzydła do głów służy oraz do słupa wspornego drugiego skrzydła. Uszczelnienie pomiędzy dolną częścią skrzydeł a progiem uzyskuje się za pomocą bala dębowego. Przymocowany jest on do dolnego rygla wrót, a dzięki parciu wody na wrota mocno dociskany do progu. Uszczelnienie w wyżej wymienionych elementach przedstawiono na Rys.20 i Rys.21. Obecnie w celu uszczelnienia stosuje się gumowe taśmy.



Rys.20. Uszczelnienie progu i słupów wspornych; 1 – próg, 2 – rygiel dolny, 3 – belki dębowe [2]



Rys.21. Uszczelnienie wrót: a) i b) przez docisk ciężarem własnym, c - f) w wyniku parcia wody [1]

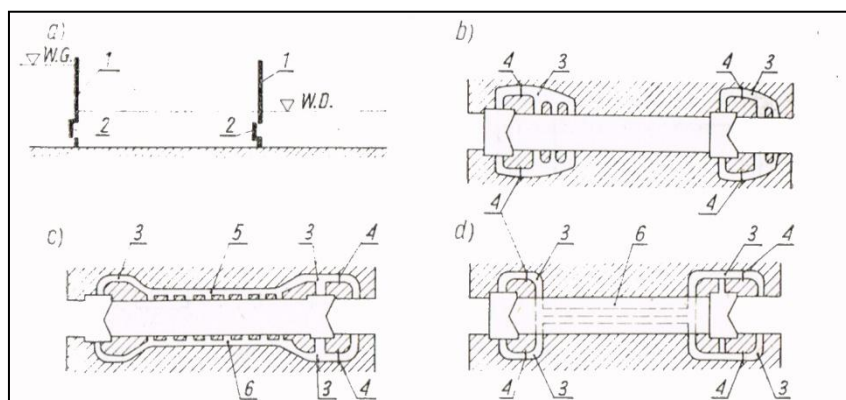
1.3.4 Napełnianie i opróżnianie komór

Najprostszym typem do napełniania i opróżniania komory służy są zastawki zlokalizowane we wrotach. Taki typ urządzeń stosowany jest dla niewielkich słuź i niewielkich spadów, sięgających dwóch metrów.

W przypadku słuź o spadach 2 - 5 m stosuje się do napełniania i opróżniania komór kanały obiegowe zlokalizowane w głowie służy, z ominięciem samych wrót.

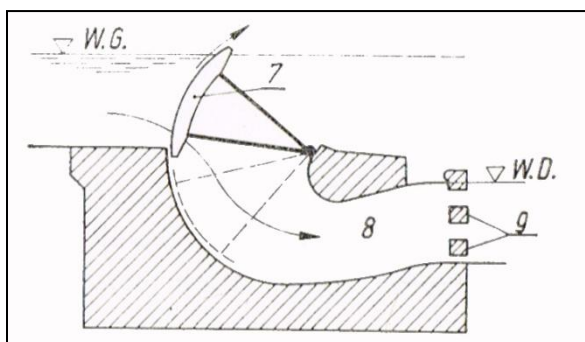
Przy napełnianiu komór słuź o spadach $h > 5$ metrów stosuje się kanały obiegowe połączone z galeriami podłużnymi. W tym rozwiązaniu woda do komory dochodzi przez liczne otwory w ścianach bocznych, lub też przez pionowe otwory odchodzące od galerii umieszczonych w płycie dennej komory.

Poszczególne sposoby napełniania i opróżniania komór przedstawiono na Rys.22.



Rys.22. Napełnianie i opróżnianie komór słuź: a) przez zastawki we wrotach, b) przez kanały obiegowe, c) przez galerie podłużne, d) przez galerie podłużne i otwory w płycie dna; 1 – wrota, 2 – zastawki we wrotach, 3 – kanały obiegowe, 4 – zamknięcia kanałów, 5 – galerie, 6 – galerie i otwory w płycie [1]

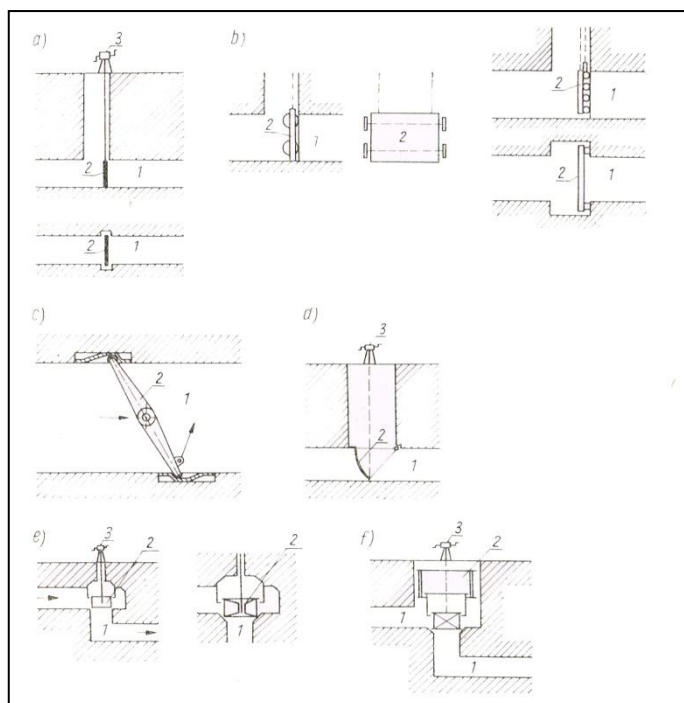
Bywa że stosuje się także inne, bardziej zaawansowane i tym samym mniej typowe rozwiązania napełniania komór. Jednym z przykładów jest napełnianie przez segmentowe wrota służy, w którym woda pływa do komory kanałem zlokalizowanym pod wrotami. Dodatkowo, aby zmniejszyć energię wody wpływającej do komory stosuje się u wylotu kanałów belki poprzeczne. Schemat napełniania i opróżniania komór przez wrota segmentowe przedstawiono na Rys.23.



Rys.23. Napelnianie i opróżnianie komór śluz poprzez podniesienie segmentu; 7 – segment podnoszony przy napełnianiu komory i opuszczany przy wchodzeniu (wychodzeniu) statków ze lub do śluzy, 8 – kanał, 9 – belki do przejmowania energii [1]

Zarówno kanały obiegowe jak i galerie podłużne muszą być wyposażone w szczelne zamknięcia, które przedstawiono na Rys.24. Zamknięcia te dzielą się na cztery zasadnicze typy:

- zasuwowe ślizgowe (dla małych piętrzeń do 3 m wysokości),
- zasuwowe na rolkach (dla większych piętrzeń),
- motylkowe w formie dysku stalowego, który umocowany na osi pionowej umożliwia otwarcie od 0 - 90°,
- segmentowe (w śluzach o dużych spadach),
- cylindryczne o różnych formach (zamknięcia cylindryczne otwarte i zakryte).



Rys.24. Zamknięcia kanałów obiegowych: a) zasuwowe ślizgowe, b) zasuwowe na rolkach, c) – motylkowe, d) – segmentowe, e) – cylindryczne zamknięte, f) cylindryczne otwarte; 1 – kanał, 2 – zamknięcie, 3 – mechanizm uruchamiający [1]

Urządzenia zasilające komorę śluzy wodą powinny być zaprojektowane w taki sposób, aby napełnianie i opróżnianie komory trwało jak najkrócej, odbywając się zarazem możliwie równomiernie na całej powierzchni komory. Wyeliminowanie ruchów falowych i prądów podłużnych jest warunkiem koniecznym dla bezpiecznego śluzowania statków. Stąd właśnie prędkość pionowych zmian zwierciadła wody w komorze:

$$V = H_s/t \leq 0,02 - 0,05, \text{ m/s}$$

gdzie: H_s – spad na śluzie, m,

t – czas opróżniania lub napełniania śluzy, s.

Wspomniane wyżej niekorzystne ruchy wody w komorze śluzy eliminuje się lub zmniejsza również poprzez właściwe rozwiązanie urządzeń zasilających, a w szczególności sposobu i czasu otwierania zamknięć tych urządzeń. W praktyce czas otwierania zamknięć przyjmuje się:

- dla zastawek $t_1 = 2 \text{ min}$,

- dla zamknięć kanałów obiegowych i galerii $t_1 = 3$ min.

We współczesnych szluzach czas napełniania czy opróżniania komory wynosi $t = 5$ min dla spadów rzędu 5 – 7 m, oraz $t = 7 – 8$ min dla spadów rzędu 10 -15 m.

1.3.5 Wyposażenie szluz

W celu przeprowadzenia bezpiecznego procesu szluzowania, komory szluz powinny być wyposażone w szereg niezbędnych urządzeń. Wyodrębnia się tu urządzenia:

- cumownicze,
- odbojowe,
- komunikacyjne,
- aparatura kontrolno-pomiarowa.

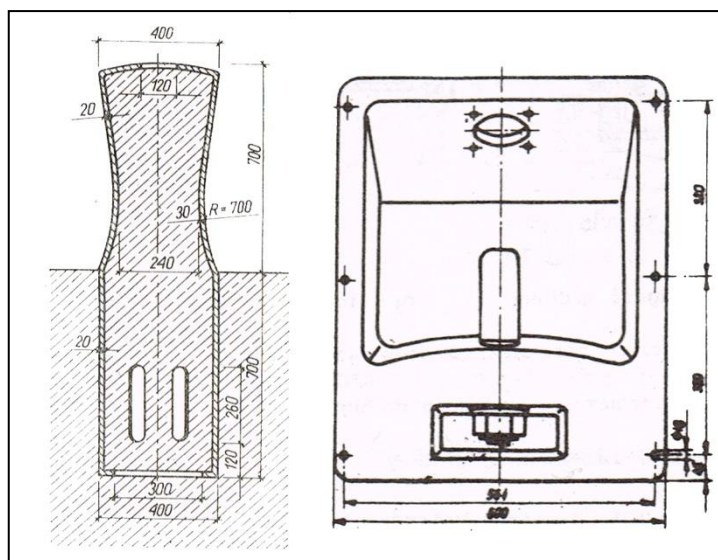
A. Urządzenia cumownicze

Do urządzeń cumowniczych zalicza się:

- pachoły (polery)
- krzyże (haki cumownicze).

Pachoły mogą występować w dwóch odmianach. Wyróżniamy pachoły cumownicze nabrzeżne i pachoły ściennie, które przedstawiono na Rys.25 i 26. Mogą one być wykonane z drewna, żeliwa lub żelbetu.

Pachoły powinny być rozmieszczone na obu koronach ścian bocznych komory, w odstępach równych około 1/3 długości statku i nie rzadziej niż co 30 metrów. Przy spadkach szluz większych od 3 m pachoły muszą być również umieszczone w ścianach szluz komory.

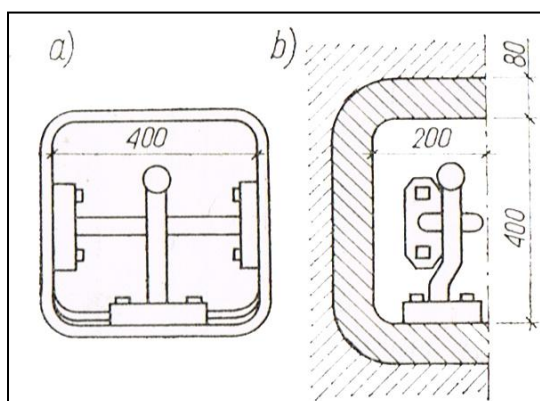


Rys.25. Pachoł cumowniczy nabrzeżny [1] i pachoł cumowniczy ścienny [2]



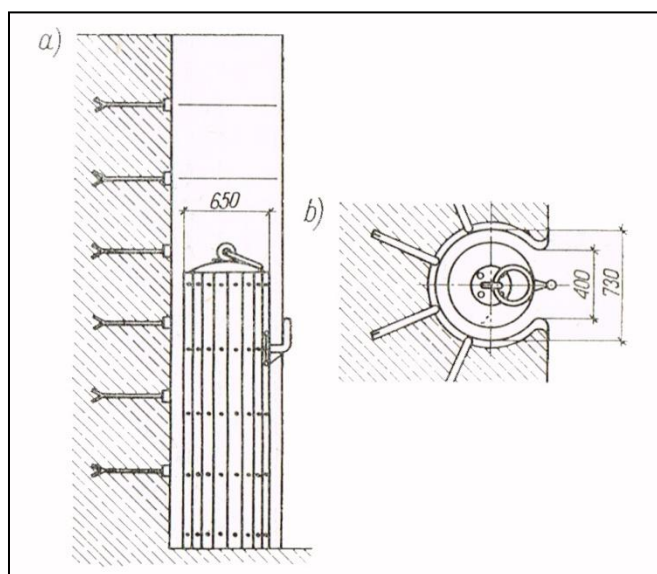
Rys.26. Pachoły cumowniczy nabrzeżny i ścienny zlokalizowane w pobliżu śluzy Januszkowice. Zdjęcie z dnia 21.04.2014

W nowych typach słuz zamiast pachołów ściennych stosuje się krzyże żeliwne, które zobrazowano na Rys.27. Ważne jest, aby zarówno pachoły jak i krzyże w ścianach bocznych nie wystawały z lica ściany. Urządzenia cumownicze na wysokości ściany rozmieszcza się co 1,5-2,0 m.



Rys.27. Hak cumowniczy krzyżowy; a) widok, b) przekrój [1]

W słuzach o dużym piętrzeniu obecnie zamiast słabych polerów i haków stosuje się urządzenia cumownicze pływające lub mechaniczne. Hak cumowniczy w tym przypadku mocowany jest do pływaka, który porusza się we wnęce przy zmianie poziomów wody w komorze. Schemat pływaka wraz z hakiem cumowniczym przedstawiono na Rys.28. Haki pływające działają sprawnie jedynie przy dodatnich temperaturach powietrza, stąd urządzenia tego typu muszą być wyposażone w instalację ogrzewającą wnękę.



Rys.28. Pływak cumowniczy; a) widok z boku, b) widok z góry [1]

B. Urządzenia odbojowe

Statki wpływające lub wypływające z komory śluzy mogą uderzać o ściany komory, ocierać się o nie lub o otwarte wrota, co prowadzi do uszkodzeń ścian, wrót i samych statków. Do zmniejszenia strat uderzenia statku stosuje się urządzenia odbojowe mocowane w ścianach komory śluzy. Są to przeważnie brusy dębowe mocowane pionowo w odległościach 3 – 10 metrów.

Zamiast odbojnic stałych stosuje się też mocowane do burt statków węzły z lin lub obecnie stare opony samochodowe, które to spełniają funkcję odbojnic.

W dzisiejszych czasach do śluzowania zestawów pchanych, których szerokość jest niewiele mniejsza od szerokości śluzy, zamiast odbojnic pionowych stosuje się poziome prowadnice ślizgowe z płaskowników metalowych. Przykład metalowych prowadnic zilustrowano na Rys.29.



Rys.29. Prowadnice poziome wykonane z kształtowników metalowych zlokalizowane przy jednej z komór Januszkowickiej śluzy. W głębi widoczny zacumowany zestaw. Górny awanport, zdjęcie z dnia 20.04.2014

Brusy odbojowe w układzie poziomym, pionowym lub krzyżowym (w formie ram) powinny być również umieszczone na wrotach od strony przeciwnej niż posycie wrót.

C. Urządzenia komunikacyjne

Wśród urządzeń komunikacyjnych wyróżnia się:

- drabiny,
- pomosty komunikacyjne,
- parapety,
- krawężniki.

Po lewej stronie każdego ciągu urządzeń cumowniczych, w ścianach komory, w odpowiednich wnękach mocuje się drabinki metalowe. Drabiny te służą do komunikacji między statkiem a koroną murów śluzy a także do przekładania lin mocujących w czasie zmieniającego się poziomu wody w komorze lub w skrajnych przypadkach do opuszczania statku w razie jego awarii. Przykładową drabinkę metalową zilustrowano na Rys.30.



Rys.30. Widok na drabiny ścienne w śluzy Januszkowice. Zdjęcia z dnia 20.04.2014. Na drugim planie widoczny polder nabrzeżny

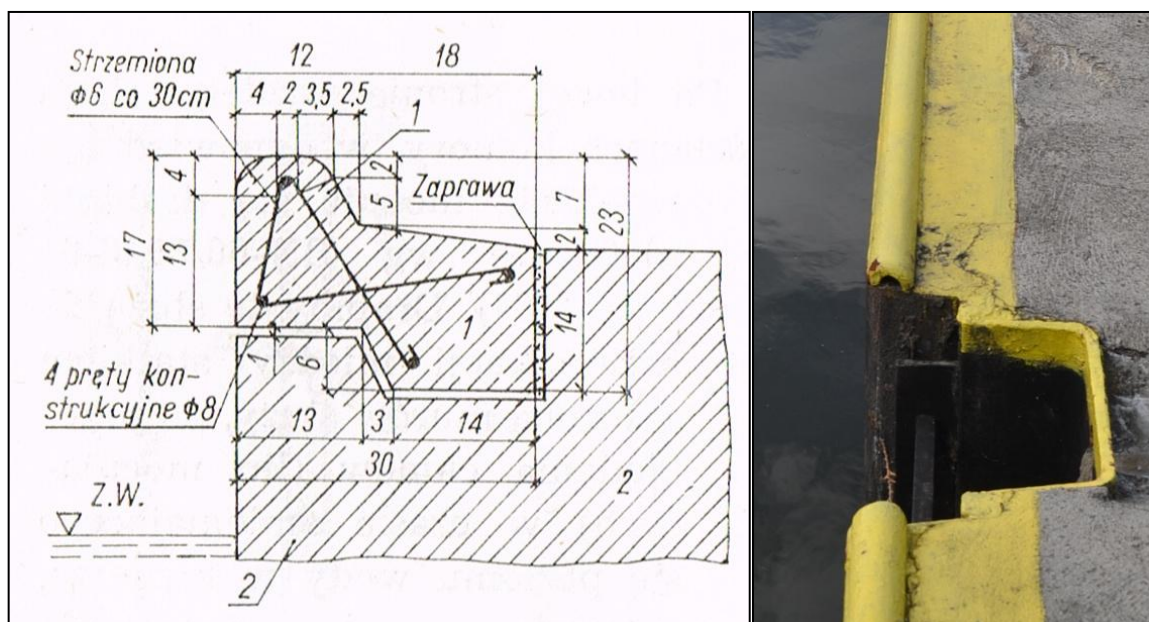
Do komunikacji między brzegami kanału lub ścianami śluzy na zamknięciach, głównie wrotach wspornych, stosuje się pomosty komunikacyjne, przykład którego przedstawiono na Rys.31.



Rys.31. Fotografia pomostu komunikacyjnego na śluzie komorowej w Koźlu. Zdjęcie z dnia 20.04.2014

Ścianki, tzw. Parapety stosuje się wzdłuż bocznych ścian śluzy, w celu ochrony przed ewentualnym wypadnięciem osób do komory. Mogą one być zrealizowane w formie ogrodzenia metalowego z rur żeliwnych, prętów stalowych, bądź w formie murków betonowych zlicowanych z płaszczyzną ściany komory. Wysokość parapetów powinna wynosić około 0,80 m.

W nowo wykonywanych śluzach betonowych lub żelbetowych na górnych powierzchniach ścian bocznych komory od wewnętrznej strony stosuje się krawężniki. Ich celem jest ochrona komory przed niszczącym działaniem wody i powietrza. Przykład takich krawężników zobaczyć można na Rys.32.



Rys.32. Przykładowy krawężnik betonowy [1] i krawężnik metalowy zlokalizowany na śluzie komorowej w miejscowości Januszkowice

D. Aparatura kontrolno - pomiarowa

W przypadku zabytkowych, niezmechanizowanych śluz komorowych w pełni obsługiwanych ręcznie - jedynym stosowanym urządzeniem typu kontrolno-pomiarowego była łąta wodowskazowa. Przyrząd ten służył do systematycznej obserwacji poziomu wody. Łaty z podziałem metrycznym były metalowe, rzadziej drewniane. Znajdowały się one na głowach śluzy po stronie wody górnej i dolnej. Przykładową łątę wodowskazową obrazuje Rys.33.



Rys.33. Przykładowa łata wodowskazowa zlokalizowana w awanporcie powyżej śluzy Januszkowice. Zdjęcie z dnia 20.04.2014

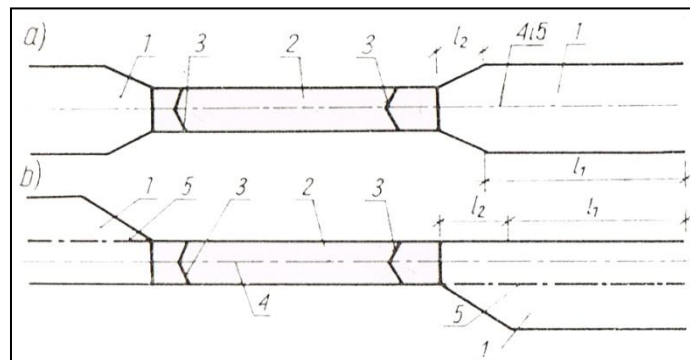
Obecnie aparaturę kontrolno pomiarową instaluje się w śluzach w celu ułatwienia systematycznej obserwacji stanu warunków pracy całej śluzy, jak i jej poszczególnych elementów. Stosuje się w tym celu: repery, piezometry, szczelinomierze oraz wspomniane wyżej łaty wodowskazowe.

W celu sprawnego działania śluzy mogą być wyposażone dodatkowo w światła sygnalizacyjne regulujące ruch, oświetlenie, automatyczną blokadę zamknięć w górnych i dolnych głowach. Obecnie, szczególnie na terenach Zachodniej Europy coraz częściej spotyka się śluzy z pełną automatyzacją, gdzie śluzowanie odbywa się bez udziału człowieka. Śluzy takie wyposażone są w zaawansowaną aparaturę elektroniczną, która w wyniku sygnałów nadawanych ze zbliżającego się statku włącza odpowiednie urządzenia umożliwiające śluzowanie.

E. Awanporty

W celu bezpiecznego wejścia statków do śluzy lub wyjścia z niej oraz chwilowego ich postoju, gdy śluza jest zajęta, buduje się przed górnym i dolnym stanowiskiem śluzy awanporty, zwane także kanałami podejściowymi. Rozplanowanie i wymiary awanportów mają istotny wpływ na zdolność przepustową śluz. W zależności od sposobu połączenia ze śluzą rozróżnia się awanporty:

- symetryczne, gdy oś śluzy pokrywa się z osią awanportu (Rys.34 a),
- niesymetryczne, o przesuniętych osiach (Rys. 34 b).



Rys.34. Schemat książkowy awanportów; a) awanporty symetryczne, b) awanporty niesymetryczne; 1 – awanport, 2 – komora śluzowa, 3 – wrota, 4 – oś śluzy, 5 – oś awanportu [1]

Szerokość szlaku żeglownego w awanportach śluz pojedynczych powinna być tak dobrana, aby zapewnione było bezpieczne mijanie się dwu zestawów o maksymalnej ich szerokości, stosowanej na danej drodze wodnej.

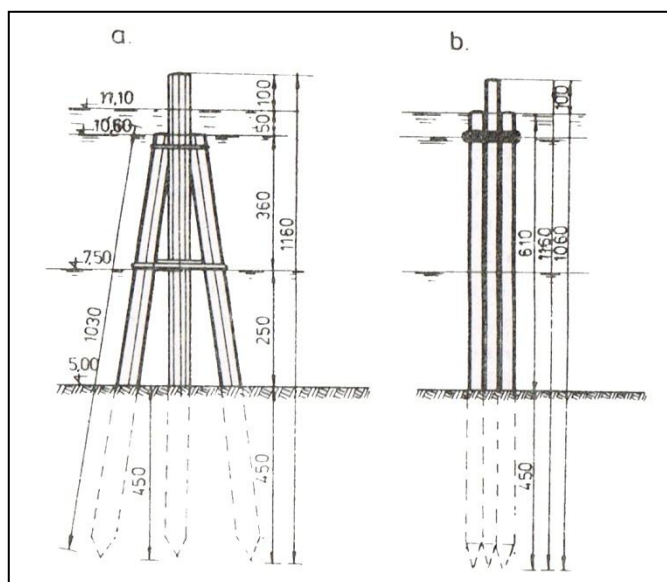
Długość awanportu wyznaczają dwa odcinki:

- odcinek postojowy l_1 o szerokości B_0 ,
- odcinek wejściowy l_2 , na którym awanport zwęża się z szerokości B_0 do szerokości śluzy.

Przyjmuje się, że minimalna długość odcinka postojowego powinna być równa maksymalnej długości śluzowanych zestawów lub co najmniej użytkowej długości śluzy. Długość odcinka wejściowego można przyjmować równą 0,5 - 0,75 użytkowej długości śluzy.

Wszystkie śluzy komorowe i awanporty powinny być wyposażone w urządzenia niezbędne dla zapewnienia sprawnej i bezpiecznej eksploatacji, w tym urządzenia cumownicze i budowle kierujące. Jednostki podchodzące powinny stopniowo zmniejszać swoją prędkość, co powoduje z kolei zmniejszenie sterowności statku.

W starych śluzach do których statki wprowadzane były przez ludzi, początkowo nie było żadnych stałych urządzeń pomocniczych. W miarę upływu czasu i rozwijającego się transportu wodnego, dla ułatwienia wjazdu do śluz stosowano dalby drewniane – umożliwiające bezpieczne wprowadzenie jednostki do komory śluzy. Przykład drewnianych dalb przedstawiono na Rys.35 i 36. Dalby rozstawiane były co około 30 metrów.



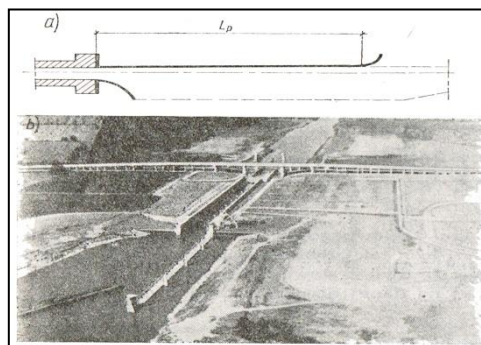
Rys.35. Dalby drewniane: a) dalby wystające 1,0-1,5 m nad poziom zwierciadła wody, wzmocnione czterema podporami drewnianymi skośnymi, \varnothing 40 cm, połączonymi stalowymi obręczami (układ pewny i stateczny), b) dalby częściowo elastyczne [2]



Rys.36. Pocztówka z początku XX wieku przedstawiająca wejście do portu kozielskiego. W głębi widoczne dawne drewniane dalby. Ze zbiorów autora

Do budowli kierujących zalicza się prowadnice i kierownice.

Prowadnice przeznaczone są do postoju statków oczekujących na śluzowanie oraz umożliwiają zajęcie odpowiedniej pozycji do ruchu w kierunku śluzy. Jeden koniec prowadnicy łączy się z głową śluzy, drugi łagodnym łukiem z brzegiem. Długość prowadnic przyjmować należy w przybliżeniu równą długości zestawu lub odległości śluzy.



Rys.37. Prowadnice i kierownice w awanportach śluzy pojedynczej: a) schemat, b) widok; L_p - prowadnica, k - kierownica[1]

Kierownice, umieszczone naprzeciw prowadnic, są znacznie krótsze i zwykle odchylone co najmniej pod kątem 15° . Służą one do ochrony komory śluzy, jak też chronią statki wychodzące z komory przed uderzeniem o brzegi awanportu. W planie mają one kształt łuku koła bądź paraboli.



Rys.37. Prowadnice i kierownice w górnym awanporcie śluzy bliźniaczej zlokalizowanej na rzece Odrze w miejscowości Januszkowice. Kwiecień 2014

Wymienione budowle chronią też statki przed ściągnięciem przez nurt rzeki przy śluzach umieszczonych obok stopni piętrzących wodę.

Prowadnice i kierownice wykonuje się w postaci ciągłych lub ażurowych ścian drewnianych, betonowych lub stalowych. Połączone one są z brzegiem za pomocą kładek służbowych rozmieszczonych co 100 – 150 metrów.

Urządzenia cumownicze umieszcza się na tych odcinkach awanportów i prowadnic, które przeznaczone są do postoju statków. W śluzach o znaczeniu lokalnym zamiast prowadnic może być zastosowana linia cumownicza utworzona z dalb, czyli pali wbitych pojedynczo lub grupowo w dno awanportu. Najczęściej stosuje się dalby z pali drewnianych, stalowych lub żelbetowych.



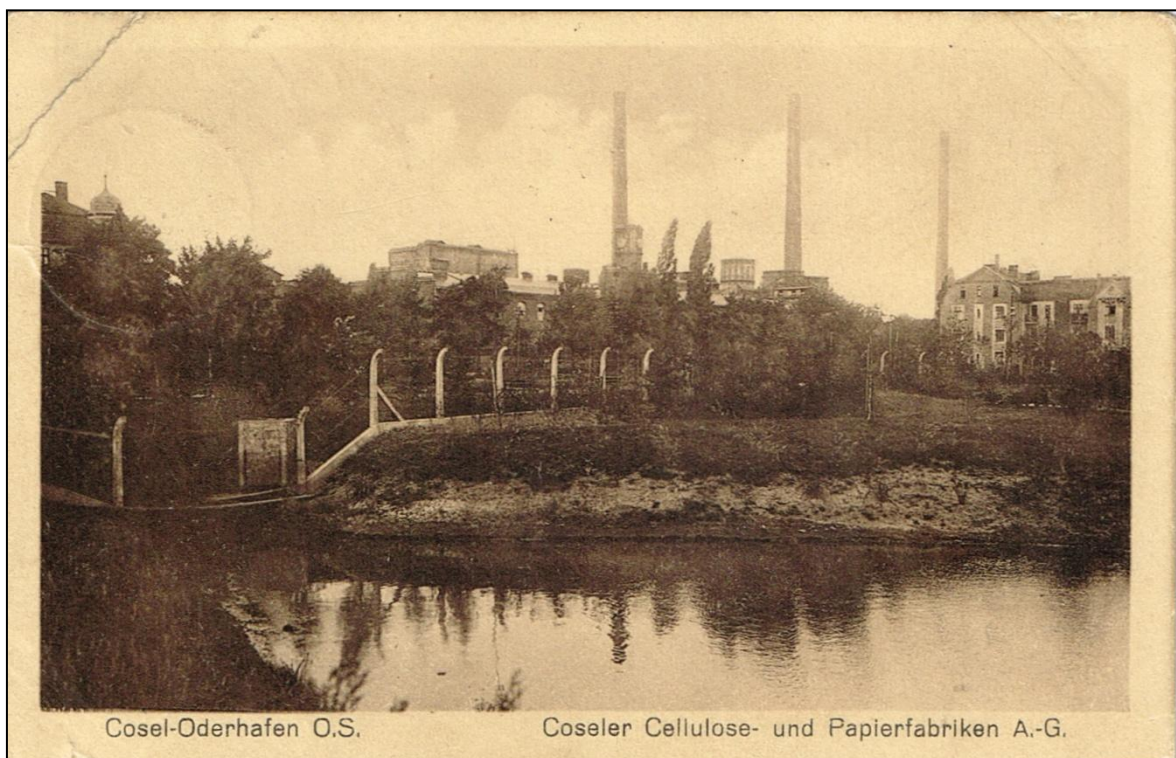
Rys.38. Linia cumownicza z dalb stalowych w górnym awanporcie w miejscowości Januszkowice. Kwiecień 2014

2. Historia śluzy komorowej nr 2 w miejscowości Kłodnica

Na Kanale Kłodnickim zbudowano łącznie 18 śluz komorowych, które umożliwiały pokonanie blisko 50 metrów wysokości poziomów na długości 45,7 km długości. Do chwili obecnej pozostały jedynie dwie śluzy tj. nr 1 i nr 2 w miejscowości Kędzierzyn – Koźle.

2.1 Kanał Kłodnicki – historia i stan obecny

W końcowych latach XVIII w. narodziła się myśl połączenia drogą wodną przemysłowych okolic Zabrze i Gliwic z manufakturami w miejscowości Sławęcice. W sierpniu 1789 r. Karl Georg von Hoym – pruski minister do spraw śląska uzyskał od króla Fryderyka Wilhelma II zezwolenie na przystąpienie do budowy kanału, nazwanego później Kanałem Kłodnickim. Początkowo zakładano że kanał połączy gliwicki okręg przemysłowy z Odrą w rejonie miasta Koźle, jednak zaraz po tym jak odkryto bogate złoża węgla kamiennego w rejonie Zabrze i Bytomia, kanał przedłużono z Gliwic do Zabrze. Celem którzy przyświecał całemu spektrum inwestycji miało być umożliwienie zaopatrywania metropolii berlińskiej w śląski węgiel. ⁶



Rys.39. Pocztówka z początku XX wieku przedstawiająca początek Kanału Kłodnickiego. Widok z brzegu, gdzie kanał łączy się z rzeką Odrą. Ze zbiorów autora

Budowę Kanału Kłodnickiego rozpoczęto w 1792 roku. Zakończenie inwestycji i oddanie całego odcinka do użytku miało nastąpić w roku 1804, jednak wojna francusko-pruska oraz duże wylewy rzeki Kłodnicy i powódź w roku 1803 stanowiły przyczynę czasowego wstrzymania prac budowlanych. Do końca tego roku oddano do użytku niewielki odcinek kanału, od Koźła do Rzeczyc. Cały Kanał Kłodnicki został przekazany do użytku dopiero w roku 1812. Miał on wtedy długość 45,7 km.⁷



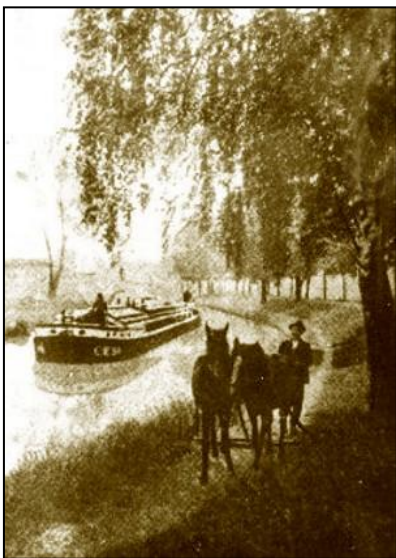
Rys.40. Poczta z początku XX wieku przedstawiająca Kanał Kłodnicki na wysokości fabryki papieru i celulozy. Widok w kierunku śluzy numer 1. Ze zbiorów autora

Różnicę poziomów w wysokości 49,2 m zniwelowano za pomocą 18 śluz. Pomiędzy Zabrzem i Sławęcicami śluzy i mosty zbudowane były z kamienia, zaś dalej, aż do połączenia kanału z rzeką Odrą – drewniane. Głębokość żegluga nie przekraczała wówczas 61 cm, co powodowało poważne ograniczenia dla statków odrzańskich, które posiadały większe zanurzenie. W roku 1822 pogłębiono kanał do głębokości około 1,6 metra, co umożliwiło nawigację jednostkom o nośności do 100 ton.⁷ Odnowiony kanał był intensywnie zamulany przez zasilającą go rzekę Kłodnicę, co spowodowało zmniejszenie nośności barek do 60 ton. Na kanale na stałe musiały pracować pogłębiarki.⁶



Rys.41. Poczтівka z początku XX wieku przedstawiająca Kanał Kłodnicki. Widok z mostu w Kłodnicy w kierunku dzielnicy Koźle-Port. Ze zbiorów autora

W początkowym okresie działania kanału barki ciągnięte były przez burlaków, których w połowie XIX wieku zastąpiły zaprzęgi konne, aż do pojawienia się na kanale w drugiej połowie XIX wieku pierwszych statków parowych.

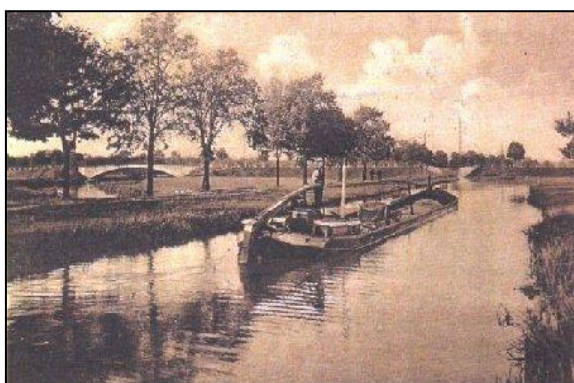


Rys.42. Konie ciągnące barkę Kanałem Kłodnickim pomiędzy śluzami numer 2 a 3 [28]



Rys.43. Konie holujące barkę Kanałem Kłodnickim [29]

W ciągu roku przez Kanał Kłodnicki przepływało około 1000 statków holowanych przez zaprzęgi wołów i koni. Rekordowy był rok 1852, w którym wyekspediowano 73 500 ton towarów w dół oraz 14 600 w górę kanału przy 2355 śluzowaniach. Po okresowym spadku w drugiej połowie XIX wieku, powodowanym wkraczającym na Śląsk transportem kolejowym – ponowny wzrost nastąpił dopiero po doprowadzeniu do kanału linii kolei wąskotorowej w roku 1897. Swój renesans kanał przechodził w roku 1920, kiedy to przewieziono barkami 130 tysięcy ton towarów – głównie węgla. Pierwszy statek parowy przepłynął kanałem 15 lipca 1897 roku, ciągnąc za sobą cztery metalowe barki.⁶



Rys.44. Barka na Kanale Kłodnickim [29]



Rys.45. Barka na Kanale Kłodnickim. Odcinek w lesie na wysokości osiedla Żabieniec w Kędzierzynie – Koźlu [30]

W początkach XX wieku, Kanał Kłodnicki był już obiektem mocno przestarzałym i stanowił przeszkodę dla żeglugi jednostek o nośności większej niż 400 ton. Plany modernizacji okazały się zupełnie nieopłacalne, zwłaszcza wobec trudności zaopatrzenia w wodę.⁹

W roku 1916 zasypano odcinek kanału łączący Gliwice z Zabrzem, w roku 1936 zamknięto port i zasypano koryto Kanału Kłodnickiego w centrum Gliwic.²⁶



Rys.46. Widok na śluzę komorową numer 18, odkrytą podczas robót budowlanych. Gliwice, 18.11.2013 [28]



Rys.47. Widok na śluzę komorową numer 18, odkrytą podczas robót budowlanych. Gliwice, 18.11.2013 [28]

Do dziś zachował się jedynie odcinek z dwoma śluzami na terenie dzielnicy Kłodnica w Kędzierzynie – Koźlu, liczący sobie zaledwie 3318 metrów.



Rys.48. Ostatni zachowany odcinek Kanału Kłodnickiego wraz z dwiema śluzami. Całość zlokalizowana na terenie dzielnicy Kłodnica w Kędzierzynie – Koźlu. A – ortofotomapa (zdjęcie satelitarne), B – mapa topograficzna

2.2 Śluza komorowa nr 2 [10]

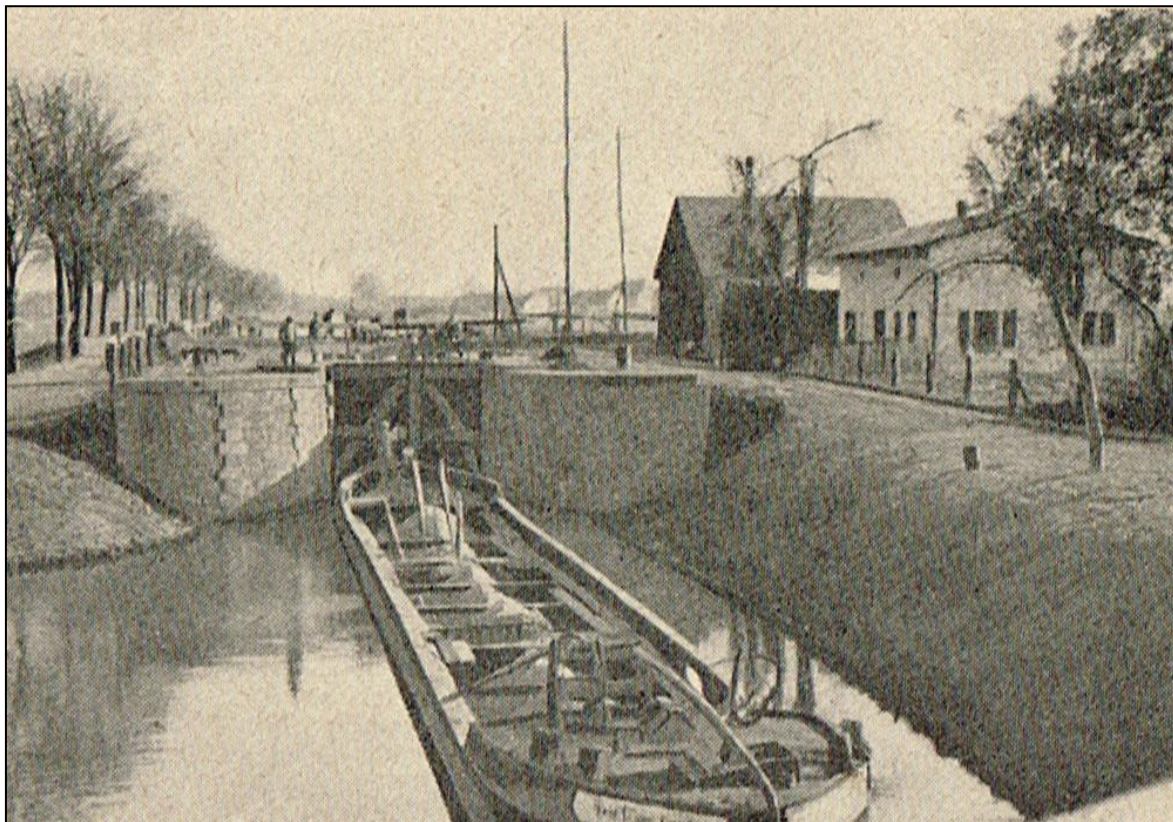
Śluza komorowa pierwotnie w całości konstrukcji drewnianej, wybudowana prawdopodobnie w ostatnich latach XVIII w. w trakcie rozpoczętej w 1792 roku budowy kanału żeglownego. W konstrukcji drewnianej do roku 1815, kiedy to inspektor budowlany Jeller wraz z budowniczymi Fritsch'em i Klöber'em wykonali projekt śluzy murowanej. Budowę nowo zaprojektowanej śluzy komorowej rozpoczęto jeszcze w roku 1815, by w roku 1817 oddać ją do użytku. Uroczyste oddanie Kanału Kłodnickiego do eksploatacji, na trasie Sławięcice – rzeka Odra w tym opisywanej śluzy nastąpiło 20 lipca 1817, właśnie przy omawianej budowli hydrotechnicznej.

Poważniejsze prace remontowe prowadzono w latach 1877 – 79 pod kierownictwem Assmann'a, gdzie remontowano i uzupełniano ubytki ścian komory i obu głów. Kolejny remont przypadł na lata 1909-12 podczas którego wykonano kompletny remont całości konstrukcji śluzy wraz z wymianą wrót. Śluza służyła nieprzerwanie do roku 1937, była konserwowana i utrzymywana w pełnej gotowości eksploatacyjnej. Po zamknięciu Kanału Kłodnickiego aż do roku 1945 obiekt nadal był systematycznie konserwowany, jako szczególnej wartości zabytek techniki (najstarszy na kontynencie europejskim kanał wraz ze śluzami). Po roku 1945 nie przeprowadzono żadnych prac remontowych. W roku 1979 usunięto drewniane wrota, których fragmenty pozostawały przy zawiasach jeszcze przez kolejne lata. W latach 1984-87 kanałem przepuszczano całość wód rzeki Kłodnicy, w latach 1997 i 2010 miejsce miały powodzie podczas których przez śluzę przepływały znaczne masy wody.



Rys.49. Widok na śluzę komorową zlokalizowaną w miejscowości Kłodnica. Na pierwszym planie dolny awanport wraz z pochylnią umożliwiającą wodowanie jednostek pływających, dalej prowadnice – prawdopodobnie drewniane. W centralnej części obrazka widoczna śluza komorowa z której wyodrębnić można murowane z kamienia ściany oporowe łączące głowę dolną z brzegami, kamienną głowę dolną oraz drewniane wrota

wraz z pomostem komunikacyjnym w ich koronie. Nad wrotami widoczne drewniane dysze za pomocą których operowano wrotami. Ze zbiorów autora



Rys.50. Widok na służę komorową w Kłodnicy. Na pierwszym planie barka przed lub po służowaniu. Wyraźnie widoczne wzmocnienie korony i murów oporowych ciosami z szarego piaskowca oraz konstrukcja wrót. Pierwszy budynek po prawej stronie to ówczesna wodomistrzówka. Uwagę zwraca wyraźny brak prowadnic [19]

3. Usytuowanie i opis systemu konstrukcyjnego śluzy nr 2, [10]

Śluza komorowa usytuowana w kilometrze 1.645 Kanału Kłodnickiego, licząc według oficjalnego kilometrażu od środka nurtu rzeki Odry. Obiekt znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie domu na ulicy Kłodnickiej 28 (dawna wodomistrzówka), w dzielnicy Kłodnica w powiecie Kędzierzyn – Koźle.

Śluza komorowa nr 2 jest śluzą jednostopniową, dwugłową i osiową. Wrota wsporne dwuskrzydłowe o pionowych osiach obrotu, w jednej osi stanowiącej równocześnie oś podłużną obiektu. Obiekt nie posiadał kanałów obiegowych, przelew wody odbywał się otworami zlokalizowanymi w dolnych częściach wrót, zamykanych pionowymi zasuwami. Wrota poruszane za pomocą poziomych dyszli, stanowiących przedłużenie kładek znajdujących się w koronach wrót. Zasuwę we wrotach prawdopodobnie poruszane były poprzez mechanizmy dźwigniowe. Obsługa wrót i zasuw w całości ręczna. Głowa górna lekko wyodrębniona wysokością, dolna w poziomie korony ścian komory. W obu głowach wnęki wrót oraz pionowe kanały zastawek remontowych. Przy głowach mury oporowe łączące się ze skarpowymi brzegami kanału. Próg górny łukowaty, dolny prosty, połączone z wpustami dolnego uszczelnienia wrót. Uszczelnienia wrót samoczynne, poprzez docisk słupem wody.

Całość konstrukcji wybudowana na planie wydłużonego prostokąta zakończonego z obu stron pogrubieniami murów pionowych, wyznaczającymi zasięg głów.

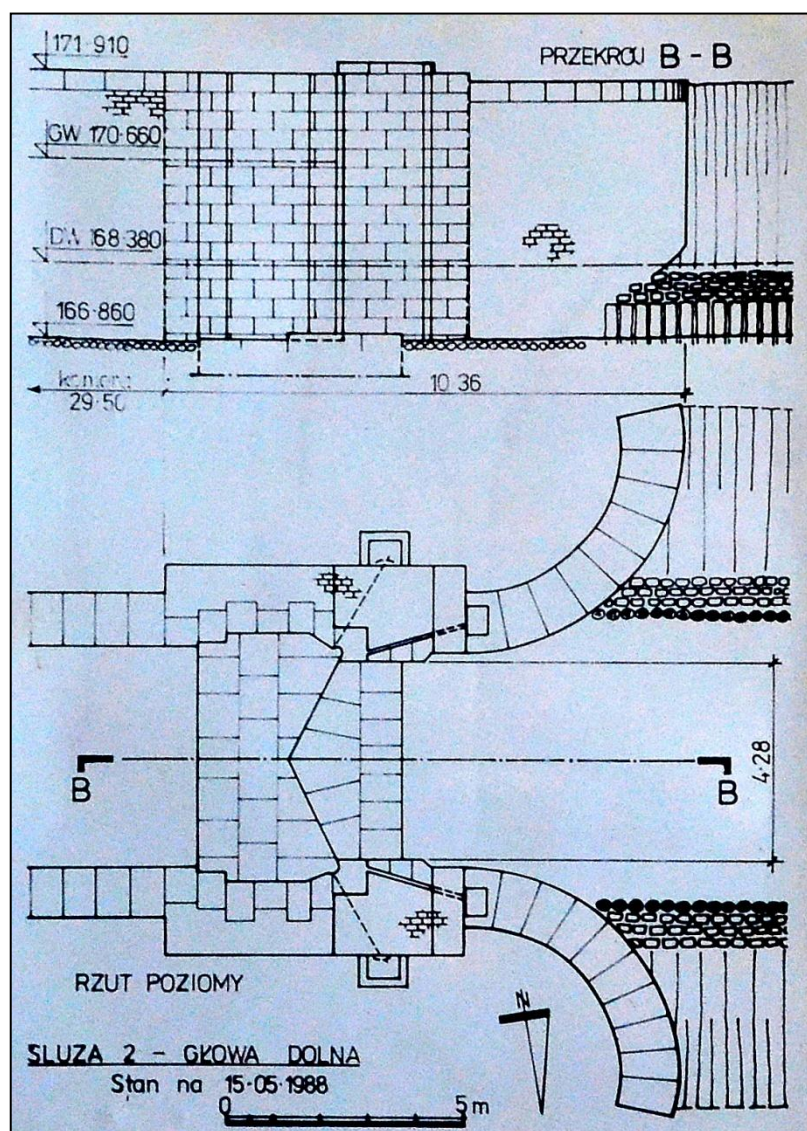
Głowy górna i dolna murowana z kamienia; komora w całości murowana z cegły ze wzmocnieniami naroży, koron oraz ścian obu głów ciosami z szarego piaskowca. Z zachowanej dokumentacji wynika, że płyty denne posiadają jedynie głowy, dno komory śluzy stanowi narzut kamienny. Płyty denne głów murowane z cegły z granitowymi ciosami oblicowania i progów (brak możliwości oględzin z natury). Wrota pierwotnie drewniane z bali, poszczególne elementy łączone w całość kutymi łącznikami. Wrota zamocowane do stalowych zawiasów, posiadających wzmocnienia przy pomocy kotwień zakończonych w specjalnych studzienkach.

Brak jakichkolwiek urządzeń cumowniczych, brak śladów jakichkolwiek urządzeń sygnalizacyjnych. Śluza nie zelektryfikowana i nie oświetlona. W zakresie aparatury

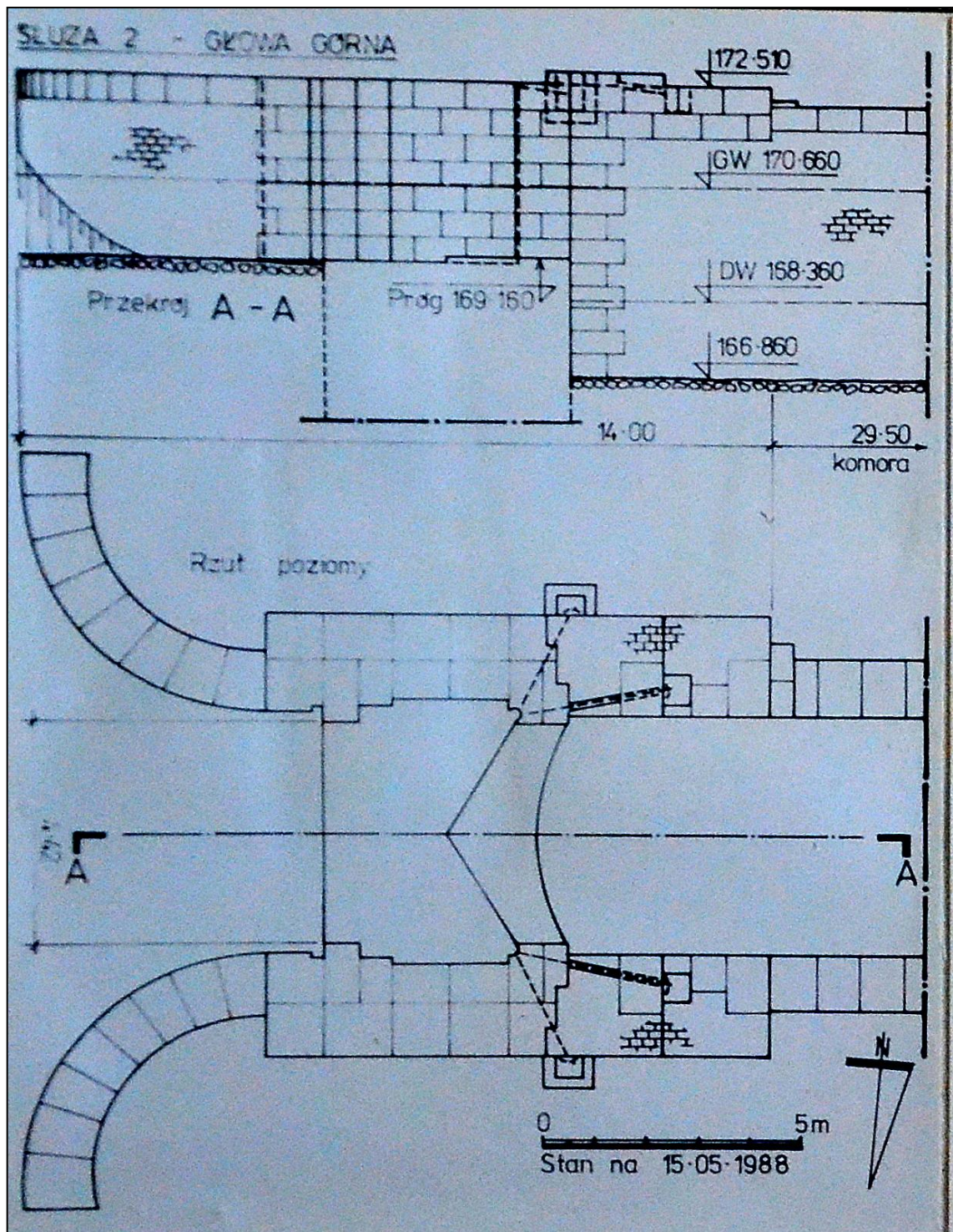
kontrolno – pomiarowej śluza posiadała dwie metalowe łąty wodowskazowe. Zlokalizowane one były na ścianach głów śluzy, po jednej od strony wody górnej i dolnej.

Wielkości stałe: długość całości – 53,96 m, długość komory – 29,50 m, szerokość w świetle wrót – 4,42 m. Rzędna progu = 169.160; dno komory = 166.860; korona głowy górnej = 172.510; korona głowy dolnej i ścian komory = 171.910.

Wielkości eksploatacyjne: średnia woda górna = 170,660; średnia woda dolna = 168.360; spad – 2,30 m; długość użytkowa komory 37,40 m. Poziomy wody nie utrzymywane, obecnie przez śluzę przepływa swobodnie nurt sanitarny ok. 1,5 m³/s.



Rys.51. Głowa dolna i dolna część komory – rzut poziomy i przekrój podłużny [10]



Rys.52. Głowa górna i górna część komory – rzut poziomy i przekrój podłużny [10]

4. Opis przyczyn degradacji stanu technicznego śluz komorowych

Śluzy komorowe w procesie eksploatacji narażone są na szereg czynników, które powodują degradację elementów składowych śluz. Do przyczyn tych zaliczamy następujące grupy składników:

- a) agresywne działanie środowiska: wilgoć, osiadanie gruntu, przemarzanie gruntu, drgania, korozja materiałów budowlanych, skurcz, działanie wiatru, zmienna temperatura otoczenia, zmęczenie, czynniki biologiczne;
- b) klęski żywiołowe: powodzie, pożary, huragany, osunięcia gruntów, trzęsienia ziemi;
- c) zużycie naturalne w wyniku długotrwałego użytkowania, np. ubytki spowodowane ścieralnością;
- d) działalność górnicza (wstrząsy i osiadanie gruntu),
- e) błędy projektowe, wykonawcze, niewłaściwe użytkowanie obiektu.⁴

4.1 Wpływ czynników atmosferycznych, działanie wody i wilgoci

Woda we wszystkich jej postaciach tj. pary cieczy i lodu przy braku właściwego zabezpieczenie konstrukcji, braku bieżącej konserwacji i braku wymaganych okresowych remontów powoduje poważne zniszczenia w następstwie procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych.

Gromadzona podczas eksploatacji śluzy woda stopniowo piętrzy się i opada, wywołując na ściany komory oraz jej wrota parcie hydrostatyczne o różnej intensywności.

Zawsze w przypadku klęsk żywiołowych jakimi są powodzie, przez śluzy przepływają ogromne masy wody, które mogą powodować wymywanie dna a także przyspieszoną erozję muru ścian komory u jej podstawy.

Wilgoć w murze, to zjawisko wywołane na skutek :

- parcia hydrostatycznego na powierzchnię konstrukcji,

- absorpcji wilgoci zawartej w powietrzu atmosferycznym,
- przenikania pary wodnej w pory i szczeliny i skraplania się jej wewnątrz konstrukcji i na jej powierzchni,
- zamakania powierzchniowego podczas opadów atmosferycznych (braki w spoinowaniu korony, brak odwodnienia w poziomie korony ścian, brak powierzchniowego zabezpieczenia muru,
- kapilarnego podciągania wody z podłoża.

Zaznaczyć należy że ogromne znaczenie w destrukcji spowodowanej przez wilgoć odgrywają rozpuszczone w wodzie substancje penetrujące w sieci kapilar materiałów. Destrukcja ta jest obecnie spotęgowana przez obecność w powietrzu produktów spalania takich jak dwutlenek siarki, trójtlenek siarki, tlenki azotu, siarkowodór, dwutlenek węgla oraz chlorowodór. Substancje te w mieszaninie z parą wodną dają opady atmosferyczne o odczynie pH mniejszym niż 5,6 , czyli tzw. kwaśne deszcze.

Śluzy komorowe są konstrukcjami nieosłoniętymi, narażonymi na nagrzewanie promieniami słonecznymi oraz działanie niskich temperatur, a w związku z tym występują wahania wymiarów przestrzennych.

Budowla poddawana jest również procesowi wietrzenia. Zmiana temperatur tworzy spękania które powiększane są przez wodę i działanie ssące lub uderzające wiatru.

Szkodliwe działanie wody która pochodzi z opadów atmosferycznych i gruntu powoduje przenikanie jej do wnętrza komory, o czym świadczą wykwity solne na powierzchni murów. Kryształy solne powstałe w przypowierzchniowych warstwach muru zwiększają swoją objętość wywołując dystorsyjne stany naprężeń które prowadzą do zniszczeń. Występujący przez lata proces pęcznienia i nasiąkania materiałów z których zbudowano konstrukcję, w wyniku zamarzania skutkuje ich pękaniem i kruszeniem.

Działanie fizyczne czynników atmosferycznych w normalnych warunkach i otoczeniu jest powolne, natomiast w przypadku wieloletnich zaniedbań konserwacyjnych potrafią spowodować one znaczny stopień zniszczenia konstrukcji.

4.2 Biodegradacja

Budowle narażone są na działanie mikroorganizmów i roślin porastających mury, oraz rozwijających się w bezpośrednim sąsiedztwie konstrukcji.

Rozrastające się rośliny działają na mur w sposób bardzo destrukcyjny, doświadczając konstrukcję w sposób mechaniczny i chemiczny. Korzenie wrastające w spoiny powodują rozsadzanie konstrukcji murowych, dodatkowo rośliny wytwarzają tak zwane kwasy humusowe, powodujące zakwaszenie gleby na której rosną. Przyczyna chemicznego niszczenia konstrukcji są przede wszystkim kwaśne deszcze, w których kwasy zawarte są przez roślinę odkładane w podłożu. Kwaśny odczyn powoduje chemiczny rozkład zaprawy i niszczenie nawet wytrzymałego klinkieru.

Część konstrukcji śluz, szczególnie w sąsiedztwie przepływającego przez nie cieku porastają glony, mchy i porosty. Mchy występujące na konstrukcji w różnych formach, mają zdolność do magazynowania znacznej ilości wody potrzebnej do ich rozwoju. Przez lata potrafią one wrosnąć nawet w najdrobniejsze szczeliny muru.

Rozkład materiału pod wpływem roślin, grzybów, pleśni, mchów i porostów jest procesem zwany biodegradacją.

4.3 Wpływ wad wykonawstwa

Stare, zabytkowe śluzy zazwyczaj nie posiada izolacji przeciwwilgociowej pionowej na styku muru z gruntem. Woda migrująca z gruntu do wnętrza komory objawia się licznymi wysoleniami na powierzchniach ścian komory. Nacieki na murze stanowią mankament estetyczny, a migrująca woda powoduje ubytki spoin i cegieł, co skutkuje również lokalnymi zarysowaniami muru.

4.4 Wpływ warunków użytkowania

Wieloletni brak troski o trwałość budowli, brak planowanej i właściwej pod względem technologicznym konserwacji i remontów obiektów, a także terenów do nich przyległych, powoduje przedwczesną utratę wartości technicznej.

5. Opis zaobserwowanych uszkodzeń i zniszczeń śluzy komorowej nr 2

Ostatni raz, gdy podjęto się oceny stanu technicznego śluzy komorowej numer dwa – jej stan określono jako „niedostateczny”. Wprawdzie nie znamy kryterium tak postawionej oceny ale autor Karty Ewidencyjnej Zabytków Architektury i Budownictwa opracowanej dla rozpatrywanego obiektu - Zbigniew Łabędzki dość dokładnie opisał stan rzeczy.

5.1 Stan śluzy na dzień 15.05.1988 [10]

... „Liczne ubytki i zniszczenia ścian komory w dolnych częściach /spowodowane podmyciem przez nurt rzeki Kłodnicy przepuszczony Kanałem/. Spękania ścian komory, w ścianie prawej /patrzac od góry w kierunku rzeki Odry/ w pęknięciu wyrosło drzewo, rozsadzające pęknięcie. Ubytki ciosów umacniających koronę ścian komory i obu głów. Brak części blaszanych pokryw zawiasów wrót oraz studzienek mocowania kotwień. Brak wrót.” ...

5.2 Stan zachowania na dzień 15.05.2014

Fakt, że przez ostatnie 26 lat od ostatniego badania technicznego omawianej śluzy komorowej wiele się zmieniło nie pozostawia złudzeń. Porównując zdjęcia z roku 1988 z obecnym stanem zachowania, mimo że stan obiektu określono jako niedostateczny - wyraźnie widać tendencję spadkową.

Nie sposób stwierdzić, czy ówczesne postulaty konserwatorskie znalazły jakiś oddźwięk, ale pewnym jest że wielka woda w latach 1997 i 2010 oraz siły natury działające nieustannie przez wszystkie lata znacznie pogorszyły stan techniczny obiektu.

Poniżej opis obecnego stanu zachowania obiektu, określonego na podstawie wizji lokalnej, równo 26 lat po ostatnich oględzinach.

Ubytki przynajmniej kilku ciosów kamiennych umacniających koronę murów oporowych łączących głowy ze skarpowymi brzegami kanału, ścian komory i obu głów –

nie przekraczające 10 %. Korona murów oporowych, głów i ścian globalnie pokryta roślinnością rozwijającą się w spoinach. W koronie obu głów lokalnie występujące rozwijające się młode drzewa, najwięcej w koronach głowy dolnej, gdzie wydają się one być dość mocno ukorzenione. Wyraźnie widoczne lokalne oddzielanie się od siebie murowanych elementów korony, w tym klawiszowanie ciosów kamiennych – szczególnie wyraźne widoczne w koronie ściany prawej. Widoczne nieznaczne uszkodzenia eksploatacyjne - nadarcia kamiennych ciosów korony przez liny. Korony i fragmenty murów oporowych na prawym brzegu, zarówno od strony wody górnej i dolnej niepokojąco odsłonięte, przez osuwającą się ziemię.

W kamiennych ścianach murów oporowych łączących dolną głowę ze skarpowymi brzegami kanału występujące lokalnie niewielkie, nie przekraczające 2% ubytki spoin. Ściany oporowe głowy górnej ceglane, w ścianie prawej poważne zarysowanie – pojedyncze pęknięcie o szerokości rozwarcia ok. 0,5 cm. Rysa ukośna, praktycznie na całej wysokości elementu mogąca świadczyć o nadmiernym osiadaniu fragmentu muru oporowego. Ubytki w spoinach nieznaczne, nie przekraczające 2%, głównie w górnej części ściany lewej. Również na powierzchni ściany lewej widoczne liczne wykwyty solne o łącznej powierzchni około 40% w stosunku do całej powierzchni ściany.

W kamiennych ścianach głów widoczne ubytki w postaci nadtarć i utracień (uszkodzenia eksploatacyjne) oraz niewielkie braki w spoinowaniu. Braki bloków kamiennych niewielkie, nie przekraczające 5%. W obu ścianach głowy dolnej widoczne drzewa, które rozwijając się powodują rozsadzanie pęknięć z których wyrastają.

Ściany komory zarówno po jednej jak i po drugiej stronie, w dolnych partiach posiadają liczne zniszczenia i ubytki w materiale. Partie ścian, w których znajdują się najpoważniejsze braki murowana z bloków kamiennych. 95% procent uszkodzeń znajduje się w poziomie lustra przepływającej przez komorę wody. Praktycznie na całej długości komory w miejscu styku wody i powietrza zauważa się wymyte nurtem spoiny i luźne fragmenty kamieni z których murowano dolną część ścian komorowy. Ubytki w materiale w jednej linii o powierzchni 7,20 m² na ścianie lewej i 6,34 m² na ścianie prawej. Średnia głębokość ubytków to 0,48 m. Pozostała powierzchnia ścian murowana z cegły, znikome braki w materiale z którego została wykonana. Braki w spoinowaniu nieznaczne – do 5%. Na obydwu powierzchniach ścian występują niewielkie rysy, przez które z gruntu do wnętrza śluzu migruje woda. Świadczą o tym liczne wykwyty solne na powierzchni ścian

komory, których powierzchnia wynosi 30% całości powierzchni ścian komory. Same wykwyty solne nie mają większego znaczenia dla nośności konstrukcji, ale wpływają one negatywnie na aspekt estetyczny.

Spośród czterech metalowych zawiasów które znajdowały się w głowach śluzy, do dziś zachowały się tylko trzy. Brak metalowych pokryw zawiasów, oraz pokryw studzienek w których znajdują się kotwienia zawiasów. W studzienkach rosną młode drzewa.

Brak drewnianych wrót śluzy, których fragmenty leżą na jednym z brzegów w pobliżu śluzy.

Spośród dwóch stalowych elementów sygnalizacyjno – pomiarowych, jakimi są łąty wodowskazowe – pozostał tylko jeden, uszkodzony – zlokalizowany na murze oporowym łączącym głowę górną z brzegiem.

Na lewym murze oporowym, od strony dolnego awanportu zachował się reper i żeliwna pęknięta w połowie tabliczka z napisem $PN = NN + 167.390$. Od strony górnego awanportu po tabliczce pozostały tylko cztery otwory w bloku kamiennym korony.



Rys.53. Młode drzewa wyrastające z korony i ściany głowy dolnej. Zdjęcie z dnia 01.04.2014



Rys.54. Pęknięcie ceglanego muru oporowego łączące głowę górną z prawą skarpą nasypu. Zdjęcie z dnia 01.04.2014



Rys.55. Zachowana łąta wodowskazowa oraz liczne wykwity solne na powierzchni muru oporowego łączącego głowę górną ze skarpą nasypu. Lewy brzeg, zdjęcie z dnia 01.04.2014



Rys.56. Ubytki w spoinowaniu, brak spójności między materiałami i zarysowania kamiennych ciosów korony. Mur oporowy łączący górną głowę z lewym brzegiem. Zdjęcie z dnia 01.04.2014



Rys.57. Brak klapy w jednej z wnęk w której mocowane są zawiasy i młode drzewa wyrastające z zagłębienia. Zdjęcie z dnia 01.04.2014



Rys.58. Klawiszowanie bloków kamiennych korony – spowodowane przez wrastające się w ścianę drzewa. Zdjęcie z dnia 01.04.2014



Rys.59. Fragmenty drewnianych wrót na jednym z brzegów. Zdjęcie z dnia 01.04.2014



Rys.60. Braki w materiale i częściowo odsłonięty przez osiadającą ziemię mur oporowy łączący głowę dolną ze prawym brzegiem. Zdjęcie z dnia 01.04.2014



Rys.61. Widoczne liczne wykwyty solne na powierzchni ścian, i ubytki materiałowe w dolnej części prawej ściany komory. Zdjęcie z dnia 01.04.2014



Rys.62. Widoczne liczne wykwyty solne na powierzchni ścian, i ubytki materiałowe w dolnej części lewej ściany komory. Zdjęcie z dnia 01.04.2014



Rys.63. Widok na śluzę od strony wody dolnej. Zdjęcie z dnia 15.05.2014



Rys.64. Widok na śluzę od strony wody górnej. Zdjęcie z dnia 15.05.2014



Rys.65. Pamiątkowy napis wryty na jednym z kamiennych bloków. Widoczne liczne porosty. Zdjęcie z dnia 12.02.2015

Rys.66. Wnętrze śluzy komorowej – strona prawa. Widoczne liczne ubytki w materiale, oraz wykwity solne na powierzchni ściany świadczące o migracji wody przez przegrodę. Zdjęcia z dnia 01.04.2014

Rys.67. Wnętrze śluzy komorowej – strona lewa. Widoczne liczne ubytki w materiale, oraz wykwyty solne na powierzchni ściany świadczące o migracji wody przez przegrodę. Zdjęcia z dnia 01.04.2014

6. Kryterium oceny stanu technicznego istniejących konstrukcji

6.1 Uwagi ogólne

Ustawa Prawo budowlane, zobowiązuje właściciela lub zarządcę obiektu budowlanego nie tylko do jego użytkowania zgodnie z przeznaczeniem, ale też do utrzymania należytego stanu technicznego i estetyki obiektu. Utrzymanie wymaganych właściwości użytkowych i zapewnienie sprawności technicznej zobowiązuje do przeprowadzenia okresowych kontroli polegających na sprawdzeniu stanu technicznego obiektu. I tak w ustawie, z pojęciem oceny stanu technicznego spotkać się można tylko i wyłącznie w zakresie przeglądów okresowych obiektów budowlanych.

Standardowo w przypadku kontroli, ocena aktualnego stanu technicznego budynku lub obiektu nie będącego budynkiem jest prowadzona od chwili oddania obiektu do użytkowania. Częstość przeprowadzonych kontroli i przeglądów okresowych polegających na sprawdzeniu stanu technicznego i przydatności do użytkowania, a także innych kontroli i badań, jest odnotowana w książce obiektu budowlanego, której prowadzenie narzuca Prawo budowlane.

W innym wypadku, w zależności od potrzeby cel oceny istniejących konstrukcji w aspekcie ich dalszej eksploatacji powinien być określony w uzgodnieniu ze zleceniodawcą.

Kontrole techniczne dotyczące utrzymania obiektów budowlanych powinny być prowadzone przez osoby z uprawnieniami budowlanymi w odpowiedniej specjalności. Protokoły z przeprowadzonych kontroli obiektów budowlanych, a także oceny i ekspertyzy dotyczące ich stanu technicznego powinny być dołączone do książki obiektu budowlanego (jeśli taka istnieje).

Ocena zjawisk zachodzących podczas użytkowania obiektów budowlanych może być zawarta w orzeczeniu technicznym lub opinii technicznej. W przypadku wystąpienia niekorzystnych zjawisk, w opracowaniach tych określa się główne przyczyny ich powstania, uzasadniając je obliczeniami sprawdzającymi, oraz formułuje się ocenę stanu technicznego i wnioski końcowe.¹²

Ekspertyza techniczna obok elementów oceny, obejmuje również w zależności od potrzeb, badania podłoża gruntowego i materiałów wbudowanych w konstrukcję. Zawiera propozycję usunięcia istniejących zagrożeń, uszkodzeń, napraw i wzmocnienia konstrukcji, a jej wykonanie może być zlecone wyłącznie rzeczoznawcy budowlanemu.

6.2 Zagadnienia ogólne oceny istniejących konstrukcji w ujęciu projektu normy ISO 13822:2010 [15]

W celu opracowania ekspertyzy oceny stanu technicznego istniejących obiektów budowlanych bardzo przydatna może okazać się znajomość normy ISO 13822:2010.

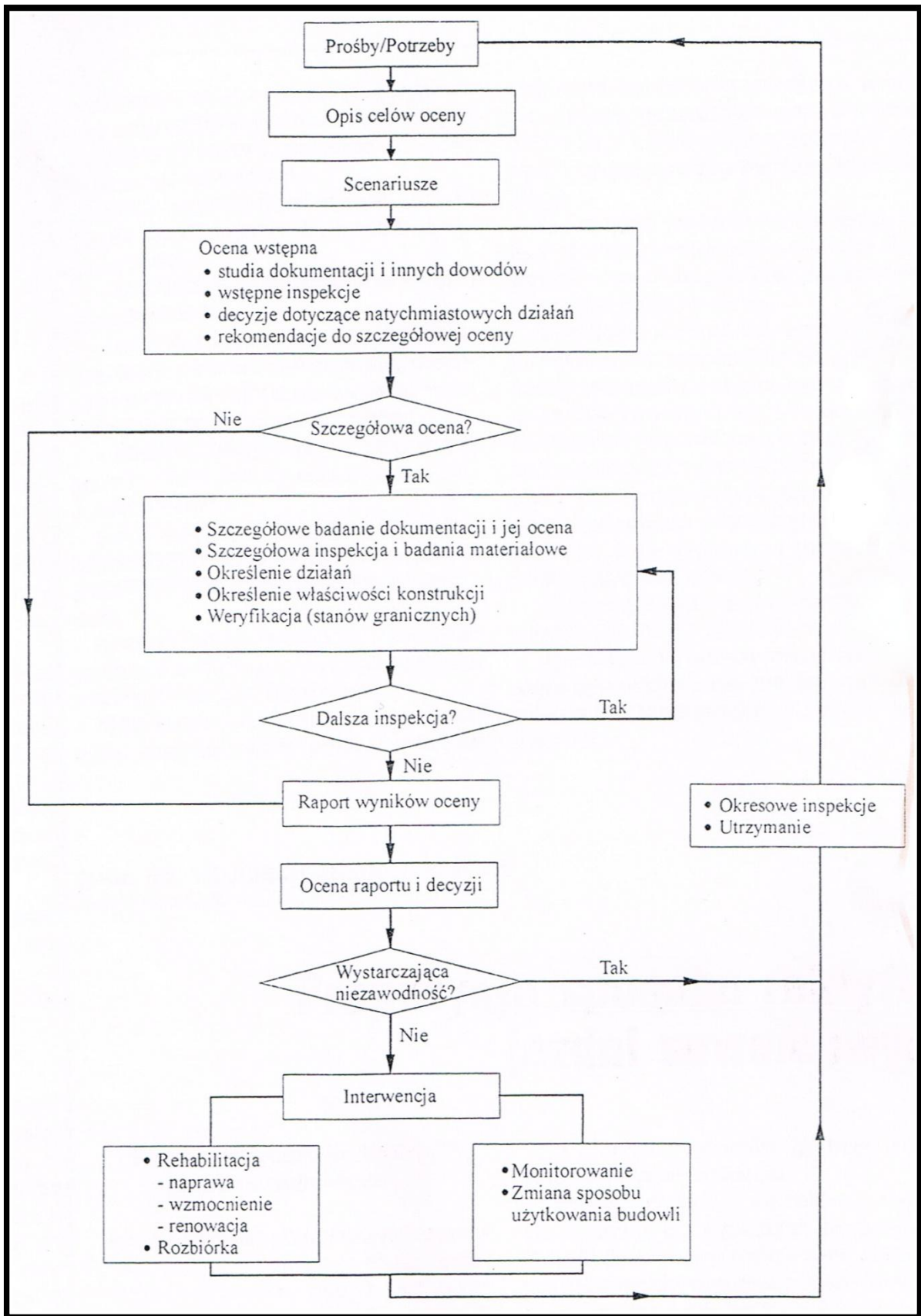
Międzynarodowa norma ISO 13822:2010 podaje ogólne wymagania i procedury oceny istniejących konstrukcji, takich jak: budynki, mosty, budowle przemysłowe oparte na zasadach niezawodności i konsekwencjach awarii.

Norma może mieć zastosowanie w odniesieniu do wszystkich typów istniejących konstrukcji, które były zaprojektowane i wykonane na podstawie wiedzy inżynierskiej lub doświadczeń praktycznych, zbudowanych z dowolnego materiału.

Potrzeba oceny może wynikać z następujących przyczyn:

- 1) degradacją konstrukcji spowodowaną działaniami agresywnego środowiska (korozja, zmęczenie);
- 2) przewidywaną zmianą użytkowania obiektu budowlanego;
- 3) zniszczeniem konstrukcji spowodowanym działaniem obciążeń wyjątkowych;
- 4) propozycją przedłużenia czasu użytkowania obiektu;
- 5) sprawdzeniem niezawodności konstrukcji na życzenie właściciela, władz lub też towarzystwa ubezpieczeniowego.

Ocena istniejących konstrukcji składa się z kolejnych etapów, które przedstawiono na poniższym schemacie blokowym.



Rys.68. Ogólny tok postępowania przy ocenie istniejących konstrukcji [15]

Dane do oceny dotyczą: określenia obciążeń, właściwości materiałów, właściwości konstrukcji, wymiarów geometrycznych i warunków przyszłego użytkowania konstrukcji.

Właściwości materiałów konstrukcji można oszacować na podstawie:

- oceny aktualnych właściwości materiałów, z uwzględnieniem procesów degradacji,
- oryginalnej dokumentacji projektowej, jeżeli nie budzi to żadnych zastrzeżeń,
- laboratoryjnych badań materiałów (w razie wystąpienia niepewności),
- analizy statycznej wyników badań materiałowych.

Jeżeli właściwości konstrukcji nie są dostatecznie poznane na podstawie powyższych czynności, wówczas wskazane jest wykonanie badań statycznych lub dynamicznych.

Analiza samej konstrukcji dotyczy zagadnień:

- modeli obliczeniowych budowli, które powinny w jak najlepszym stopniu opisywać zachowanie się konstrukcji pod wpływem działań; w przypadku procesu degradacji należy dokonać procesu jego identyfikacji i uwzględnić go w modelu obliczeniowym konstrukcji,
- stanów granicznych – każda konstrukcja powinna być analizowana pod względem stanu granicznego nośności i stanu granicznego użytkowania,
- zmiennych podstawowych – obejmujących aktualne informacje w zakresie wymiarów geometrycznych, właściwości materiałów, działań, warunków geotechnicznych, które należy uwzględnić w analizie,
- niepewności modelu konstrukcji – w przypadku gdy istnieją wątpliwości co do wiarygodności i dokładności stosowanych modeli podczas oceny konstrukcji, zagadnienia te można uwzględnić stosując dodatkowo częściowe współczynniki bezpieczeństwa na drodze obliczeń deterministycznych lub odpowiednich opisów probabilistycznych.

Konstrukcje zaprojektowane i zbudowane na podstawie praktycznej wiedzy mistrzów budowlanych, kiedy normy nie były jeszcze stosowane, mogą być uważane za bezpieczne pod warunkiem, że:

- dokładna inspekcja nie wykryła znacznych zniszczeń, stanu zagrożenia lub znaczącej degradacji konstrukcji,
- elementy konstrukcji zostały ocenione pozytywnie,
- konstrukcja wykazała zadowalające funkcjonowanie przez długi czas, w którym zdarzyły się ekstremalne działania, spowodowane użytkowaniem lub działaniem środowiska,
- przewidywane zniszczenia, biorąc pod uwagę obecne warunki i planowaną konserwację, zapewniają dostateczną trwałość,
- nie ma podstaw do przewidywania znacznego zwiększenia działań, które wpłyną także na trwałość budowli.

Powyższe warunki dotyczą spełnienia obu stanów granicznych.

Odpowiedź na wymagania sformowane w planie przyszłego wykorzystania konstrukcji, po wykonaniu jej oceny, może zakończyć się propozycjami : naprawy, wzmocnienia, wymiany niektórych elementów konstrukcyjnych, lub całego układu konstrukcyjnego, konserwacją niektórych elementów, renowacją elewacji bądź propozycją rozbiórki.

W normie przedstawiono propozycję sposobu przygotowania częściowego lub końcowego raportu (opracowania). Powinna ona zawierać następujące elementy:

- stronę tytułową zawierającą: nazwę opracowania, dane zleceniodawcy, dane autora oceny i datę opracowania oceny,
- streszczenie, w którym opisuje się zasadnicze cechy wykonanych badań, wnioski i zalecenia (w przypadku opracowań dużej objętości),
- cel oceny uzgodniony ze zleceniodawcą, a także plan użytkowania konstrukcji i tok postępowania związany z oceną,
- opis konstrukcji zawierający: nazwę, adres, opis układu konstrukcyjnego wraz z rysunkami a także przeszłe i obecne użytkowanie konstrukcji,
- opis wykonywanych badań, gdzie uwzględnić należy: listę badanych dokumentów i źródeł ich pochodzenia; procedurę prowadzenia badań z wyszczególnieniem wyników

badania, sposobu pobierania próbek oraz podania jednostki laboratoryjnej wykonującej badania,

- opis analizy obejmujący rodzaje wykonanych obliczeń z uwzględnieniem otrzymanych wyników,
- weryfikację zawierającą sprawdzenie stanów granicznych nośności i użytkowości,
- dyskusję uzyskanych wyników, gdzie analizie poddać należy uzyskane wyniki i ich znaczenie w ocenie budowli,
- przegląd wariantów interwencji, gdzie sformułować należy warianty interwencji, ewentualnie też ich koszty,
- wnioski i zalecenia, które należy sformułować w sposób stanowczy i jasny, a każdy wniosek powinien być oparty na materiałach zawartych we wcześniejszych rozdziałach raportu. Należy przedstawić zleceniodawcy kierunki działań, uwzględniając pozostały okres użytkowania, inspekcje, plan konserwacji i przewidywaną datę kolejnej oceny,
- spis dokumentów i wykorzystanej literatury,
- załączniki, w których znajdować się powinny rysunki, fotografie, wyniki badań laboratoryjnych, wyniki obliczeń itp.

Kończącą decyzją dotyczącą sposobu interwencji, opartej na ocenie eksperta i podanych w raporcie zaleceniach, podejmuje zleceniodawca po uzgodnieniu z odpowiednimi władzami (jeśli to konieczne).

6.3 Opis stanu technicznego poszczególnych części budowli

Ocena stanu technicznego obiektu może być dokonywana w sposób wizualny, analityczny lub badawczy, w zależności od rodzaju stwierdzonego przez opiniodawcę zużycia całego obiektu, w tym poszczególnych jego elementów.

Poniżej przedstawiono kryteria ogólne oceny i klasyfikacji technicznej stanu elementów obiektu budowlanego. Dane zawarte w tabeli są obecnie z powodzeniem wykorzystywane przez specjalistów.

Tabela 2. Kryteria ogólne oceny i klasyfikacji technicznej stanu elementów obiektów budowlanych [16]

Lp.	Klasyfikacja stanu technicznego elementu budynku	Procentowe zużycie budynku	Kryterium oceny
	1	2	3
1	Dobry	0 – 15 %	Element budynku dobrze utrzymany, konserwowany, nie wskazuje zużycia i uszkodzeń. Cechy i właściwości wbudowanych materiałów odpowiadają wymogą normy.
2	Zadowalający	16 – 30 %	Element budynku utrzymany należyście. Celowy jest remont bieżący, polegający na drobnych naprawach, uzupełnieniach, konserwacji, impregnacji.
3	Średni	31 – 50 %	W elementach budynku występują niewielkie uszkodzenia i ubytki nie zagrażające bezpieczeństwu publicznemu. Celowy jest remont kapitalny.
4	Zły	51 – 70 %	W elementach budynku występują znaczne uszkodzenia, ubytki. Cechy i właściwości wbudowanych materiałów mają obniżoną klasę. Wymagany kompleksowy remont kapitalny, względnie wymiana.

Ocenę stanu technicznego z uwzględnieniem procentowego zużycia poszczególnych elementów luz zespołów elementów obiektu budowlanego, należy prowadzić w sposób czytelny, tak aby możliwe było zestawienie procentowego zużycia elementów. Zsumowanie poszczególnych wartości pozwoli na określenie stanu technicznego całego obiektu.

Tabela 3. Tabela służąca do oceny stanu technicznego obiektu – wzór podstawowy

L.p.	Nazwa elementu	Opis aktualnego stanu technicznego (stwierdzone braki i uszkodzenia)	Określenie % zużycia [%]	Ocena stanu technicznego			
				- dobry	- zadowalający	- średni	- zły
1							
2							
n							
Zużycie ogólne obiektu; całościowa ocena stanu technicznego							

Tabela4. Tabela służąca do oceny stanu technicznego obiektu – wzór dla bardziej złożonych konstrukcji

L.p.	Nazwa elementu	Rodzaj materiałów użytych do budowy	Opis aktualnego stanu technicznego (stwierdzone braki i uszkodzenia)	Określenie % zużycia elementu [%]	Wartość średnia % zużycia dla zespołu elementów [%]	Ocena stanu technicznego *	Charakter podjętych działań **	Uwagi (Przewidywany zakres robót do wykonania)
1								
2								
3								
n								
Zużycie ogólne obiektu; całościowa ocena stanu technicznego								

* Ocena stanu technicznego: dobry, zadowalający, średni, zły (patrz Tabela 2)

** Charakter podjętych działań: naprawa, wzmocnienie, remont, konserwacja, modernizacja, przebudowa, rozbudowa, odbudowa, adaptacja, renowacja, rekonstrukcja, wymiana elementów (patrz p. 6.4).

6.4 Określenia dotyczące realizacji napraw i wzmocnień konstrukcji budowlanych [18]

Naprawa - usuwanie stwierdzonych uszkodzeń lub uzupełnianie braków, które mogą spowodować zagrożenie dla życia, zdrowia lub mienia ludzi bądź dla środowiska. Efektem naprawy jest przywrócenie wymaganych cech użytkowych uszkodzonych lub zużytych elementów.

Wzmocnienie - działanie mające na celu zwiększenie nośności istniejących elementów konstrukcyjnych lub całych konstrukcji obiektów.

Remont - roboty budowlane polegające na odtworzeniu (przywróceniu) pierwotnego stanu zużytych obiektów lub ich elementów, zarówno pod względem technicznym, jak i użytkowym. Remont może być bieżący lub kapitalny, zależnie od zakresu wykonywanych prac i ich kosztu w stosunku do wartości odtworzonej obiektu. Zwykle koszt remontu bieżącego wynosi do 10%, a remontu kapitalnego - do 70% wartości obiektu. Remont kapitalny z reguły połączony jest z unowocześnieniem obiektu.

Modernizacja - dostosowanie obiektu do współczesnych lub nowych wymagań użytkowych, technicznych, ekologicznych, produkcyjnych itp. Jest to unowocześnienie obiektu w celu poprawienia jakości, trwałości, ulepszenia działania, zwiększenia wydajności itp.

Przebudowa - zmiana (poprawienie) istniejącego stanu obiektu.

Rozbudowa - powiększenie budowli o kubaturę większą niż 100 m³.

Odbudowa - odtworzenie obiektu zniszczonego w ponad 70%.

Adaptacja - przystosowanie obiektu do nowych potrzeb użytkowych, innych niż jego pierwotne przeznaczenie.

Renowacja - odnowienie lub odświeżenie elementów składowych lub całego obiektu z przywróceniem dawnego wyglądu.

Konserwacja - czynności zapewniające właściwe warunki użytkowania obiektu oraz ochronę i zabezpieczenie przed nadmiernym zużyciem.

Ulepszenia - przedsięwzięcia polegające na przebudowie, rozbudowie, rekonstrukcji, adaptacji lub modernizacji istniejącego obiektu w celu poprawy walorów użytkowych i estetycznych, bez zmiany dotychczasowego przeznaczenia.

Wymiana elementów - zastąpienie nowymi elementami tych części obiektu, które w trakcie eksploatacji zostały zużyte, uszkodzone lub utraciły swoje właściwości techniczne lub użytkowe.

Rehabilitacja konstrukcji - zbiór wszystkich robót budowlanych, które obejmują koncepcję napraw, modernizacji i wzmocnień, które prowadzą do redukcji podatności budowli na zniszczenia.⁴

6.5 Trwałość budowli i jej składowych [13]

Nowo budowane obiekty podlegają procesowi degradacji, czyli pogarszaniu się właściwości użytkowych wbudowanych materiałów, a w konsekwencji także całej konstrukcji.

Pod pojęciem trwałości budowli należy rozumieć jej zdolność do spełniania, przez określony czas, wymagań użytkownika, w warunkach oddziaływania określonych czynników, bez wyraźnego obniżenia właściwości użytkowych, lub wystąpienia nadmiernych kosztów użytkowania.

Tabela 5. Wymagany okres użytkowania budowli [13]

Kategoria	Opis	Okres użytkowania	Przykłady
1	budynki tymczasowe	do 10 lat	tymczasowe budynki na placu budowy, budynki okresowych wystaw
2	budynki o małej trwałości	min. 10 lat	budynki przemysłowe dla krótkotrwałych procesów produkcyjnych, tymczasowe magazyny i składowiska
3	budynki o średniej trwałości	min. 30 lat	większość budynków przemysłowych; budynki remontowane
4	budynki o normalnej trwałości	min. 70 lat	nowe budynki dla służby zdrowia, nowe budynki mieszkalne i monumentalne budynki publiczne
5	budynki i budowle o dużej trwałości	min. 120 lat	budowle inżynierskie i inne budynki monumentalne, spełniające ważną rolę społeczną

Podstawowe elementy konstrukcyjne, decydujące o bezpieczeństwie budowli, oraz elementy niedostępne z reguły mają trwałość równą trwałości budowli. Pozostałe części lub wyroby składowe często mają krótszy czas użytkowania i wymagają wymiany lub naprawy w czasie eksploatacji.

Tabela 6. Orientacyjne okresy trwałości elementów budynku [14]

Rodzaj elementu	Okres trwałości w latach
Fundamenty z kamienia na zaprawie cementowej	120 - 200
Fundamenty ceglane na zaprawie cementowej	70 - 150
Fundamenty żelbetowe i betonowe	200 - 300
Ściany drewniane, szkieletowe	25 - 40
Ściany drewniane z bali	50 - 70
Ściany typu mur pruski	40 - 60
Ściany z kamienia na zaprawie cementowej	120 - 200
Ściany ceglane	130 - 150
Ściany z cegły silikatowej	90 - 110
Ściany z betonu komórkowego	30 - 50
Ściany z prefabrykatów keramzytowych	65 - 80
Ściany z prefabrykatów warstwowych, żelbetowe	80 - 100
Ściany z prefabrykatów warstwowych, drewniane	40 - 50
Stropy ceglane, łukowe	100 - 150
Stropy „Kleina”	100 - 130
Stropy drewniane, belkowe	60 - 80
Stropy żelbetowe monolityczne, prefabrykowane	130 - 150
Schody stalowe	120 - 150
Schody kamienne na belkach stalowych	100 - 120
Schody żelbetowe	120 - 150
Schody drewniane	20 - 50
Okna i drzwi zewnętrzne	40 - 50

Drzwi wewnętrzne	60 - 80
Posadzka z klepki dębowej	50 - 80
Tynki wewnętrzne wapienne	50 - 60
Tynki cementowo wapienne zewnętrzne	50 - 40
Malowanie olejne okien	5 - 7
Malowanie klejowe ścian i sufitów	4 - 5
Pokrycie dachu blachą czarną	20 - 30
Pokrycie dachu blachą ocynkowaną	40 - 50
Pokrycie dachu papą	10 - 20
Pokrycie dachu dachówką	20 - 60
Obróbki blacharskie dachu	15 - 20
Przewody wodociągowe, kanalizacyjne, gazowe	25 - 40
Aparatura sanitarna	15 - 30
Instalacja centralnego ogrzewania	20 - 25
Osprzęt i instalacje elektryczne	25 - 30
Urządzenia dźwigowe	30 - 35
Zsypy na śmieci	80 - 100

Z uwagi na trwałość dobrze jest wydzielić w budowli części, którym można przypisać określone funkcje. Z punktu widzenia okresu użytkowania części budowli podzielono na trzy kategorie, którym można przyporządkować rozpatrywany element.

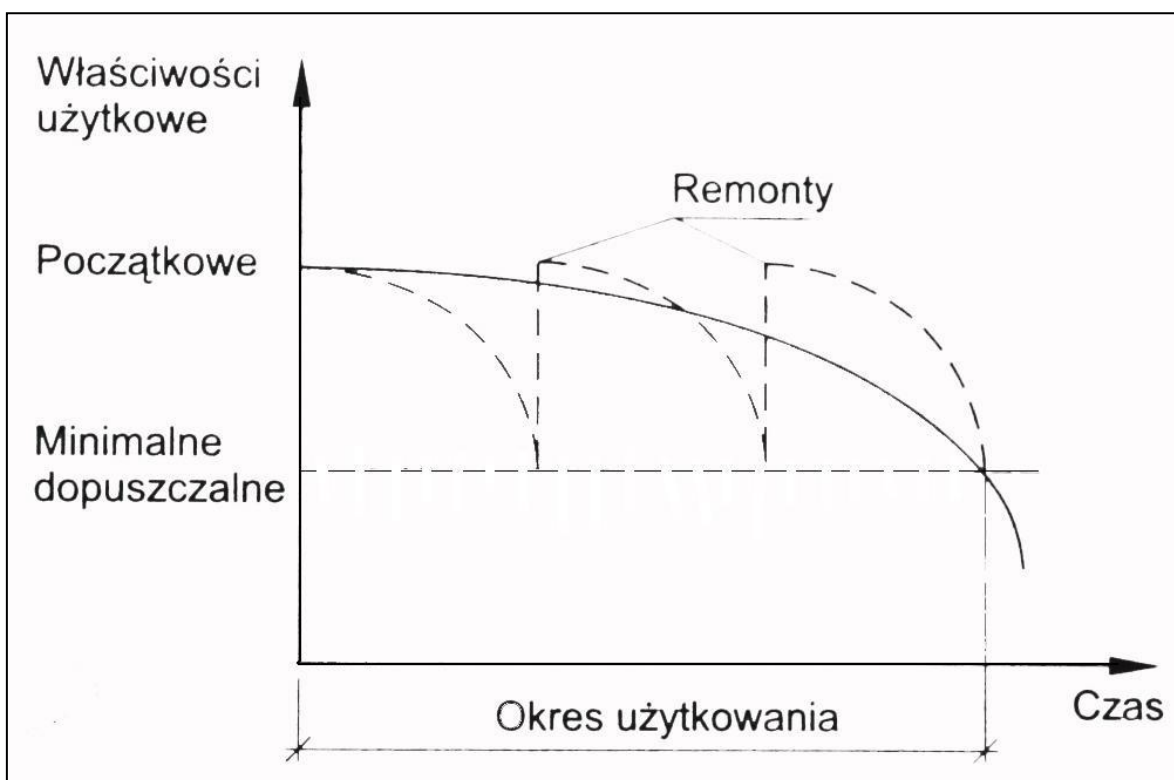
Tabela 7. Trwałość części budynków lub wyrobów składowych [13]

Kategoria	Opis	Okres użytkowania	Przykłady
1	wymienialne	elementy o okresie użytkowania krótszym od czasu użytkowania budynku; ich wymiana może być przewidziana w projekcie	ściany działowe, niektóre elementy konstrukcyjne
2	naprawialne	elementy podlegające zabiegom mającym na celu przedłużenie okresu użytkowania	większość tynków, drzwi, okna, konstrukcje z izolacjami
3	trwale niewymagające dodatkowych zabiegów	elementy o trwałości równej trwałości budynku	fundamenty i główne elementy konstrukcyjne

Do określenia trwałości budowli jest niezbędna zarówno znajomość początkowych właściwości użytkowych, jak i zachowania się w czasie poszczególnych części budowli, materiałów lub wyrobów.

Za wartość krytyczną właściwości użytkowej uważa się taką wartość, która nie może być przekroczona, jeżeli zdolności do spełniania założonych funkcji mają być zachowane.

Przy rozpatrywaniu trwałości używa się terminu „okres użytkowania” – jest to czas od wykonania konstrukcji do momentu, gdy jej właściwości użytkowe osiągną minimalny dopuszczalny poziom. Za granicę trwałości jest uważany stan, przy którym budowla lub jej część osiągną stan graniczny użytkowania. W pewnych przypadkach o dalszym użytkowaniu obiektu mogą decydować jego unikalność a nawet względy estetyczne.



Rys.69. Zmiany właściwości użytkowych [13]

Tabela 8. Przykładowe okresy trwałości obiektów budowlanych [17]

Rodzaj budynku	Przewidywany okres trwałości w latach (T)		
	Konstrukcja drewniana - ściany, stropy i dach drewniany	Konstrukcja mieszana - budynki z cegły lub materiałów podobnych, stropach i dachu drewnianym	Konstrukcja masywna - ściany murowane, żelbetowe, itp., ze stropami i schodami masywnymi
Budynki mieszkalne	80 - 100*	90 - 120*	100 - 150*
Budynki Użyteczności Publicznej			
- szkoły	70 – 80	80 - 100	90 -100
- administracyjne- małomiasteczki	80 – 90	80 – 100	100-120
- administracyjne - wielkomiejskie	-	120-150	150-200
- szpitale	-	-	100-120
- hotele miejskie	-	100-130	120-150
Budynki gospodarcze	60 - 70	70 - 90	80 - 100
Garaże wolnostojące	-	50 - 80	80 - 100
Warsztaty naprawcze	40-50	50 - 80	80 - 100
Budynki inwentarskie	40 - 50	50 - 60	60 - 70
Domy letniskowe	do 40	do 60	do 80
<i>Budowle</i>		15 - 30	

*górne granice trwałości dotyczą budynków z dachami o konstrukcji innej (trwalszej) niż drewniana

Tabela 9. Przykładowe okresy trwałości obiektów produkcyjnych, magazynowych, handlowych [17]

L.P.	Przeznaczenie budynku	Rodzaj konstrukcji	Przewidywany okres trwałości (w latach)
1	Hale przemysłowe	Szkieletowa lub murowana z dachem: - żelbetowym - stalowym - drewnianym	100-120 80-100 50-70
2	Budynki produkcyjne	Murowana Szkieletowa żelbetowa Szkieletowa stalowa	80-100 100-120 80-100
3	Budynki magazynowe	Szkieletowa żelbetowa lub stalowa ze stropami ogniotrwałymi Murowana grubości do 1 cegły ze stropami drewnianymi	120-150 60-80

		Murowana grubości do 1 cegły ze stropami ognioodpornymi	80-100
		Murowana grubości powyżej 1 cegły ze stropami drewnianymi	80-100
		Murowana grubości powyżej 1 cegły ze stropami ogniotrwałymi	90-120
		Szkielet drewniany	30-40
4	Centra handlowe	Murowana	100-120
		Szkieletowa żelbetowa lub stalowa	120-150
5	Budynki sklepowe	Murowana ze stropami drewnianymi	80-100
		Murowana ze stropami ogniotrwałymi	100-120
		Murowana z bloków lub pustaków ze stropami drewnianymi	60-80
		Murowana z bloków lub pustaków ze stropami ogniotrwałymi	80-100
6	Budynki kotłowni	Murowana	50-70
		Szkieletowa żelbetowa	80-100
		Szkieletowa stalowa	50-70
7	Baraki niemieszkalne	Drewniana	15-20
8	Szklarnie	Szkieletowa stalowa	50-70
9	Portiernie itp.	Drewniana	30-40
		Murowana grubości do 1 cegły	80-100
		Murowana grubości powyżej 1 cegły	90-120
		Murowana z bloków lub pustaków	80-100
		Szkieletowa żelbetowa	110-130

Tabela 10. Przykładowe okresy trwałości budowli [17]

Lp.	Rodzaj budowli	Okres trwałości w latach
1	Ogrodzenia:	40-60
	- murowane grube	20-30
	- murowane cienkie z pilastrami	20-35
	- z prętów metalowych	15-25
	- z siatki na słupkach żelbetowych lub stalowych	10-15
	- drewniane	
2	Sieci kanalizacyjne	35-50
3	Wodociągi	30-45
4	Sieci ciepłe (c.o.)	20-30
5	Ulice i place	30-45
5	Linie kablowe	30-50

Tabela 11. Przykładowe normatywne okresy trwałości oraz minimalny stopień rocznego zużycia poszczególnych elementów budynku [17]

Lp.	Rodzaj elementu	Okres trwałości w latach
1.	cegłane	70-150
2.	murowane z kamienia	120-200
3.	betonowe i żelbetowe	200-300
4.	drewniane szkieletowe	25-40
5.	drewniane z bali	50-70
6.	"mur pruski"	40-60
7.	cegłane	130-150
8.	murowane z kamienia	120-200
9.	murowane z betonu komórkowego	30-50
10.	murowane z prefabrykatów keramzytowo -betonowych	65-80
11.	murowane z prefabrykatów warstwowych, żelbetowe	80-100
12.	konstrukcje stalowe	120-150
13.	konstrukcje monolityczne żelbetowe	150-200
14.	cegłane	100-130
15.	drewniane belkowe	45-80
16.	żelbetowe monolityczne i prefabrykowane	130-150
17.	żelbetowe	120-150
18.	stalowe	120-150
19.	kamiennie na stalowych belkach biegowych	100-120
20.	drewniane	30-50
21.	o konstrukcji drewnianej	50-75
22.	o konstrukcji stalowej	100-150
23.	o konstrukcji żelbetowej	120-150
24.	pokrycie z blachy stalowej czarnej	20-30
25.	pokrycie z blachy stalowej ocynkowanej	30-40
26.	pokrycie z blachy miedzianej	100
27.	pokrycie dachówką ceramiczną	100
28.	pokrycie dachówką cementową	40-50
29.	pokrycie papą	5-8
30.	pokrycie papą- podwójne	20-30
31.	pokrycie eternitem	20-30
32.	obróbki blacharskie, rynny i rury miedziane	100
33.	obróbki blacharskie, rynny i rury ocynkowane	10-15
34.	drewniane	40-60
35.	murowane	80-100
36.	drewniane okna pojedyncze	30-50
37.	pozostałe okna	50-80
38.	okiennice z drewna miękkiego	20-25
39.	drzwi wewnętrzne	40-60
40.	drzwi zewnętrzne	35-50
41.	oszklenie	20-25
42.	wewnętrzne	40-60
43.	w pomieszczeniach narażonych na zawilgocenie	40
44.	w pomieszczeniach nie narażonych na zawilgocenie	25-40
45.	zewewnętrzne	30-50
46.	klejowe	3
46.	emulsyjne,	5
47.	farby do podłóg	4-10
48.	olejne ścian	8

49.	olejne sufitów	10
50.	olejne stolarki i pozostałe	5-10
51.	glazura	50 - 70
52.	tapety nie najlepszej jakości- papier	4-8
53.	tapety średniej jakości - papier	5-10
54.	tapety z tworzyw sztucznych i tkanin	15-20
55.	boazeria	100
56.	zaprawa cementowa na warstwie nośnej betonowej	100
57.	deszczułki bukowe i dębowe	50-80
58.	z drewna miękkiego	40-60
59.	parkiet mozaikowy	do 25
60.	wykładziny podłogowe pcv	do 15
61.	plyty korkowe	30-40
62.	linoleum	20-30
63.	wykładziny dywanowe	6-10
64.	podłogi z desek sosnowych	30-50
65.	podłogi z desek dębowych	60-80
66.	lastryko	20-40
67.	terakota	60-80
68.	panele podłogowe	15-25
69.	przewody wodociągowe, kanalizacyjne i gazowe	25-50
70.	urządzenia sanitarne	do 25
71.	przewody centralnego ogrzewania i ciepłej wody	20-40
72.	kotły c.o.	20-30
73.	przewody instalacji elektrycznych	30-50

7. Ocena stanu technicznego śluzy komorowej numer

2 w miejscowości Kłodnica

Według uzyskanych danych, śluza komorowa w obecnej formie (jako murowana) oddana została do użytku w roku 1817. Była ona eksploatowana do roku 1937, zaś ostatni przegląd techniczny wykonano w roku 1945.

Dziś, po blisko 70 latach nieużytkowania a także braku jakiegokolwiek konserwacji konstrukcji nie trudno sprecyzować potrzebę oceny stanu technicznego. Są to przede wszystkim degradacja konstrukcji spowodowana wieloletnim działaniem czynników atmosferycznych, zniszczenia spowodowane działaniem obciążeń wyjątkowych a biorąc pod uwagę unikalność omawianego zabytku być może także propozycja przedłużenia czasu jego użytkowania.

7.1 Określenie procentowego zużycia technicznego poszczególnych elementów śluzy komorowej

Okres istnienia budowli to czas blisko 200 lat. W okresie istnienia śluza poddana była głównie działaniu agresywnego środowiska, sporadycznie miały też miejsce obciążenia wyjątkowe, jak turbulentny przepływ przez konstrukcję znacznych mas wody. W wyniku tych działań w roku 2014 zaobserwowano uszkodzenia i zniszczenia konstrukcji śluzy, które przedstawiono w Tabeli 12.

Tabela 12. Procentowe zużycie techniczne poszczególnych elementów śluzy komorowej

L.p.	Nazwa elementu	Rodzaj materiałów użytych do budowy	Opis aktualnego stanu technicznego (stwierdzone braki i uszkodzenia)	Określenie % zużycia elementu [%]	Wartość średnia % zużycia dla zespołu elementów [%]
1	Głowa górna				
1.1	Korona	Ciosy kamienne	Korona globalnie pokryta roślinnością rozwijającą się w spoinach, w tym także lokalnie małymi drzewami.		

			Ubytki ciosów kamiennych nie przekraczające 5% całości. Wyraźnie widoczne braki w spoinach i oddzielenie się od siebie murowanych bloków kamiennych, a także ich klawiszowanie.	30	
1.2	Ściany przyczółków, komora wrót wraz z niszą	Ciosy kamienne	W kamiennych ścianach głów widoczne ubytki w postaci nadtarć i utrać (uszkodzenia eksploacyjne) oraz niewielkie braki w spoinach. Braki bloków kamiennych niewielkie, nie przekraczające 5% całości.	20	40
1.3	Próg	Ciosy kamienne	Próg znajdujący się pod zwierciadłem płynącej wody, kompletny i bez widocznych ubytków. Pokryty glonami i porostami.	10	
1.4	Fundamenty	Ciosy kamienne	Brak możliwości sprawdzenia, prawdopodobnie w dobrym stanie gdyż nie zauważono odchyłań konstrukcji od pionu oraz pęknięć mogących świadczyć o nadmiernym lub nierównomiernym osiadaniu fundamentu.	-	
1.5	Wrota wraz z pomostem komunikacyjnym i dyszlami manipulacyjnymi	Drewno, stalowe okucia	Brak	100	
2	Mur oporowy (tzw. skrzydelka) łączący głowę górną ze skarpowymi brzegami kanału				
2.1	Mur oporowy	Cegła	Ubytki ciosów kamiennych umacniających koronę muru oporowego łączącego głowę ze skarpowym brzegiem kanału – nie przekraczające 5% całości. Braki w spoinach pomiędzy ciosami kamiennymi korony. W powstałych zagłębieniach rozwijająca się roślinność. Korona i fragment ściany muru oporowego prawego niepokojąca odsłonięta przez osuwającą się ziemię. W ścianie prawej widoczne poważne zarysowanie – pojedyncze pęknięcie o szerokości rozwarcia ok. 0,5 cm. Rysa ukośna praktycznie na całej wysokości elementu mogąca	50	50

			<p>świadczą o nadmiernym osiadaniu fragmentu muru oporowego. Ubytki w spoinach nieznaczne, nieprzekraczające 5%, głównie w górnej części ściany lewej. Również na powierzchni ściany lewej widoczne liczne wykwyty solne o łącznej powierzchni około 40% w stosunku do całej powierzchni ściany.</p>		
3	Głowa dolna				
3.1	Korona	Ciosy kamienne	<p>Korona globalnie pokryta roślinnością rozwijającą się w spoinach, w tym także drzewami, które wydają się być dość mocno ukorzenione. Ubytki ciosów kamiennych nie przekraczające 5% całości. Wyraźnie widoczne braki w spoinach i oddzielenie się od siebie murowanych bloków kamiennych, a także ich klawiszowanie.</p>	40	57
3.2	Ściany przyczółków, komora wrót wraz z niszą	Ciosy kamienne	<p>W kamiennych ścianach głów widoczne ubytki w postaci nadtarć i utrać (uszkodzenia eksploatacyjne) oraz niewielkie braki w spoinowaniu. Braki bloków kamiennych niewielkie, nie przekraczające 5%. W obu ścianach głowy dolnej widoczne drzewa, które rozwijając się powodują rozsadzanie pęknięć z których wystają.</p>	30	
3.3	Próg	Ciosy kamienne	Próg niewidoczny, zamulony.	-	
3.4	Fundamenty	Ciosy kamienne	Brak możliwości sprawdzenia, prawdopodobnie w dobrym stanie gdyż nie zauważono odchyłań od pionu konstrukcji oraz pęknięć mogących świadczyć o nadmiernym lub nierównomiernym osiadaniu fundamentu.	-	
3.5	Wrota wraz z pomostem komunikacyjnym i dyszlami manipulacyjnymi	Drewno, stalowe okuciu	Brak	100	

4	Mur oporowy (tzw. skrzydelka) łączący głowę dolną ze skarpowymi brzegami kanału				
4.1	Mur oporowy	Ciosy kamienne	Ubytki ciosów kamiennych umacniających koronę muru oporowego łączącego głowę ze skarpowym brzegiem kanału – nie przekraczające 5% wszystkich ciosów. Braki w spoinach pomiędzy ciosami kamiennymi korony. W powstałych zagłębieniach rozwijająca się roślinność. Korona i fragment ściany muru oporowego prawego niepokojąca odsłonięta przez osuwającą się ziemię. W kamiennych ścianach niewielkie braki w spoinach nie przekraczające 5%. Ściana wydaje się być w bardzo dobrej kondycji.	20	20
5	Komora				
5.1	Korona	Ciosy kamienne	Korona globalnie pokryta roślinnością porastającą miejsca spoinowania, brak ciosów kamiennych umacniających koronę – ilość nie przekracza 5% wszystkich ciosów. Wyraźnie widoczne lokalne oddzielanie się od siebie murowanych elementów korony, w tym ich klawiszowanie – szczególnie wyraźnie widoczne w koronie ściany prawej. Widoczne nieznaczne uszkodzenia eksploatacyjne – nadarcia kamiennych ciosów przez liny.	30	
5.2	Ściana komory	Cegła, ciosy kamienne	Ściany komory zarówno po jednej jak i po drugiej stronie, w poziomie lustra wody (miejsce styku wody i powietrza) posiadają liczne zniszczenia i ubytki w materiale. Fragment murów w którym znajdują się najpoważniejsze braki murowany z bloków kamiennych. Ubytki w jednej linii o powierzchni 7,20 m ² na ścianie lewej i 6,34 m ² na ścianie prawej. Średnia głębokość ubytków to 0,48 m. Pozostała powierzchnia ścian od lustra wody do korony murowana z cegły. Ubytki w ceglany murze	50	40

			nieznaczone, braki w spoinach nieznaczone. Na obydwu powierzchniach ściany występują niewielkie rysy, przez które do wnętrza śluży migruje woda. Świadczą o tym liczne wykwyty solne na powierzchni ścian komory, których powierzchnia wynosi 30% całości powierzchni ścian komory.		
5.3	Fundamenty	Ciosy kamienne	Brak możliwości sprawdzenia, prawdopodobnie w dobrym stanie gdyż nie zauważono odchyżeń od pionu konstrukcji oraz pęknięć mogących świadczyć o nadmiernym lub nierównomiernym osiadaniu fundamentu.	-	
5.4	Dno komory	Narzut kamienny	Brak możliwości sprawdzenia, prawdopodobnie narzut kamienny wypłukany podczas powodzi, obecnie dno komory mocno zamulone.	-	
6	Elementy pozostałe (o niewielkim udziale % w stosunku do całości konstrukcji)				
6.1	Zawiasy				
6.1.1	Zawiasy	Stal	Na 4 widoczne elementy zachowały się tylko 3 sztuki. Elementy masywne, w dobrej kondycji, pokryte niewielką ilością rdzawego tlenku metalu.	30	65
6.1.2	Pokrywy zawiasów	Stal	Na 4 elementy nie zachowała się ani jedna sztuka	100	
6.2	Studnie technologiczne mocowania zawiasów				
6.2.1	Studzienki technologiczne	Cegła	Studzienki zniszczone, całkowicie oddzielone od konstrukcji.	90	95
6.2.2	Pokrywy studzienek	Stal	Na 8 elementów nie zachowała się ani jedna sztuka	100	
6.3	Aparatura sygnalizacyjno – pomiarowa, wyposażenie				
6.3.1	Łata wodowskazowa	Stal	Na dwie łaty wodowskazowe zachowała się już tylko jedna sztuka, znajdująca się w złym stanie technicznym. Konieczna wymiana.	90	80

					80	
6.3.2	Tabliczka informacyjna	Stal	Spośród dwóch istniejących żeliwnych tabliczek informacyjnych zachowała się tylko jedna, która dodatkowo jest pęknięta. Tabliczka globalnie pokryta rdzawym nalotem, stal zdrowa, nieskorodowana.	70		
Średni stopień zużycia technicznego wszystkich elementów						48

7.2 Ocena stanu technicznego elementów składowych i całości konstrukcji

Zgodnie z powyższymi założeniami, oceny stanu technicznego konstrukcji dokonano na podstawie kryteriów ogólnych oceny i klasyfikacji technicznej stanu elementów obiektów budowlanych z uwzględnieniem stopnia zużycia technicznego poszczególnych elementów konstrukcji. Wyniki procentowego zużycia elementów wraz z odpowiadającym im stanem technicznym zestawiono w Tabeli 13.

Tabela 13. Procentowe zużycie i stan techniczny śluzy komorowej oraz jej elementów składowych, określone metodą wizualną

L.p.	Nazwa elementu	Określenie % zużycia [%]	Ocena stanu technicznego
			- dobry
			- zadowolający
			- średni
			- zły
1	Głowa górna	40	Średni
2	Mur oporowy od strony wody górnej	50	Średni
3	Głowa dolna	57	Zły
4	Mur oporowy od strony wody dolnej	20	Zadowolający
5	Komora	40	Średni
6	Elementy pozostałe	80	Zły
Zużycie ogólne obiektu; całościowa ocena stanu technicznego		48	ŚREDNI

Uśredniając wyniki stopnia zużycia technicznego poszczególnych elementów konstrukcji otrzymano wynik 48%. Wynik ten mieści się w przedziale procentowego zużycia budowli 31 - 50% co zgodnie z przyjętymi założeniami wskazuje na stan techniczny średni. Wymagany jest kompleksowy remont kapitalny.

8. Projekt rehabilitacji (robót naprawczych) śluzy komorowej numer 2 na Kanale Kłodnickim w miejscowości Kłodnica w powiecie Kędzierzyn – Koźle

8.1 Przedmiot i zakres projektu

Celem jest projekt rehabilitacji (robót naprawczych), która przywróci istniejącą śluzę komorową do pełnej sprawności technicznej i bezpieczeństwa użytkowania, przy zastosowaniu współczesnych nowych technologii.

Stan techniczny śluzy komorowej numer 2 na Kanale Kłodnickim, po kilkudziesięciu latach nieużytkowania i braku konserwacji określono jako średni. Budowla wymaga kompleksowego remontu.

Zakres robót naprawczych obejmuje następujące prace:

1. Likwidację roślin porastających mury i bezpośrednie sąsiedztwo śluzy,
2. Wykonanie zapór w górnym i dolnym awanporcie, opcjonalnie przepustu zapewniającego stały przepływ wody przez pozostałą część Kanału Kłodnickiego,
3. Odwodnienie przestrzeni pomiędzy zaporami,
4. Odmulenie dna komory i kanału w najbliższym sąsiedztwie konstrukcji śluzy, w tym murów oporowych łączących głowy ze skarpowymi brzegami. Należy wykonać inwentaryzację uszkodzeń i ich ewentualną naprawę,
5. Rozbiórkę lica ceglanych ścian komory i murów oporowych łączących głowy ze skarpowymi brzegami, na głębokość około 27cm, wraz z odbudową do początkowych wymiarów,
6. Naprawę i konserwacje elementów kamiennych śluzy, t.j. korony głów śluzy wraz z wnękami i murów oporowych łączących głowę dolną ze skarpowymi brzegami,
7. Rozbiórkę i odbudowę czterech murowanych studzienek technologicznych, w których mieszczą się kotwienia zawiasów,
8. Demontaż i montaż zachowanych trzech zawiasów metalowych wraz z kotwieniami, ich oczyszczenie i konserwację,

9. Wykonanie i montaż brakującego zawiasu oraz wykonanie brakujących metalowych pokryw studzienek i zawiasów (4 komplety),
10. Wykonanie i montaż brakujących drewnianych wrót wspornych górnych i dolnych wraz z wyposażeniem,
11. Wykonanie pionowej izolacji przeciwwilgociowej ścian śluzy, uzupełnienie i zagęszczenie wodoprzepuszczalnej zasyпки,
12. Uzupełnienie i profilowanie gruntu wokół konstrukcji śluzy komorowej,
13. Uzupełnienie dna komory narzutem kamiennym, opcjonalnie wykonanie dna betonowego, które dodatkowo zabezpieczy ściany śluzy przed przesunięciem i wymywaniem w przyszłości,
14. Wyposażenie obiektu w dwie łaty wodowskazowe,
15. Wyposażenie obiektu w balustrady zabezpieczające przed wpadnięciem do komory śluzy.

8.2 Szczegółowy opis zaproponowanych robót naprawczych śluzy

8.2.1 Likwidacja roślin porastających mury i wyrastających w bezpośrednim sąsiedztwie konstrukcji śluzy

Likwidacja roślin porastających konstrukcję śluzy powinna nastąpić możliwie jak najszybciej, nawet rok przed przystąpieniem do robót remontowych. Etap ten obejmuje bowiem nie tylko likwidację roślin porastających mury, ale też ich zabezpieczenie przed ponownym wyrastaniem.

Przystępując do likwidacji roślin, wyróżnić należy dwa ich rodzaje:

- A) mikroorganizmy – jak grzyby, pleśnie, porosty, mchy i glony,
- B) chwasty jedno- i dwuliścienne, jednoroczne i wieloletnie a także drzewa i krzewy.

Pierwsze z wymienionych można zwalczać preparatami grzybobójczymi przeznaczonymi do czyszczenia i zabezpieczania elementów i konstrukcji budowlanych np. środkiem o nazwie Atlas Mykos.

Drugiego rodzaju rośliny niszczące konstrukcję zaleca się zwalczać środkiem chwastobójczym o nazwie Atlas 360 SL lub równoległym. Preparaty tego typu przeznaczone są do zwalczania perzu oraz innych chwastów jednoliściennych i dwuliściennych, jednorocznych i wieloletnich, oraz do niszczenia drzew i krzewów. Niszczenie tych roślin polega na tym, że środek pobierany jest przez zielone części rośliny (liście, pędy oraz niezdrewniałą korę), a następnie rozprowadzany po całej roślinie, także do części podziemnych gdzie powoduje ich obumieranie.

Całkowite obumarcie rośliny następuje po około 3 tygodniach, a w przypadku drzew i krzewów, efekty widoczne są dopiero w następnym roku.

Nanoszenie preparatu na zielone części roślin należy wykonywać przy pomocy opryskiwacza, w okresie bez opadów atmosferycznych.

8.2.2 Przygotowanie terenu robót

Przygotowanie terenu robót powinno być poprzedzone badaniami pozwalającymi na określenie warunków gruntowo – wodnych oraz dokładnym rozpoznaniem istniejącej na nim budowli. Należy wykonać pomiar inwentaryzacyjny budowli, zanim stanie się to niemożliwe. Poszczególne obiekty geometryczne powinny być wyznaczone i zastabilizowane w sposób umożliwiający operatywne ich wprowadzenie oraz wykorzystanie podczas realizacji remontu. Należy porównać dokumentację techniczną ze stanem faktycznym zastanym na terenie budowy.

Na czas robót, teren w rejonie śluzy powinien zostać ogrodzony i wyłączony z eksploatacji. Przed przystąpieniem do robót naprawczych śluzy przewiduje się budowę zapory przed i za konstrukcją, opcjonalnie przepustu który umożliwi ciągły przepływ wody do dalszej części Kanału Kłodnickiego. Zaporę można wykonać stosując worki z piaskiem i folię z tworzywa sztucznego. Wysokość zapory należy dostosować do wysokości wody górnej i dolnej, dla bezpieczeństwa zwiększając jej wysokość dwukrotnie. W celu wykonania przepustu zastosować można np. rurę kanalizacyjną PVC fi 1000 mm, którą

miarę możliwości oprócz trwałego zamocowania w zaporach należy na długości solidnie podeprzeć lub podwiesić przynajmniej w kilku miejscach.

Po zabezpieczeniu i odwodnieniu śluzy, należy odmulić dno pomiędzy obiema zaporami. Na czas remontu należy przewidzieć konieczność stałego podłączenia pompy w celu natychmiastowego odwodnienia w wyniku ewentualnych przecieków lub intensywnych opadów atmosferycznych.

8.2.3 Wykonanie robót rozbiórkowych, usuwanie drzew i krzewów

Roboty związane z wykonywaniem rozbiórki istniejących ścian komory, oraz murów oporowych tzw. skrzydełek wlotowych od strony wody górnej, należy wykonać z rusztowań przy pomocy młotów pneumatycznych bądź ręcznie z zachowaniem zasad BHP. Równoległe z robotami rozbiórkowymi należy usunąć obumarte drzewa i krzewy porastające konstrukcję, dążąc do usunięcia całego systemu korzeniowego, używając do tego pił, siekier oraz młotów pneumatycznych służących do rozbiórki ścian.

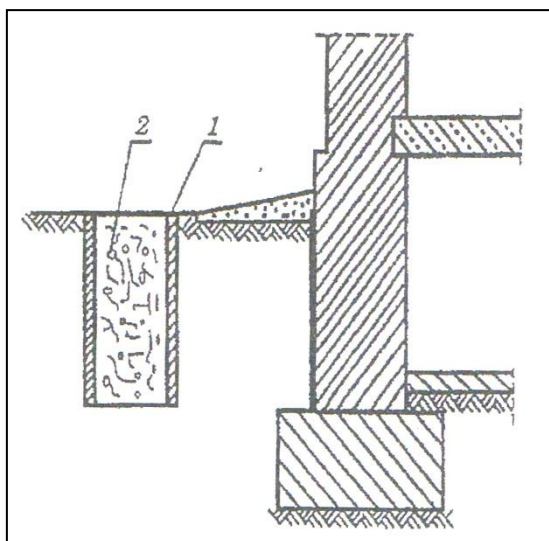
Przed przystąpieniem do robót rozbiórkowych i murowych ściany z cegły należy dokonać demontażu kamiennej korony murów. Bloki kamienne te należy zdemontować poprzez wklejenie kotew stalowych na bocznych powierzchniach poszczególnych elementów, następnie podnosić i transportować za pomocą dźwigu. Należy zachować szczególną ostrożność, żeby nie uszkodzić żadnego z elementów. Po zakończeniu prac murowych ścian, należy ponownie ułożyć elementy, mocując je do podłoża oraz spoinując między blokami zaprawą użytą do pełnospoinowego murowania cegieł klinkierowych. Przed ponownym ułożeniem kamiennych czap, należy je oczyścić, wypiąstować i pomalować środkami do impregnacji kamienia.

8.2.4 Wykonanie robót odkrywkowych ścian komory

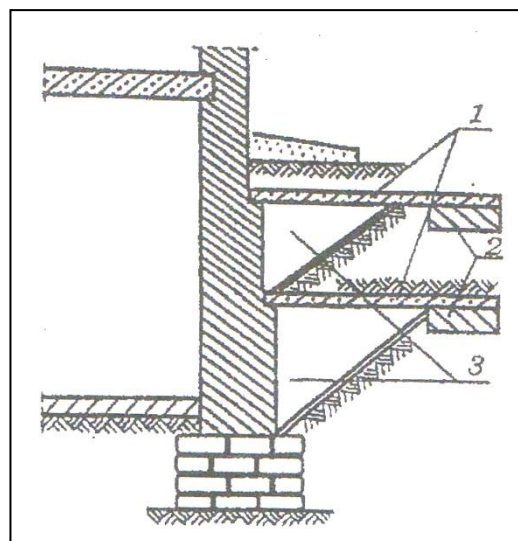
Równoległe z robotami rozbiórkowymi lica ścian należy przeprowadzić roboty odkrywkowe ścian komory, głów oraz murów oporowych tzw. skrzydełek łączących głowy ze skarpowymi brzegami kanału. Wykopy należy wykonać na głębokość 5,5-6,0m z zastosowaniem tradycyjnych skarp lub odpowiednich zabezpieczeń jak np. stalowych grodziec.

Podczas robót odkrywkowych należy zinwentaryzować zniszczone, zagłębione w gruncie studzienki technologiczne, określając dokładnie ich wymiary przestrzenne.

W rozważanym przypadku nie stwierdzono nadmiernych przemieszczeń w górnej części ścian oporowych śluzy. Rozważmy teoretyczny przypadek, w którym stwierdzono nadmierne przemieszczenia ścian oporowych. Wówczas w takim przypadku należałoby dążyć do zmniejszenia wartości parcia bocznego gruntu na ściany oporowe. W takim przypadku istnieją dwa praktyczne rozwiązania techniczne które pozwolą na spełnienie warunku. Przedstawiono je na Rys.70. i Rys. 71..



Rys.70. Zmniejszenie parcia bocznego gruntu za pomocą wykopu kompensacyjnego, 1 - ścianki żelbetowe, 2 – zasypka [20]



Rys.71. Eliminacja parcia bocznego gruntu na ściany, 1 – płyty żelbetowe, 2 – poduszki betonowe, 3 – usunięty grunt [20]

8.2.5 Wykonanie pionowej izolacji przeciwwodnej i wypełnienie wykopów gruntem przepuszczalnym

Odsłonięte ściany należy dokładnie umyć myjką wysokociśnieniową a po osuszeniu i zagruntowaniu powierzchni wykonać izolację przeciwwilgociową zabezpieczającą konstrukcję przez przenikaniem wody do wnętrza komory. Pionową hydroizolację ścian wykonać z zaprawy cementowej do powłokowego uszczelniania budowli i elementów budowlanych z zastosowaniem np. powłoki wodoszczelnej CR 65 firmy Ceresit lub

równoległej. Dodatkowo po stwardnieniu i związaniu masy, ściany zabezpieczyć folią kubełkową. Wykopy zasypać np. piaskiem drobnym, zagęszczając warstwami co 30cm. W innym wypadku, jako zasypkę zaleca się stosować grunty mineralne, rodzime, niespoiste i nieagresywne o dobrych właściwościach drenujących.

Warstwę wierzchnią uzupełnić ziemią humusową, plantując ją tak aby równomiernie dochodziła do kamiennej korony śluzy, zrównując się z jej poziomem. Na odpowiednio wyprofilowanej i wyrównanej powierzchni zasiać trawę.

8.2.6 Wykonanie robót murowych

Po skuciu istniejącej warstwy ścian na grubość około 27 cm, oraz usunięciu wszystkich luźnych elementów, powierzchnię należy umyć myjkami wysokociśnieniowymi. W przypadku istnienia rys lub pęknięć, szczeliny należy zainiektować, używając do tego celu płynnych mieszanek iniekcyjnych o budowie ciągłej (żywice), dyspersyjnej (zaczyny), ziarnistej (zaprawy) lub równoległego. Należy pamiętać, że komponent użyty do napraw iniekcyjnych powinien spełniać trzy postulaty:

- A) mieć właściwości odpowiadające cechom materiału naprawianej konstrukcji z dokładnością do 25%,
- B) zapewnić po stwardnieniu aktywne włączenie się do pracy z konstrukcją, która w istocie znajduje się w toku naprawy, pod obciążeniem co najmniej ciężarem własnym,
- C) osiągnąć w styku materiały naprawianego z naprawą niezbędną przyczepność, wymaganą do przenoszenia naprężeń rozciągających.

Po umyciu i ewentualnej iniekcji, suche powierzchnie ścian należy zagruntować np. gruntem krzemianowo-polimerowym do podłoży mineralnych firmy ALPOL AG707 lub równoległym.

Do robót murowych używać cegieł klinkierowych pełnych o wytrzymałości na ściskanie min kl. 50 Mpa, o odcieniu/barwie ustalonym z inwestorem/konserwatorem zabytków.

Cegły klinkierowe układać na zaprawie NANOTECH Kreisel 131 lub równoważnej. Elementy murowe powinny być czyste i wolne od kurzu. Mur należy wznosić możliwie równomiernie na całej długości, kotwiąc go do istniejącego muru kotwami stalowymi

w ilości minimum 4szt./m². Mur należy wykonywać warstwami z zachowaniem prawidłowego wiązania elementów murowych i grubości spoin tak, aby ściana stanowiła jeden element konstrukcyjny. Elementy murowe powinny być układane na płask, spoiny poprzeczne i podłużne w sąsiednich warstwach muru powinny być usytuowane mijankowo. Przed wbudowaniem elementu murowe powinny być moczone, jeżeli takie wymagania zawarto w dokumentach odniesienia lub instrukcji producenta wyrobu. Liczba elementów murowych połówkowych nie powinna przekraczać 15%. Konstrukcje murowe mogą być wykonywane przy minimalnej temperaturze określonej przez producenta zaprawy. W przypadku przerwania robót na okres zimowy, lub z innych przyczyn, wierzchnie warstwy murów powinny być zabezpieczone przed szkodliwym działaniem czynników atmosferycznych. Po zakończeniu prac murowych zabezpieczyć ścianę silikonowym impregnatem do klinkieru MAXCLEAR firmy Drizoro lub równoważnym.

8.2.7 Naprawa murów kamiennych

Mury kamienne należy oczyścić poprzez piaskowanie. Sposób wykonania piaskowania według specyfikacji technicznej. Po wykonaniu piaskowania należy usunąć wszelkie luźne lub głuchoe fragmenty. W miejscu uszkodzeń i napraw kamienia, należy wyrównać powierzchnię i kolejno poddać ją groszkowaniu w celu zapewnienia lepszej przyczepności. Mur należy umyć z kurzu i innych ewentualnych zabrudzeń myjką wysokociśnieniową i osuszyć. Na tak przygotowaną powierzchnię, w celu reprofilacji należy nałożyć środek naprawczy systemu Zentrifix bądź równoważny. W celu jak najlepszego odtworzenia pierwotnego kształtu kamienia, wszelkie nierówności powstałe w miejscu styku starej i nowej powierzchni muszą być wygładzone.

W miejsca ewentualnych braków, ciosy kamienne uzupełnić dopasowując wymiarami i kształtem to ubytków oraz sąsiadujących elementów. Do wmurowania użyć zaprawy cementowej np. zaprawy murarskiej firmy Atlas z dodatkiem plastyfikatora, lub równoważnej. Należy również uzupełnić występujące braki w spoinowaniu, stosując do tego celu zaprawę cementową jak wyżej.

Po zakończeniu prac murowych bądź naprawczych należy zabezpieczyć ścianę silikonowym impregnatem do kamienia Sarsil lub równoważnym.

8.2.8 Montaż balustrad stalowych lub drewnianych

W uzgodnieniu z inwestorem/konserwatorem zabytków, wokół ścian komory należy zamontować balustrady stalowe lub drewniane, dla lepszego bezpieczeństwa. Balustrady mogą być zamocowane bezpośrednio do kamiennych bloków korony ścian, przy zastosowaniu kotew chemicznych typu Fischer lub równoważnych. Sposób wykonania montażu według specyfikacji technicznej producenta, oraz specyfikacji technicznej wykonania i odbioru robót. Minimalna wysokość balustrad to 1,1m.

8.2.9 Wykonanie studzienek technologicznych

Studzienki technologiczne w ilości sztuk 4, należy wykonać analogicznie do poprzednich i zgodnie z wymiarami określonymi podczas robót odkrywkowych. Studzienki wykonać należy w technologii murowanej używając do tego cegły klinkierowej pełnej i zaprawy murarskiej jak w przypadku pozostałych robót murowych. Przed murowaniem studzienek należy odpowiednio przygotować podłoże, co zapobiegnie osiadaniu „doklejanej” do murów śluzy studzienek. Lokalnie należy wykonać poduszki z zagęszczonego kamienia, wykańczając je pod murarkę wylewką z chudego betonu. Podczas murowania kolejnych warstw, należy pamiętać o trwałym zakotwieniu studzienek do konstrukcji śluzy. Kotwy wykonać można poprzez wklejenie w konstrukcję śluzy żebrowanych prętów zbrojeniowych fi 10.

8.2.10 Umocnienie dna komory

Należy wykonać umocnienie dna komory śluzy, poprzez jego wypełnienie kamieniem łamanym do robót hydrotechnicznych, np. szarogłazem. Dostępne facje to 90/180 oraz 300/500. Maksymalny poziom kamienia w komorze powinien być nie wyższy niż rzędna 166,860. Ilość kamienia niezbędną do wypełnienia komory należy określić po odmuleniu dna komory.

Opcjonalnie, po konsultacji z inwestorem i/lub konserwatorem zabytków, można wykonać dno, w postaci płyty betonowej. Betonowe dno połączyłoby się z przeciwległymi ścianami komory tworząc wówczas konstrukcję dokową. W takim przypadku, dno byłoby trwale zabezpieczone przed wymywaniem w kolejnych latach funkcjonowania, a ściany

komory zabezpieczone przed ewentualnym przesunięciem i osiadaniem. Niewątpliwie cała konstrukcja śluzy byłaby sztywniejsza. Materiał do zastosowania wg PN-EN-206-1 : Beton C30/37.

8.2.11 Wyposażenie obiektu w aparaturę pomiarową

Zakupione łąty wodowskazowe w ilości sztuk 2 zamocować do murów oporowych, tzw. skrzydełek wlotowych po jednej sztuce od strony wody górnej i dolnej. Dokładna lokalizacja łąt – jak w przypadku uprzedniej lokalizacji. Montaż łąt wodowskazowych zgodnie z instrukcją załączoną przez producenta.

8.2.12 Roboty związane z renowacją zawiasów, w tym z odtworzeniem zawiasu brakującego oraz metalowych pokryć

Zachowane trzy sztuki zawiasów należy zdemontować, poprzez odkręcenie kotwien znajdujących się w studzienkach technologicznych. Zdemontowane zawiasy, wraz z kotwieniami należy wypiąskować po uprzednim zabezpieczeniu gwintów a następnie po odtłuszczeniu pokryć kolejno podkładem i powłoką antykorozyjną w kolorze czarnym. Zawiasy wraz z kotwieniami należy zwymiarować i na tej podstawie odtworzyć brakujący zawias głowy górnej.

Podobnież pokrywy studzienek, po ich wykonaniu oraz zawiasów, po ich zamocowaniu i montażu wrót należy zwymiarować i wykonać dopasowując do stanu istniejącego. Nowo wykonane elementy powinny być zabezpieczone powłoką antykorozyjną w kolorze czarnym.

8.2.13 Montaż wrót wspornych w głowie górnej i dolnej

Montaż nowo wykonanych wrót należy wykonywać za pomocą dźwigu z zachowaniem wszelkich zasad BHP. System montażu wrót do górnego zawiasu – bezpośrednio poprzez profilowane wyżłobienie w pionowej belce wrót, obejmowanej przez metalowy zawias. Montaż do dolnego zawiasu/zagłębienia należy dopasować po

spuszczeniu wody i oczyszczeniu dna komory, z tego względu zaleca się też dokładne wykonanie wrót dopiero po sprawdzeniu sposobu zamocowania.

Zastawki wraz mechanizmem służącym do otwierania i zamykania należy zamocować do wrót przed ich montażem do konstrukcji śluzy. Pomost roboczy może być mocowany przed lub po montażu wrót.

Uszczelnienie progu należy wykonać z brusów dębowych, montując je do wrót na placu budowy po uprzednim dopasowaniu i sprawdzeniu wymiarów. Belki słupów wspornych, stanowiące jednocześnie uszczelnienie wrót, należy dopasować i dociąć do odpowiedniego kąta dopiero po zawieszeniu skrzydeł.

9. Obliczenia

9.1 Sprawdzenie stanów granicznych gruntu i konstrukcji ściany oporowej

Zgodnie z normą PN-83/B-03010 (Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie) stan graniczny nośności podłoża obejmuje:

- nośność podłoża bezpośrednio pod stopą fundamentu,
- stateczność całej ściany, uskoku naziomu lub zbocza łącznie ze ścianą oporową.

Zgodnie z zaleceniami ww. normy, dla wszystkich typów ścian oporowych, niezależnie od ich wysokości i obciążeń należy wykonać sprawdzenie nośności podłoża z uwzględnieniem, ewentualnego mimośrodu i nachylenia obciążenia oraz budowy podłoża.

Poniżej przedstawiono obliczenia mające na celu wykazać stateczność istniejącej ściany oporowej, stanowiącej jedną ze ścian komory śluzy.

Na podstawie wizji lokalnej, w tym pomiarów z natury określono możliwe wartości parametrów konstrukcyjnych muru. Są to grubość ściany oraz obecna wysokość naziomu. Pozostałe parametry konstrukcyjne, w tym warunki gruntowo wodne w stanie rzeczywistym nie są znane i na potrzeby wykonania obliczeń zostały przyjęte. W celu ich określenia należałoby przeprowadzić badania geologiczne oraz roboty odkrywkowe w bezpośrednim sąsiedztwie konstrukcji śluzy.

Dane do obliczeń:

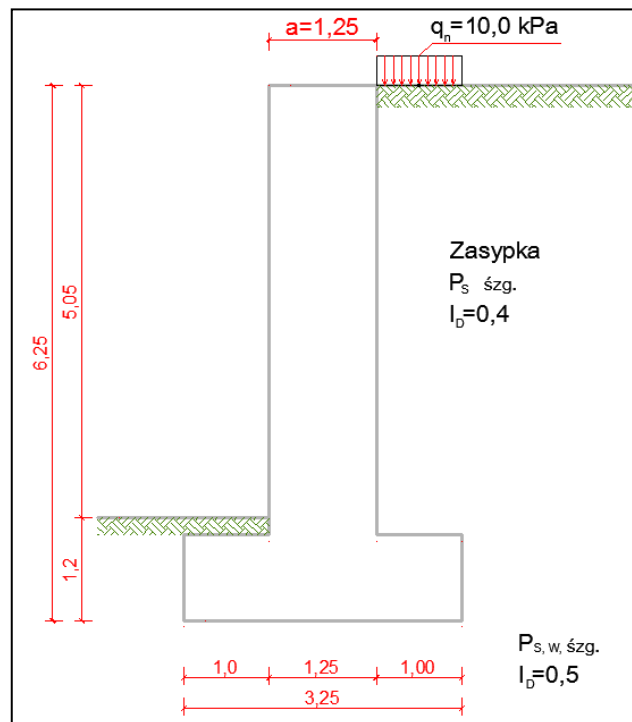
A) Parametry konstrukcyjne:

Grubość ściany w koronie:	$a = 1,25$ m (rzeczywiste)
Wysokość nasypu:	$h = 5,05$ m (rzeczywiste)
Głębokość posadowienia	$D = 1,2$ m ($D > h_z = 1,0$ m, gdzie h_z – głębokość przemarzania gruntu)
Wysokość całkowita konstrukcji	$H = 6,25$ m ($H_n + D$)

Szerokość podstawy	$B = 3,25 \text{ m } (0,4-0,7H)$
Wysokość podstawy	$h = 1,0 \text{ m } (\text{ok. } 0,25B)$
Szerokość odsadzek	$b_l = b_p = 1,0 \text{ m } \left(\frac{B-a}{2}\right)$
Ciężar objętościowy konstrukcji:	21 kN/m^3

B) Parametry gruntowe:

Za i przed ścianą oporową przewidują się zasypkę z piasku średnioziarnistego zagęszczonego o $I_D^{(n)} = 0,4$, grunt występujący w poziomie posadowienia – piaski średnioziarniste o $I_D^{(n)} = 0,5$. Obciążenie naziomu równomierne o wartości charakterystycznej $q = 10,0 \text{ kPa}$.



Rys.72. Warunki gruntowe w miejscu istniejącej ściany oporowej

9.1.1. Parametry geotechniczne

Parametry geotechniczne podłoża oraz zasyпки ustalono metodą B:

a) Parametry geotechniczne gruntu występujące w poziomie posadowienia płyty fundamentowej (głębiej występuje grunt mocniejszy)

- piaski średnioziarniste o $I_D^{(n)} = 0,5$,

- kąt tarcia wewnętrznego (wg PN-81/B-03020)

$$\phi_u^{(n)} = 33^\circ, \phi_u^{(r)} = (1 \pm 0,1) \cdot 33 = \begin{cases} 30^\circ \\ 36^\circ \end{cases}$$

- spójność

$$C_u^{(n)} = 0,0$$

- ciężar objętościowy po uwzględnieniu $g = 10 \text{ m/s}$ (wg PN-81/B-03020)

$$\gamma^{(n)} = 17,0 \text{ kN/m}^3, \quad \gamma^{(r)} = (1 \pm 0,1) \cdot 17 = \begin{cases} 15,3 \text{ kN/m}^3 \\ 18,7 \text{ kN/m}^3 \end{cases}$$

- współczynnik nośności wyznaczony z nomogramu (wg PN-81/B-03020)

$$N_D = 22$$

$$N_B = 12$$

9.1.2. Obciążenia działające na ścianę oporową

Uwzględniając współczynnik obciążenia $\gamma^f = 1 \pm 0,2$ wartość obliczeniową obciążenia naziomu można określić jako:

$$q_r = (1 \pm 0,2) \cdot 10 = \begin{cases} 8,0 \text{ kPa} \\ 12,0 \text{ kPa} \end{cases}$$

Współczynnik parcia granicznego, czynnego, gruntu wg wzoru $K_a = tg^2(45 - \frac{\phi^{(n)}}{2})$, (przy założeniu idealnie gładkiej powierzchni ściany, $\delta_2 = 0$), wynosi:

$$K_a = 0,307$$

Jednostkowe parcie graniczne gruntu określone wg wzoru $e_a = \gamma^{(n)}(z+h_z)K_a = (\gamma^{(n)}z + q_n)K_a$,

$$e_a = (17,0z + 10) \cdot 0,307 \text{ kN/m}^2$$

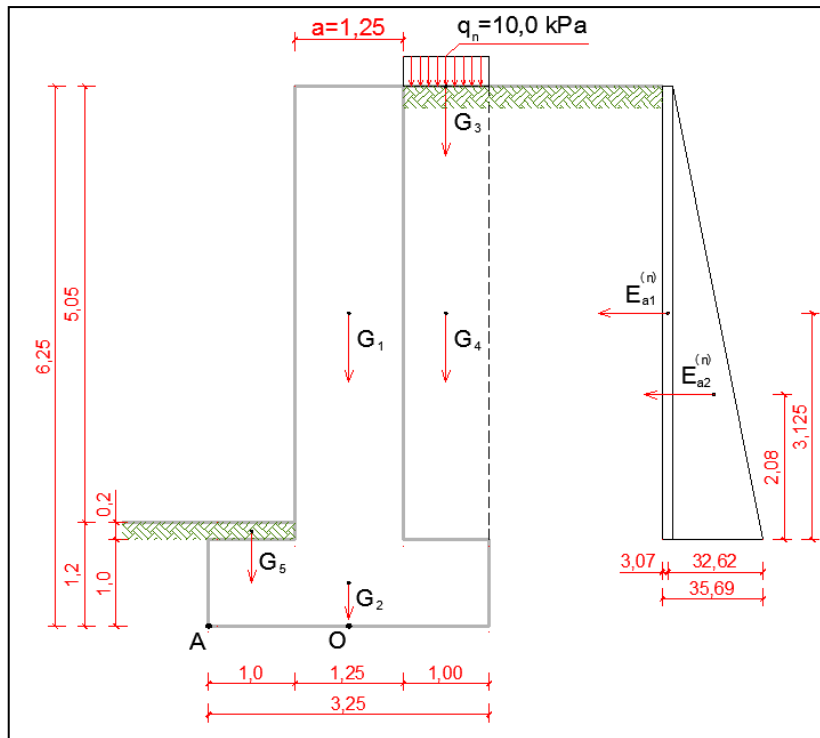
$$\text{dla } z = 0, e_a = 10,0 \cdot 0,307 = 3,07 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{dla } z = 6,25\text{m}, e_a = (17,0 \cdot 6,25 + 10) \cdot 0,307 = 35,69 \text{ kN/m}^2$$

Wypadkowa parcia granicznego gruntu wynosi:

$$E_{a_1}^{(n)} = 6,25 \cdot 3,07 = 19,19 \text{ kN/m}$$

$$E_{a_2}^{(n)} = 0,5 \cdot 6,25 \cdot 32,62 = 101,94 \text{ kN/m}$$



Rys.73. Schemat obliczeniowy ściany oporowej

Odpór gruntu przed ścianą oporową pominięto w obliczeniach. Przyjmując wymiary ściany oporowej jak w założeniach oraz na Rys.73., składowe pionowe obciążenia można przedstawić jako:

$$G_1^{(n)} = 1,25 \cdot 5,25 \cdot 1,0 \cdot 21,0 = 137,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$G_1^{(r)} = (1 \pm 0,1) \cdot 137,81 = \begin{cases} 124,03 \text{ kN/m} \\ 151,59 \text{ kN/m} \end{cases}$$

$$G_2^{(n)} = 3,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 21,0 = 68,25 \frac{kN}{m}$$

$$G_2^{(r)} = (1 \pm 0,1) \cdot 68,25 = \begin{cases} 61,43 \text{ kN/m} \\ 75,08 \text{ kN/m} \end{cases}$$

$$G_3^{(n)} = 1,0 \cdot 10,0 \cdot 1,0 = 10,0 \text{ kN/m}$$

$$G_3^{(r)} = (1 \pm 0,2) \cdot 10,0 = \begin{cases} 8,0 \text{ kN/m} \\ 10,0 \text{ kN/m} \end{cases}$$

$$G_4^{(n)} = 1,0 \cdot 5,25 \cdot 1,0 \cdot 17,0 = 89,25 \text{ kN/m}$$

$$G_4^{(r)} = (1 \pm 0,2) \cdot 89,25 = \begin{cases} 71,4 \text{ kN/m} \\ 107,1 \text{ kN/m} \end{cases}$$

$$G_5^{(n)} = 1,0 \cdot 0,2 \cdot 1,0 \cdot 17,0 = 3,4 \text{ kN/m}$$

$$G_5^{(r)} = (1 \pm 0,2) \cdot 3,4 = \begin{cases} 13,6 \text{ kN/m} \\ 20,4 \text{ kN/m} \end{cases}$$

$$\Sigma G_i^{(n)} = 308,71 \text{ kN/m}$$

$$\Sigma G_i^{(r)} = \begin{cases} 278,46 \text{ kN/m} \\ 366,17 \text{ kN/m} \end{cases}$$

9.1.3 Sprawdzenie stanów granicznych gruntów

A) Wypieranie gruntu spod płyty fundamentowej

Zgodnie z zaleceniami normy PN-81/B-03020, składowa pionowa obciążenia musi spełniać warunek:

$$N_r \leq Q_f$$

gdzie:

$$N_r = \Sigma G_i^{(r)} = 366,17 \text{ kN/m}$$

$m = 0,9$

$$Q_f = BL \left[\left(1 + 0,3 \frac{B}{L} \right) N_c^{(r)} + \left(1 + 1,5 \frac{B}{L} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min} + \left(1 - 0,25 \frac{B}{L} \right) N_B \rho_B^{(r)} g B \right]$$

gdzie:

B – szerokość podstawy fundamentu [m],

L – długość podstawy fundamentu [m],

D_{\min} – głębokość posadowienia poniżej najniższego poziomu przy fundamencie [m],

$\rho_D^{(r)}$, $\rho_B^{(r)}$ – obliczeniowe wartości gęstości objętościowej gruntów występujących odpowiednio powyżej i do głębokości równej B poniżej poziomu posadowienia [$t \cdot m^{-3}$],

$c^{(r)}$ – obliczeniowa wartość spójności gruntu występującego bezpośrednio poniżej poziomu posadowienia, równa $c_u^{(r)}$ [Kpa],

g – przyspieszenie ziemskie [$m \cdot s^{-2}$],

N_C , N_D , N_B – współczynniki nośności zależne od obliczeniowej wartości kąta tarcia wewnętrznego gruntu $\Phi_u^{(r)}$ bezpośrednio poniżej poziomu posadowienia (przyjmowane z wykresu lub tabeli wg PN-81/B-03020).

Obliczeniowa wartość oporu granicznego pod łąwą dla której założono, że $L > 5B$, a zatem $B / L = 0$, obliczona na podstawie powyższego wzoru wynosi :

$$\begin{aligned} Q_f &= 3,25 \cdot 1,0(22 \cdot 15,3 \cdot 1,2 + 12 \cdot 15,3 \cdot 3,25) = \\ &= 3,25(403,92 + 596,7) = 3252,02 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Ponieważ parametry geotechniczne gruntu wyznaczono metodą B, współczynniki korekcyjne zmniejszamy o 10%, a zatem:

$$m = 0,9 \cdot 0,9 = 0,81$$

$$N_r = 366,17 \text{ kN}$$

$$m \cdot Q_f = 0,81 \cdot 3252,02 = 2620,37 \text{ kN}$$

$$N_r = 366,17 < m Q_f = 2620,37 \text{ kN}$$

a więc warunek pierwszego stanu granicznego jest spełniony z dużym zapasem.

B) Przesunięcie w poziomie posadowienia fundamentu lub w głębszych warstwach podłoża

Przesunięcie w poziomie posadowienia:

$$Q_t^{(r)} = \Sigma E_a^{(r)}$$

$$Q_{tf} = \Sigma G_i^{(r)} \mu$$

gdzie μ – współczynnik tarcia gruntu pod podstawą fundamentu, wartość obliczeniowa.

Wartości obliczeniowe wypadkowych sił parcia zgodnie ze wzorem $e_r = \gamma_{f1} \gamma_{f2} e_n$

gdzie:

γ_{f1} – współczynnik obciążenia przyjmowany w zależności od rodzaju parcia i obciążenia

γ_{f2} – współczynnik obciążenia równy 1,0 w obliczeniach stanów granicznych gruntu, 1,1 (0,9) w obliczeniach stanów granicznych konstrukcji ściany oporowej,

e_n – wartość charakterystyczna jednostkowego parcia lub odporu gruntu,

wynoszą:

$$E_{a1}^{(r)} = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 19,19 = 23,09 \text{ kN/m}$$

$$E_{a2}^{(r)} = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 101,94 = 122,39 \text{ kN/m}$$

$$Q_t^{(r)} = \Sigma E_a^{(r)} = 23,09 + 122,39 = 145,48 \text{ kN}$$

$\mu = 0,45$ (wg PN-83/B-03010, dla fundamentu ściany oporowej z cegły lub kamienia 0,40 - 0,45)

$$Q_{tf} = \Sigma G_i^{(r)} \mu = 366,17 \cdot 0,45 = 164,78 \text{ kN}$$

$m_t = 0,95$

$$mQ_{tf} = 0,95 \cdot 164,78 = 159,39 \text{ kN} > Q_t^{(r)} = 145,48 \text{ kN}$$

Przesunięcie w podłożu:

$$Q_t^{(r)} = \Sigma E_a^{(r)} = 145,48 \text{ kN}$$

$$Q_{tf} = \Sigma G_i^{(r)} \operatorname{tg} \Phi_u^{(r)} = 278,46 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ = 160,77 \text{ kN}$$

$$mQ_{tf} = 0,95 \cdot 160,77 = 152,73 \text{ kN} > Q_t^{(r)} = 145,48 \text{ kN}$$

W obu przypadkach warunek obliczeniowy pierwszego stanu granicznego jest spełniony.

C) Sprawdzenie stateczności na obrót względem przedniej krawędzi podstawy (p. A na Rys.73):

$M_0^{(r)}$ - moment obracający ścianę oporową,

$$M_0^{(r)} = 23,09 \cdot 3,125 + 122,39 \cdot 2,08 = 326,73 \text{ kNm}$$

$M_u^{(r)}$ - moment utrzymujący ścianę oporową (przy uwzględnieniu mniejszych wartości obliczeniowych składowych pionowych),

$$\begin{aligned} M_u^{(r)} &= 124,03 \cdot 1,65 + 61,43 \cdot 1,625 + 8,0 \cdot 2,75 + 71,4 \cdot 2,75 + 13,6 \cdot 0,5 = \\ &= 526,52 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$m_0 = 0,8$ (w przypadku obciążenia naziomu $q \geq 10 \text{ kPa}$)

Zgodnie ze wzorem:

$$M_0^{(r)} \leq m_0 M_u^{(r)}$$

gdzie:

$M_0^{(r)}$ - moment wszystkich sił obliczeniowych powodujących obrót ściany,

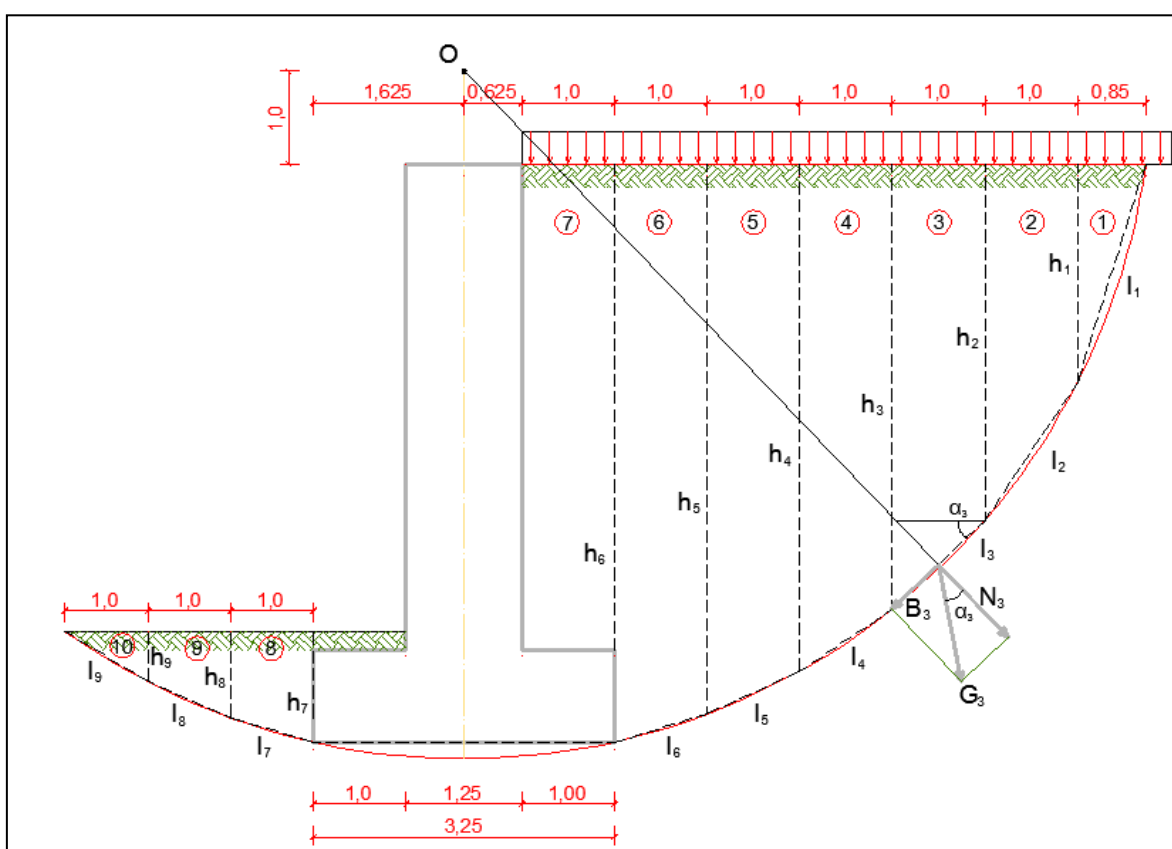
$M_u^{(r)}$ - moment wszystkich sił obliczeniowych przeciwdziałających obrotowi ściany

$$m_0 M_u^{(r)} = 0,8 \cdot 526,52 = 421,22 > M_0^{(r)} = 326,73 \text{ kNm}$$

Warunek obliczeniowy pierwszego stanu granicznego jest spełniony.

D) Sprawdzenie stateczności uskoku naziomu wraz ze ścianą oporową

Obliczenia wykonano dla jednej z możliwych powierzchni poślizgu, wzdłuż której może nastąpić zsuw podłoża wraz ze ścianą. Punkt O jako jeden z możliwych przyjęto na prostej pionowej przechodzącej przez środek szerokości podstawy fundamentu. Dla uproszczenia obliczeń łuki ograniczające poszczególne części bryły zastąpiono cięciwami. Sytuację obrazuje Rys.74.



Rys.74. Obrót części podłoża wraz ze ścianą oporową wokół punktu O

Długość promienia powierzchni kołowo-walcowej:

$$R = \sqrt{7,25^2 + 0,8125^2} = 7,3 \text{ m}$$

Wielkości geometryczne odczytane z Rys.74., wynoszą:

$$h_1 = 2,9 \text{ m}, h_2 = 4,35 \text{ m}, h_3 = 5,16 \text{ m}, h_4 = 5,75 \text{ m}, h_5 = 6,2 \text{ m},$$

$h_6 = 6,6 \text{ m}$, $h_7 = 1,2 \text{ m}$, $h_8 = 1,0 \text{ m}$, $h_9 = 0,65 \text{ m}$.

Określenie kątów α_i oraz $\sin\alpha_i$ i $\cos\alpha_i$:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{2,9}{0,85} = 3,412 \quad \alpha_1 = 73^\circ 67'$$

$$\cos \alpha_1 = 0,281 \quad \sin \alpha_1 = 0,960$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{4,35 - 2,9}{1,0} = 1,450 \quad \alpha_2 = 55^\circ 41'$$

$$\cos \alpha_2 = 0,568 \quad \sin \alpha_2 = 0,823$$

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{5,16 - 4,35}{1,0} = 0,81 \quad \alpha_3 = 39^\circ 01'$$

$$\cos \alpha_3 = 0,777 \quad \sin \alpha_3 = 0,629$$

$$\operatorname{tg} \alpha_4 = \frac{5,75 - 5,16}{1,0} = 0,59 \quad \alpha_4 = 30^\circ 54'$$

$$\cos \alpha_4 = 0,861 \quad \sin \alpha_4 = 0,508$$

$$\operatorname{tg} \alpha_5 = \frac{6,2 - 5,75}{1,0} = 0,45 \quad \alpha_5 = 24^\circ 23'$$

$$\cos \alpha_5 = 0,912 \quad \sin \alpha_5 = 0,410$$

$$\operatorname{tg} \alpha_6 = \frac{6,6 - 6,2}{1,0} = 0,4 \quad \alpha_6 = 21^\circ 80'$$

$$\cos \alpha_6 = 0,928 \quad \sin \alpha_6 = 0,371$$

$$\operatorname{tg} \alpha_7 = 0^\circ \quad \alpha_7 = 0^\circ$$

$$\cos \alpha_7 = 1,0 \quad \sin \alpha_7 = 0$$

$$\operatorname{tg} \alpha_8 = \frac{1,0 - 1,2}{1,0} = -0,2 \quad \alpha_8 = -11^\circ 31'$$

$$\cos \alpha_8 = 0,981 \quad \sin \alpha_8 = -0,196$$

$$\operatorname{tg} \alpha_9 = \frac{0,65 - 1,0}{1,0} = -0,35 \quad \alpha_9 = -19^\circ 29'$$

$$\cos \alpha_9 = 0,944 \quad \sin \alpha_9 = -0,330$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{10} = -\frac{0,65}{1,0} = -0,65 \quad \alpha_{10} = -33^\circ 02'$$

$$\cos \alpha_{10} = 0,838 \quad \sin \alpha_{10} = -0,545$$

Obliczenia ciężarów G_{ri} oraz ich składowych $N_{ri} = G_{ri} \cos \alpha_i$, $B_{ri} = G_{ri} \sin \alpha_i$ przeprowadzono zgodnie z zaleceniami normy PN-83/B-03010 wariantowo, przyjmując dla wartości parametrów gruntu raz współczynniki obliczeniowe zwiększające, drugi raz – zmniejszające.

Obciążenie naziomu w obu przypadkach przyjęto $q_f = 12,0 \text{ kPa}$

WARIANT I – ciężar objętościowy zasypki:

$$\gamma^{(n)} = 18,7 \text{ kN/m}^3$$

$$G_{r1} = 0,5 \cdot 0,85 \cdot 2,9 \cdot 18,7 + 12,0 \cdot 0,85 = 33,25 \text{ kN}$$

$$N_{r1} = 33,25 \cdot 0,281 = 9,34 \text{ kN}$$

$$B_{r1} = 33,25 \cdot 0,960 = 31,92 \text{ kN}$$

$$G_{r2} = 0,5 \cdot (2,9 + 4,35) \cdot 1,0 \cdot 18,7 + 12,0 \cdot 1,0 = 79,79 \text{ kN}$$

$$N_{r2} = 79,79 \cdot 0,568 = 45,15 \text{ kN}$$

$$B_{r2} = 79,79 \cdot 0,823 = 65,67 \text{ kN}$$

$$G_{r3} = 0,5 \cdot (4,35 + 5,16) \cdot 1,0 \cdot 18,7 + 12,0 \cdot 1,0 = 100,92 \text{ kN}$$

$$N_{r3} = 100,92 \cdot 0,777 = 78,41 \text{ kN}$$

$$B_{r3} = 100,92 \cdot 0,629 = 63,48 \text{ kN}$$

$$G_{r4} = 0,5 \cdot (5,16 + 5,75) \cdot 1,0 \cdot 18,7 + 12,0 \cdot 1,0 = 114,01 \text{ kN}$$

$$N_{r4} = 114,01 \cdot 0,861 = 98,16 \text{ kN}$$

$$B_{r4} = 114,01 \cdot 0,508 = 57,92 \text{ kN}$$

$$G_{r5} = 0,5 \cdot (5,75 + 6,2) \cdot 1,0 \cdot 18,7 + 12,0 \cdot 1,0 = 123,73 \text{ kN}$$

$$N_{r5} = 123,73 \cdot 0,912 = 112,84 \text{ kN}$$

$$B_{r5} = 123,73 \cdot 0,410 = 50,73 \text{ kN}$$

$$G_{r6} = 0,5 \cdot (6,2 + 6,6) \cdot 1,0 \cdot 18,7 + 12,0 \cdot 1,0 = 131,68 \text{ kN}$$

$$N_{r6} = 131,68 \cdot 0,928 = 122,20 \text{ kN}$$

$$B_{r6} = 131,68 \cdot 0,371 = 48,85 \text{ kN}$$

$$G_{r7} = \Sigma G_{ri} = 151,59 + 75,08 + 12,00 + 107,1 + 20,4 = 366,17 \text{ kN}$$

$$N_{r7} = 366,17 \cdot 1,0 = 366,17 \text{ kN}$$

$$B_{r7} = 366,17 \cdot 0,0 = 0,0 \text{ kN}$$

$$G_{r8} = 0,5 \cdot (1,2 + 1,0) \cdot 1,0 \cdot 18,7 = 20,57 \text{ kN}$$

$$N_{r8} = 20,57 \cdot 0,981 = 20,18 \text{ kN}$$

$$B_{r8} = 20,57 \cdot (-0,196) = -4,03 \text{ kN}$$

$$G_{r9} = 0,5 \cdot (1,0 + 0,65) \cdot 1,0 \cdot 18,7 = 15,43 \text{ kN}$$

$$N_{r9} = 15,43 \cdot 0,944 = 14,57 \text{ kN}$$

$$B_{r9} = 15,43 \cdot (-0,330) = -5,09 \text{ kN}$$

$$G_{r10} = 0,5 \cdot 1,0 \cdot 0,65 \cdot 18,7 = 6,08 \text{ kN}$$

$$N_{r10} = 6,08 \cdot 0,838 = 5,06 \text{ kN}$$

$$B_{r10} = 6,08 \cdot (-0,545) = -3,31 \text{ kN}$$

WARIANT II – ciężar objętościowy zasypki:

$$\gamma^{(n)} = 15,3 \text{ kN/m}^3$$

$$G_{r1} = 0,5 \cdot 0,85 \cdot 2,9 \cdot 15,3 + 12,0 \cdot 0,85 = 29,06 \text{ kN}$$

$$N_{r1} = 29,06 \cdot 0,281 = 8,17 \text{ kN}$$

$$B_{r1} = 29,06 \cdot 0,960 = 27,90 \text{ kN}$$

$$G_{r2} = 0,5 \cdot (2,9 + 4,35) \cdot 1,0 \cdot 15,3 + 12,0 \cdot 1,0 = 67,46 \text{ kN}$$

$$N_{r2} = 67,46 \cdot 0,568 = 38,32 \text{ kN}$$

$$B_{r2} = 67,46 \cdot 0,823 = 55,52 \text{ kN}$$

$$G_{r3} = 0,5 \cdot (4,35 + 5,16) \cdot 1,0 \cdot 15,3 + 12,0 \cdot 1,0 = 84,75 \text{ kN}$$

$$N_{r3} = 84,75 \cdot 0,777 = 65,85 \text{ kN}$$

$$B_{r3} = 84,75 \cdot 0,629 = 34,74 \text{ kN}$$

$$G_{r4} = 0,5 \cdot (5,16 + 5,75) \cdot 1,0 \cdot 15,3 + 12,0 \cdot 1,0 = 95,46 \text{ kN}$$

$$N_{r4} = 95,46 \cdot 0,861 = 82,19 \text{ kN}$$

$$B_{r4} = 95,46 \cdot 0,508 = 48,49 \text{ kN}$$

$$G_{r5} = 0,5 \cdot (5,75 + 6,2) \cdot 1,0 \cdot 15,3 + 12,0 \cdot 1,0 = 103,42 \text{ kN}$$

$$N_{r5} = 103,42 \cdot 0,912 = 94,32 \text{ kN}$$

$$B_{r5} = 103,42 \cdot 0,410 = 42,40 \text{ kN}$$

$$G_{r6} = 0,5 \cdot (6,2 + 6,6) \cdot 1,0 \cdot 15,3 + 12,0 \cdot 1,0 = 109,92 \text{ kN}$$

$$N_{r6} = 109,92 \cdot 0,928 = 102,01 \text{ kN}$$

$$B_{r6} = 109,92 \cdot 0,371 = 40,78 \text{ kN}$$

$$G_{r7} = \Sigma G_{ri} = 151,59 + 75,08 + 12,00 + 71,4 + 13,6 = 323,67 \text{ kN}$$

$$N_{r7} = 323,67 \cdot 1,0 = 323,67 \text{ kN}$$

$$B_{r7} = 323,67 \cdot 0,0 = 0,0 \text{ kN}$$

$$G_{r8} = 0,5 \cdot (1,2 + 1,0) \cdot 1,0 \cdot 15,3 = 16,83 \text{ kN}$$

$$N_{r8} = 16,83 \cdot 0,981 = 16,51 \text{ kN}$$

$$B_{r8} = 16,83 \cdot (-0,196) = -3,30 \text{ kN}$$

$$G_{r9} = 0,5 \cdot (1,0 + 0,65) \cdot 1,0 \cdot 15,3 = 12,62 \text{ kN}$$

$$N_{r9} = 12,62 \cdot 0,944 = 11,91 \text{ kN}$$

$$B_{r9} = 12,62 \cdot (-0,330) = -4,16 \text{ kN}$$

$$G_{r10} = 0,5 \cdot 1,0 \cdot 0,65 \cdot 15,3 = 4,97 \text{ kN}$$

$$N_{r10} = 4,97 \cdot 0,838 = 4,16 \text{ kN}$$

$$B_{r10} = 4,97 \cdot (-0,545) = -0,27 \text{ kN}$$

Moment sił obracających:

$$M_0^{(r)} = R \Sigma B_{ri} = R \Sigma G_{ri} \sin \alpha_i$$

Moment sił utrzymujących:

$$\begin{aligned} M_u^{(r)} &= R \Sigma T_{ri} = R \Sigma (N_{ri} \operatorname{tg} \Phi_u^{(r)} + c_u^{(r)} A_i) = \\ &= R \Sigma (G_{ri} \cos \alpha_1 \operatorname{tg} \Phi_u^{(r)} + c_u^{(r)} A_i) \end{aligned}$$

Po podstawieniu danych liczbowych otrzymujemy:

dla wariantu I:

$$\begin{aligned} M_0^{(r)} &= 7,3 \cdot (31,92 + 65,67 + 63,48 + 57,92 + 50,73 + 48,85 + 0 - 4,03 - 5,09 \\ &\quad - 3,31) = 2231,9 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_u^{(r)} = 7,3 \cdot (9,34 + 45,14 + 78,41 + 98,16 + 112,84 + 122,20 + 366,12 + 20,18 + 14,57 + 5,06) \cdot \operatorname{tg}30^\circ = 3675,31$$

dla wariantu II:

$$M_0^{(r)} = 7,3 \cdot (27,9 + 55,52 + 34,44 + 48,49 + 42,20 + 40,78 + 0 - 3,30 - 4,16 - 0,27) = 1765,14 \text{ kNm}$$

$$M_u^{(r)} = 7,3 \cdot (8,17 + 38,32 + 65,95 + 82,19 + 94,32 + 102,01 + 323,62 + 16,51 + 11,91 + 4,16) \cdot \operatorname{tg}30^\circ = 3148,6 \text{ kNm}$$

Warunek obliczeniowy, przy współczynniku korekcyjnym $m = 0,8$:

dla wariantu I

$$M_0^{(r)} = 2231,9 < M_u^{(r)} = 0,8 \cdot 3675,31 = 2940,24 \text{ kNm}$$

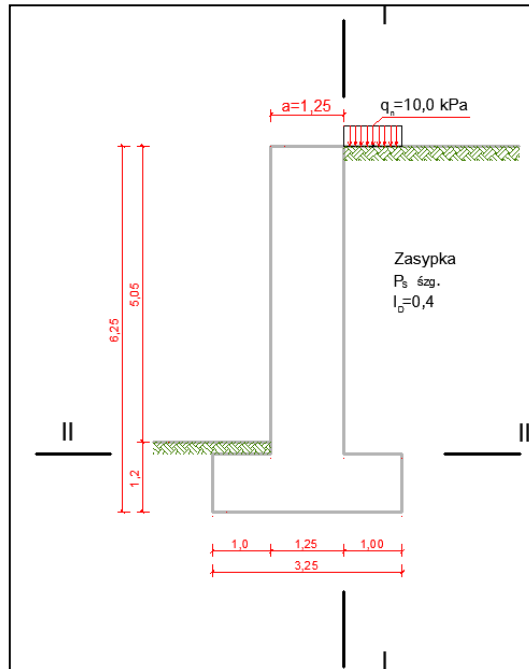
dla wariantu II

$$M_0^{(r)} = 1765,14 < M_u^{(r)} = 0,8 \cdot 3148,6 = 2518,9 \text{ kNm}$$

Został spełniony dla obu warunków.

9.1.4. Sprawdzenie stanów granicznych konstrukcji

Stan graniczny konstrukcji muru oporowego sprawdzono w przekrojach I-I i II-II zaznaczonych na Rys.75.



Rys.75. Przekroje I-I i II-II konstrukcji muru oporowego

A) Płyta pionowa

Zgodnie z PN-87-B-03002 (Konstrukcje murowe niezbrojone – Projektowanie i obliczanie), warunek obliczeniowy dla przekroju I-I płyty pionowej wynosi:

$$N_{sd} < \frac{t_{fk}}{3\gamma m}$$

oraz

$$N_{sd} > \frac{\rho_e \cdot h \cdot h_e^2}{20t}$$

gdzie:

N_{sd} – obciążenie obliczeniowe działające od góry [kN],

t – grubość muru = 1,25 [m].

f_k – wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie = 3,3 [MPa],

γ_m – częściowy współczynnik bezpieczeństwa – dla elementów murowych ceramicznych gr. I = 1,7,

ρ_e – gęstość objętościowa gruntu = 17 [kN/m³],

h – wysokość muru = 5,25 [m],

h_e – grubość warstwy gruntu = 5,52 [m]

Obciążenie obliczeniowe działające od góry, przy uwzględnieniu współczynników obliczeniowych $\gamma_{f1} = 1,2$ i $\gamma_{f2} = 1,1$ wynosi:

$$\begin{aligned} N_{rs} &= \gamma_{f2} \cdot G_1^{(n)} + \gamma_{f1} \cdot G_4^{(n)} + \gamma_{f1} \cdot G_3^{(n)} = \\ &= 1,1 \cdot 137,81 + 1,2 \cdot 89,25 + 1,2 \cdot 10 = 270,69 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$N_{sd} = 270,69 \text{ kN} < \frac{t_{fk}}{3\gamma m} = \frac{1,25 \cdot 3,3}{3 \cdot 1,7} = 808,82 \text{ kN}$$

oraz

$$N_{sd} = 270,69 \text{ kN} > \frac{\rho_e \cdot h \cdot h_e^2}{20t} = \frac{17,0 \cdot 5,25 \cdot 5,25^2}{20 \cdot 1,25} = 98,4 \text{ kN}$$

Warunki obliczeniowe dla płyty pionowej zostały spełnione dla obu stanów granicznych.

B) Płyta pozioma

Zgodnie z PN-87-B-03002 (Konstrukcje murowe niezbrojone – Projektowanie i obliczanie), warunek obliczeniowy dla przekroju II-II płyty fundamentowej wynosi:

$$\frac{M_{rII}}{W_f} < R_b$$

gdzie:

M_{rII} – obliczeniowy moment zginający w płaszczyźnie lica ściany, przy osiowym działaniu obliczeniowej siły N_{rs} obciążającej łąwę [kNm],

W_f – wskaźnik wytrzymałości podstawy fundamentu względem osi symetrii prostopadłej do płaszczyzny zginania [m³],

R_b – wytrzymałość obliczeniowa konstrukcji murowych [Mpa]

Obliczeniowy moment zginający w płaszczyźnie lica ściany, przy osiowym działaniu obliczeniowej siły N_{rs} obciążającej łąwę obliczamy ze wzoru:

$$M_{rII} = \frac{N_{rs}}{B \cdot 1,0} \cdot \frac{C^2}{2} = q_{rs} \frac{C^2}{2}$$

gdzie:

N_{rs} – obliczeniowe obciążenie osiowe od ściany na długości $L = 1,0$ m [kN],

B – szerokość łąwy [m],

C – szerokość odsadzki [m].

Obciążenie obliczeniowe działające od góry na 1 długości łąwy, przy uwzględnieniu współczynników obliczeniowych $\gamma_{f1} = 1,2$ i $\gamma_{f2} = 1,1$ wynosi:

$$\begin{aligned} N_{rs} &= \gamma_{f2} \cdot G_1^{(n)} + \gamma_{f1} \cdot G_4^{(n)} + \gamma_{f1} \cdot G_3^{(n)} = \\ &= 1,1 \cdot 137,81 + 1,2 \cdot 89,25 + 1,2 \cdot 10 = 270,69 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Wartość obliczeniowa momentu zginającego w przekroju II-II wynosi:

$$\begin{aligned} M_{rII} &= \frac{N_{rs}}{B \cdot 1,0} \cdot \frac{C^2}{2} = \\ &= \frac{270,69}{3,25 \cdot 1,0} \cdot \frac{1,0^2}{2} = 41,64 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$W_f = bh^2 = 3,25 \cdot 1,0^2 = 3,25 \text{ m}^3$$

$$\frac{M_{rII}}{W_f} < R_b$$

$$\frac{41,64}{3,25} = 0,0128 \text{ MPa} < R_b = \frac{0,2}{1,7} = 0,118 \text{ MPa}$$

Warunek obliczeniowy stanu granicznego nośności płyty poziomej został spełniony.

9.2 Rekonstrukcja zamknięć śluzy komorowej numer 2

Zamknięcia omawianej śluzy komorowej stanowiły wrota wsporne dwuskrzydłowe, o pionowych osiach obrotu. Wrota w całości wykonane z drewna z zastosowaniem elementów metalowych do połączenia poszczególnych ich części. Napelnianie i opróżnianie komory śluzy poprzez zastosowanie zastawek umieszczonych w dolnej części wrót. Stawidła najprawdopodobniej zasuwowe ślizgowe.

Wrota z niezależnym napędem każdego skrzydła w postaci drewnianych dyszli manipulacyjnych stanowiących integralną część konstrukcji skrzydeł. Dyszle manipulowane ręcznie.

Wymiary głów śluz i ich kształty, uzależnione są od typu stosowanych zamknięć oraz sposobu napelniania i opróżniania komory śluzy. Na podstawie poszczególnych wymiarów głów śluzy i z uwzględnieniem archiwalnej dokumentacji oraz pozostałości starych wrót, znajdujących się w pobliżu konstrukcji śluzy, poniżej nakreślono ówczesny wygląd oraz wymiary jakie powinny posiadać zrekonstruowane wrota.

9.2.1 Wrota górne

Na podstawie oględzin w miejscu istniejącej śluzy, oraz na podstawie Rys.51 i Rys.52, podano dane wyjściowe do projektu wrót i wyliczono brakujące wymiary :

- odległość w świetle od najbardziej wysuniętych, przeciwległych krawędzi głowy górnej – $b = 4,42 \text{ m}$,
- średnica wewnętrzna zawiasów – $\Phi 0,24 \text{ m}$,
- strzałka progu $f = 0,9 \text{ m}$,
- kąt odchylenia progu oporowego od kierunku prostopadłego do przyczółków
 $\alpha = 21^\circ$

- długość niszy wrót – 2,86 m,
- głębokość niszy wrót – 0,31 m,
- głębokość komory wrót, liczona od poziomu progu, o który opierają się wrota dołem $a_0 = 0,5 - 1,0$ m - przyjmuję $a_0 = 0,5$ m
- wysokość od progu głowy górnej do szczytu korony- $172,510 - 169,160 = 3,35$ m
- wymiar bali drewnianych konstrukcji nośnej wrót - $0,26 \times 0,40$ m
- wymiar bali pośrednich - $0,26 \times 0,26$ m
- grubość desek pełniących funkcję opierzenia - $0,05$ m

A więc:

- wiedząc, że odległość w świetle od najbardziej wysuniętych, przeciwległych krawędzi głowy górnej – 4,42 m, średnica wewnętrzna zawiasów – Φ 0,24 m, a strzałka progu wynosi 0,9 m, to długość jednego skrzydła wrót l_w , licząc od osi zawiasu do osi komory śluzy wyliczymy jako przeciwprostokątną trójkąta prostokątnego, gdzie:

$$a = f = 0,9 \text{ m}; b = \frac{b+\Phi}{2} = \frac{4,42+0,24}{2} = 2,33 \text{ m, a więc:}$$

$$a^2 + b^2 = l_w^2$$

$$0,9^2 + 2,33^2 = l_w^2$$

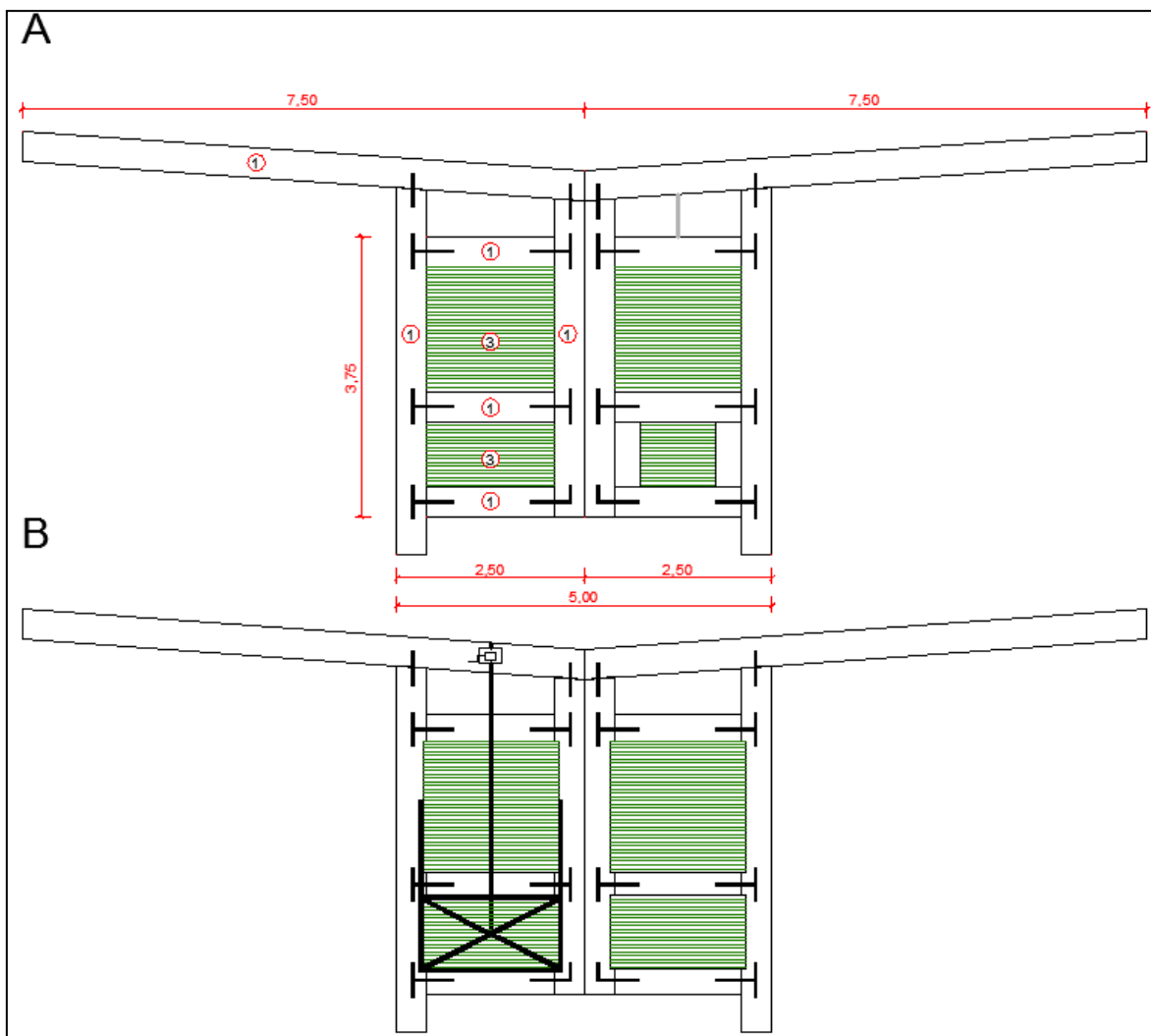
$$6,2389 = l_w^2$$

$$l_w = \sqrt{6,2389} = 2,497 = 2,50 \text{ m}$$

- wysokość wrót h określono przyjmując wysokość oparcia rygla dolnego na progu równą wysokości belki, tj. 0,40 m, do której dodano wysokość od progu głowy górnej do szczytu korony równą 3,35 m, a więc:

$$h = 0,40 + 3,35 = 3,75 \text{ m.}$$

Zgodnie z powyższymi parametrami oraz archiwalnym widokiem ogólnym na zamknięcia przedstawionym w rozdziale 2 pracy – na Rys.76. przedstawiono zarys nowych wrót zlokalizowanych w głowie górnej śluzy.



Rys.76. Wrota drewniane zlokalizowane w głowie górnej śluzy. A – Widok od strony komory, B – Widok od strony górnego awanportu. Elementy drewniane o przekroju: 1 – 0,40x0,26m, 2 – 0,325x0,26m, 3 - 0,21x0,26m

9.2.2 Wrota dolne

Na podstawie oględzin w miejscu istniejącej śluzy, oraz na podstawie Rys.51 i Rys.52, podano dane wyjściowe do projektu wrót i wyliczono brakujące wymiary :

- odległość w świetle od najbardziej wysuniętych, przeciwległych krawędzi głowy górnej – $b = 4,28$ m,
- średnica wewnętrzna zawiasów – $\Phi 0,24$ m,
- strzałka progu $f - 0,9$ m,

- kąt odchylenia progu oporowego od kierunku prostopadłego do przyczółków
 $\alpha = 22^\circ$
- długość niszy wrót – 3,02 m,
- głębokość niszy wrót – 0,31 m,
- głębokość komory wrót, liczona od poziomu progu, o który opierają się wrota dołem $a_0 = 0,5 - 1,0 \text{ m}$ - przyjmuję $a_0 = 0,5 \text{ m}$
- wysokość od progu głowy górnej do szczytu korony- $171,910 - 166,860 = 5,05 \text{ m}$
- wymiar bali drewnianych konstrukcji nośnej wrót - $0,26 \times 0,40 \text{ m}$
- wymiar bali pośrednich - $0,26 \times 0,26 \text{ m}$
- grubość desek pełniących funkcję opierzenia - $0,05 \text{ m}$

A więc:

- wiedząc, że odległość w świetle od najbardziej wysuniętych, przeciwległych krawędzi głowy górnej – 4,28 m, średnica wewnętrzna zawiasów – $\Phi 0,24 \text{ m}$, a strzałka progu wynosi 0,9 m, to długość jednego skrzydła wrót l_w , licząc od osi zawiasu do osi komory śluzy wyliczymy jako przeciwprostokątną trójkąta prostokątnego, gdzie:

$$a = f = 0,9 \text{ m}; b = \frac{b+\Phi}{2} = \frac{4,28+0,24}{2} = 2,26 \text{ m}, \text{ a więc:}$$

$$a^2 + b^2 = l_w^2$$

$$0,9^2 + 2,26^2 = l_w^2$$

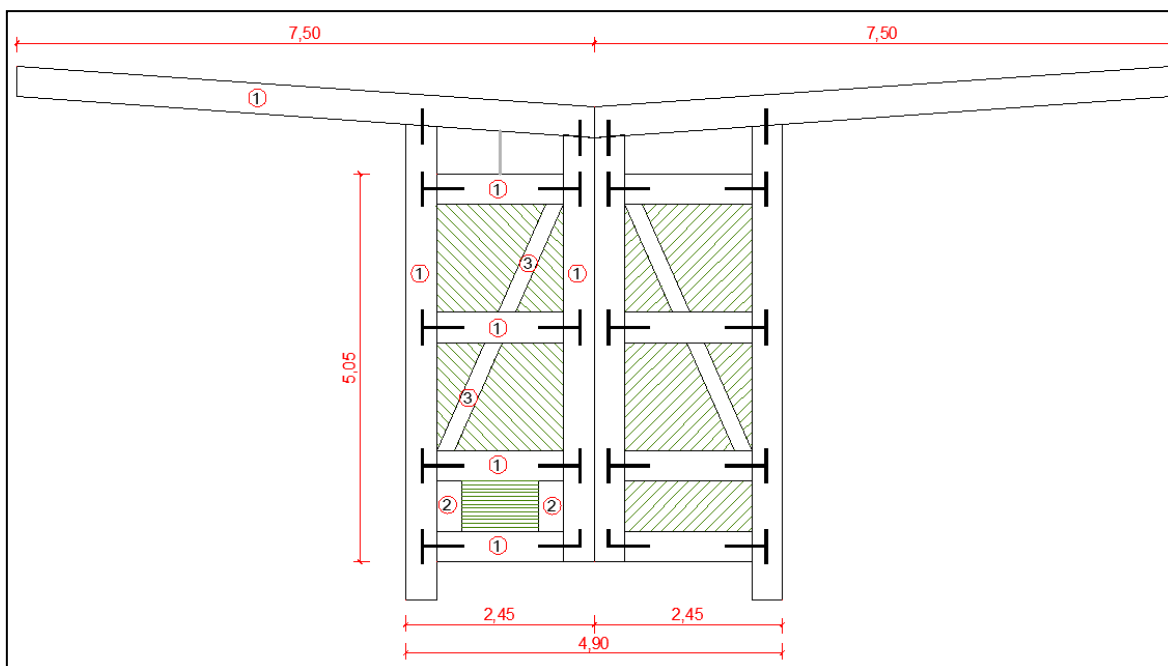
$$5,9176 = l_w^2$$

$$l_w = \sqrt{5,9176} = 2,433 = 2,45 \text{ m}$$

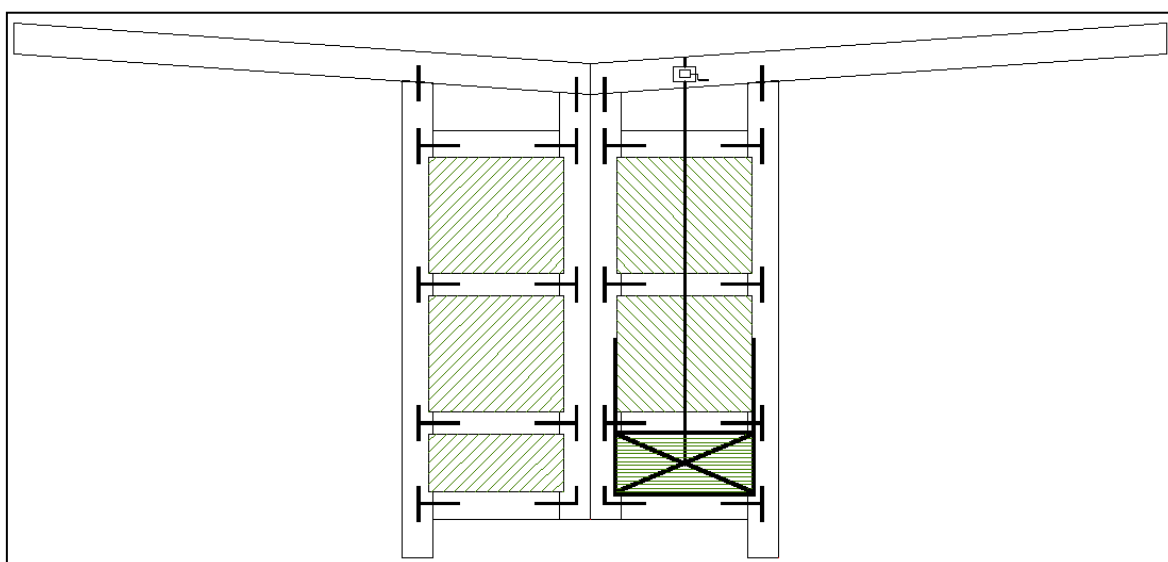
- wysokość wrót h określono przyjmując wysokość oparcia rygla dolnego na progu równą wysokości belki, tj. $0,40 \text{ m}$, do której dodano wysokość od progu głowy górnej do szczytu korony równą $5,05 \text{ m}$, a więc:

$$h = 0,40 + 5,05 = 5,45 \text{ m}.$$

Zgodnie z powyższymi parametrami oraz archiwalnym widokiem ogólnym na zamknięcia przedstawionym w rozdziale 2 pracy – na Rys.77. i Rys.78. przedstawiono zarys nowych wrót zlokalizowanych w głowie dolnej śluzy.



Rys.77. Wrota drewniane zlokalizowane w głowie dolnej śluzy – Widok od strony dolnego awanportu. Elementy drewniane o przekroju: 1 – 0,40x0,26m, 2 – 0,325x0,26m, 3 - 0,21x0,26m



Rys.78. Wrota drewniane zlokalizowane w głowie dolnej śluzy - widok od strony komory. Elementy drewniane o przekroju: 1 – 0,40x0,26m, 2 – 0,325x0,26m, 3 - 0,21x0,26m

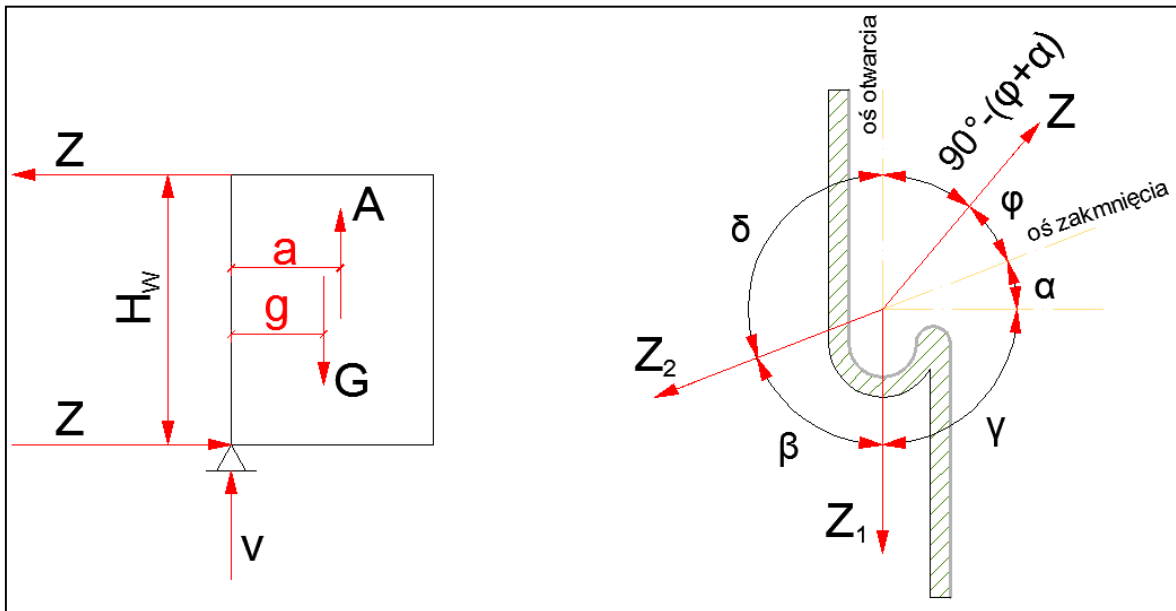
9.3 Obliczenia wrót wspornych

Obliczanie wrót wspornych nie nastęca na ogół większych trudności. Wrota śluzy znajdują się pod wpływem obciążeń stałych, wywołanych hydrostatycznym parciem wody oraz ciężarem własnym. Nie licząc nadzwyczajnych przypadków, takich jak nagłe opróżnienie komory śluzy lub dolnego stanowiska, falowanie, czy uderzenia jednostek pływających – wrota oraz części oporowe wrót oblicza się na parcie wody od strony stanowiska górnego w przypadku piętrzenia eksploatacyjnego oraz od ciężaru własnego w przypadku otwarcia wrót.

A) Wrota otwarte

W pozycji otwartej uwzględniamy ciężar własny wrót, oraz wypór działający na zanurzoną część wrót. Zgodnie z **Rys.79.**, siłę poziomą Z można wyznaczyć ze wzoru:

$$Z = \frac{G \cdot g - A \cdot a}{H_w}$$



Rys.79. Schematy do obliczania wrót wspornych [2]

W praktyce często wypór jest pomijany i wówczas wzór na siłę poziomą Z przyjmuje postać:

$$Z = \frac{G \cdot g}{H_w}$$

dotatkowo reakcja pionowa V równa się ciężarowi wrót G :

$$V = G$$

gdzie:

G – ciężar własny wrót,

A – wielkość wyporu,

H_w – całkowita wysokość wrót.

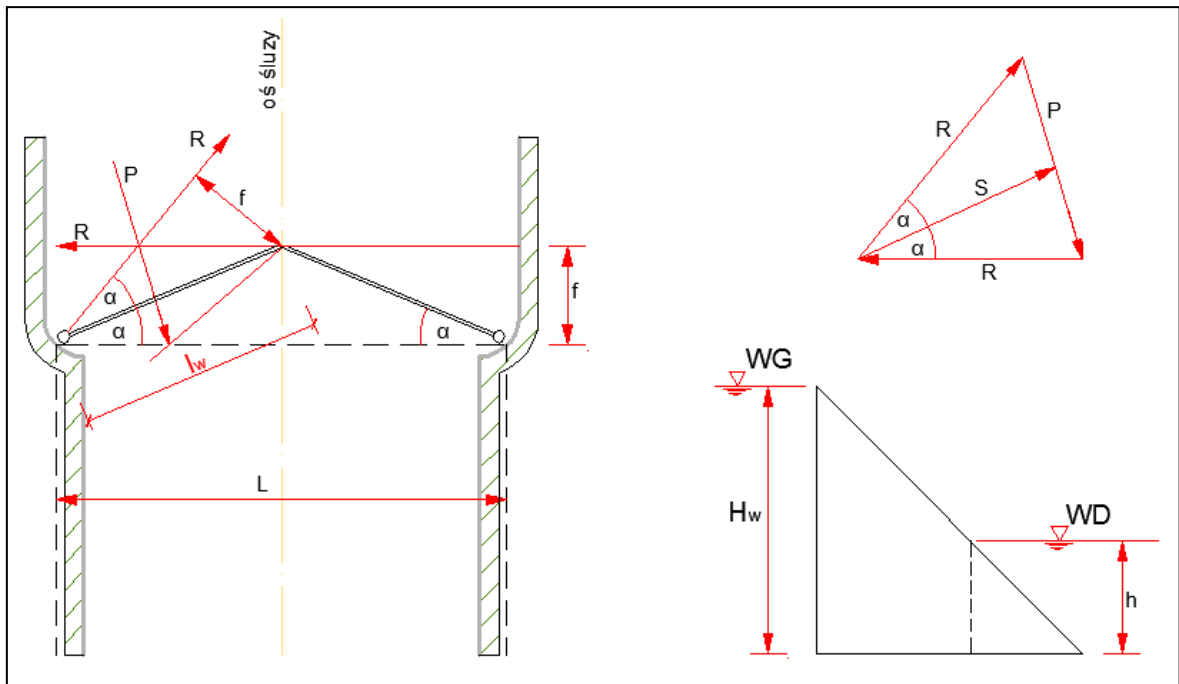
Wzory ogólne na wartości sił Z_1 i Z_2 , występujących w ramionach wstęgi górnej, w zależności od stopnia otwarcia mają postać:

$$Z_1 = Z \frac{\sin [90 - (\varphi + \alpha) + \delta]}{\sin \beta}$$

$$Z_2 = Z \frac{\sin(\gamma + \varphi + \alpha)}{\sin \beta}$$

B) Wrota w fazie eksploatacji

Na **Rys.80.** przedstawiono schemat działania sił na wrota wsporne w czasie eksploatacji.



Rys.80. Schematy do obliczania wrót wspornych [2]

Parcie wody na skrzydło wrót:

$$P = \frac{1}{2} \gamma_w H_w^2 l_w$$

lub

$$P = \frac{1}{2} \gamma_w (H_w^2 - h^2) l_w$$

Wielkość siły rozporowej R działającej na słup wsporny:

$$R = \frac{P}{2 \sin \alpha} = \frac{\gamma_w H_w^2 l_w}{4 \sin \alpha}$$

lub

$$R = \frac{\gamma_w (H_w^2 - h^2) l_w}{4 \sin \alpha}$$

Siła ściskająca działająca w płaszczyźnie wrót:

$$S = R \cos \alpha$$

Przy obliczaniu zasadniczych elementów wrót uwzględnia się największe możliwe parcie wody, a nie uwzględnia się ciężaru własnego. W przypadku wrót otwartych przyjmuje się, że ciężar własny biorą na siebie ramiona wstęgi górnej Z_1 i Z_2 .

9.3.1 Wrota górne

Parametry wrót górnych przyjęto zgodnie z punktem 9.2 pracy. W obliczeniach pominięto wypór wody, dodatkowo środek ciężkości skrzydła wrót założono dokładnie w środku jego rozpiętości. Jest to sytuacja bardziej niekorzystna.

Szerokość skrzydła $L_w = 2,5$ [m],

Wysokość całkowita wrót $H_w = 3,75$ [m],

Ciężar wrót $G = 14,88$ [kN] ($1,958\text{m}^3 \cdot 7,6\text{kN/m}^3$),

Kąt $\alpha = 21^\circ$

Siła Z w przypadku wrót otwartych wynosi:

$$Z = \frac{G \cdot g}{H_w} = \frac{14,88 \cdot 1,25}{3,75} = 4,96 \text{ kN}$$

Reakcja pionowa V wynosi:

$$V = G = 14,88 \text{ kN}$$

Siły Z_1 i Z_2 występujące w ramionach wstęgi górnej, w zależności od stopnia otwarcia wynoszą:

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z \frac{\sin [90 - (\varphi + \alpha) + \delta]}{\sin \beta} = \\ &= 4,96 \frac{\sin[90 - (24 + 21) + (90 + 21)]}{\sin(90 - 21)} = 2,16 \text{ kN} \\ Z_2 &= Z \frac{\sin(\gamma + \varphi + \alpha)}{\sin \beta} = 4,96 \frac{\sin(90 + 24 + 21)}{\sin 69} = 3,76 \text{ kN} \end{aligned}$$

Działanie sił na wrota wsporne w czasie eksploatacji:

- Parcie wody na skrzydła wrót:

$$P = \frac{1}{2} \gamma_w H_w^2 l_w = \frac{1}{2} 9,789 \cdot 1,5^2 \cdot 2,5 = 27,53 \text{ kN}$$

gdzie:

γ_w – ciężar objętościowy wody [kN/m^3] (w temp. 20°C),

H_w - wysokość wrót zastępuję eksploatacyjnym poziomem napierającej wody od strony górnego awanportu; $H_w = 1,5$ [m]

- Wielkość siły rozporowej działającej na słup wsporny:

$$R = \frac{P}{2 \sin \alpha} = \frac{27,53}{2 \sin (21)} = 38,41 \text{ kN}$$

- Siła ściskająca działająca w płaszczyźnie wrót:

$$S = R \cos \alpha = 38,41 \cdot \cos 21 = 35,86 \text{ kN.}$$

9.3.2 Wrota dolne

Parametry wrót dolnych przyjęto zgodnie z punktem 9.2 pracy. W obliczeniach pominięto wypór wody, dodatkowo środek ciężkości skrzydła wrót założono dokładnie w środku jego rozpiętości. Jest to sytuacja bardziej niekorzystna.

Szerokość skrzydła $L_w = 2,45$ [m],

Wysokość całkowita wrót $H_w = 5,05$ [m],

Ciężar wrót $G = 19,79$ [kN] ($2,6939 \cdot 7,6 \text{ kN/m}^3$),

Kąt $\alpha = 22^\circ$

Siła Z w przypadku wrót otwartych wynosi:

$$Z = \frac{G \cdot g}{H_w} = \frac{19,79 \cdot 1,225}{5,05} = 4,8 \text{ kN}$$

Reakcja pionowa V wynosi:

$$V = G = 19,79 \text{ kN}$$

Siły Z_1 i Z_2 występujące w ramionach wstęgi górnej, w zależności od stopnia otwarcia wynoszą:

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z \frac{\sin [90 - (\varphi + \alpha) + \delta]}{\sin \beta} = \\ &= 4,8 \frac{\sin [90 - (23 + 22) + 112]}{\sin 68} = 2,023 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$Z_2 = Z \frac{\sin(\gamma + \varphi + \alpha)}{\sin \beta} = 4,8 \frac{\sin (90 + 23 + 22)}{\sin 68} = 3,66 \text{ kN}$$

Działanie sił na wrota wsporne w czasie eksploatacji:

- Parcie wody na skrzydła wrót:

$$P = \frac{1}{2} \gamma_w (H_w^2 - h^2) l_w = \frac{1}{2} \cdot 9,789 (3,8^2 - 1,52^2) 2,45 = 145,45 \text{ kN}$$

gdzie:

γ_w – ciężar objętościowy wody [kN/m^3] (w temp. 20°C),

H_w - wysokość wrót zastępuję eksploatacyjnym poziomem napierającej wody znajdującej się w komorze; $H_w = 3,8$ [m]

h – poziom wody napierającej na wrota od strony dolnego awanportu; $h = 1,52$ [m]

- Wielkość siły rozporowej działającej na słup wsporny:

$$R = \frac{\gamma_w (H_w^2 - h^2) l_w}{4 \sin \alpha} = \frac{P}{2 \sin \alpha} = \frac{145,45}{2 \sin 22} = 194,14 \text{ kN}$$

- Siła ściskająca działająca w płaszczyźnie wrót:

$$S = R \cos \alpha = 194,14 \cdot \cos 22 = 190,00 \text{ kN.}$$

9.4 Obliczenie czasu napełniania i opróżniania komory śluzy wodą

Obliczenia hydrauliczne śluzy komorowej powinny w wyniku określać następujące, charakteryzujące śluzę wielkości:

T – czas napełniania lub opróżniania komory śluzy, określane zwykle w minutach lub sekundach,

f – powierzchnię przekroju poprzecznego kanału obiegowego lub otworu we wrotach w [m²],

t₀ – czas otwierania zamknięć [min lub s].

W obliczeniach poniżej przyjęto że $H_1 = h - \frac{a}{2} = \text{constans}$, co jest dopuszczalne, gdyż wielkość otworu a, w stosunku do napełniania progu, jest niewielka. Założono również że otwieranie stawideł jest proporcjonalne do czasu, ponadto w obliczeniach powierzchni F jako długość komory przyjmuje się odległość wrót mierzoną wzdłuż osi komory od siebie, co jest również dopuszczalne. Jako poziom odniesienia, w zależności od przypadku przyjmuje się poziom zwierciadła wody górnej lub dolnej.

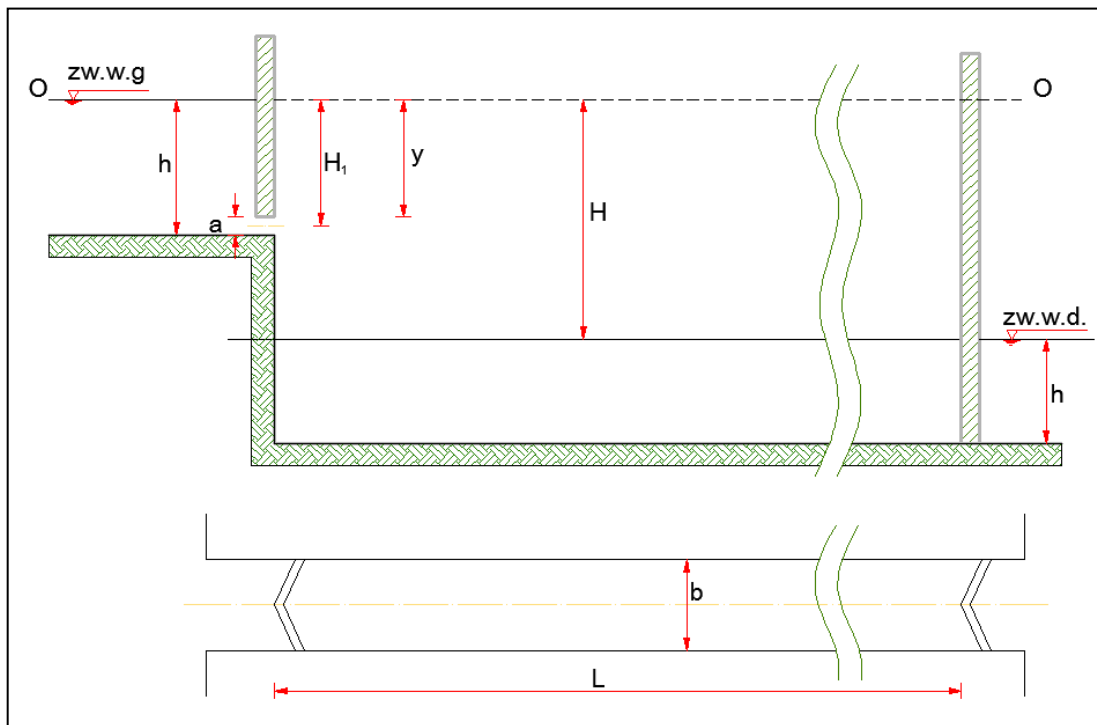
W zależności od wysokości spadku na śluzie H oraz głębokości na progu śluzy h, mogą zaistnieć dwa przypadki:

1. Jeżeli spadek jest mniejszy od głębokości na progu, wypływ przez otwór będzie zatopiony. Przypadek ten zachodzi zawsze w przypadku wrót dolnych.
2. Jeżeli spadek jest większy od głębokości na progu, napełnianie śluzy będzie odbywało się przez pewien czas przy dopływie przez otwór nie zatopiony aż do chwili kiedy otwór zostanie zatopiony, praktycznie zaś do osiągnięcia przez zwierciadło wody w komorze wysokości osi otworu. Od chwili tej, aż do czasu całkowitego napełnienia komory – dopływ wody odbywać się będzie przez otwór zatopiony. Zatopienie otworu może nastąpić albo przed upływem czasu otwierania stawidła, albo też po jego upływie.

9.4.1 Obliczanie czasu napełniania komory śluzy przez otwór we wrotach – wrota górne

Dane:

Długość komory:	$L = 37,4 \text{ m}$
Szerokość komory:	$b = 4,5 \text{ m}$
Powierzchnia zwierciadła wody w komorze :	$F = b \times l = 168,3 \text{ m}^2$
Głębokość napełnienia na progu:	$h = 1,5 \text{ m}$
Całkowity spadek na śluzie:	$H = 2,3 \text{ m}$
Objętość komory:	$V = F \times H = 387 \text{ m}^3$
Żądany czas napełniania:	$T = 5 \text{ min} = 300 \text{ s}$
Przyjęty czas otwierania stawidel:	$t_0 = 2 \text{ min} = 120 \text{ s}$



Rys.81. Schemat obliczeniowy czasu napełniania komory śluzy przez otwór we wrotach [21]

Otwór dopływowy we wrotach znajduje się powyżej zwierciadła wody dolnej $H > h$ oraz $H_0 \geq H_1$. W tym przypadku otwieranie stawideł nastąpi przed zatopieniem otworu we wrotach. W czasie napełniania komory wyróżnić można następujące fazy:

Faza I – przebiega od chwili rozpoczęcia otwierania otworu $/t=0/$ do chwili t_0 , kiedy podnoszenie stawidła zostaje zakończone. Otwór dopływowy będzie w tym czasie podniesiony na wymaganą wysokość a i uzyska powierzchnię pola f . Zwierciadło wody w komorze podniesie się w tym czasie, a różnica poziomów zwierciadła wody w komorze i zwierciadła wody w górnej osiągnie wartość H_0 . Wyływ będzie zupełny, ale przy zmiennej powierzchni otworu dopływowego.

Faza II – przebiegać będzie przy stałej powierzchni otworu dopływowego f jako wyływ zupełny, aż do osiągnięcia przez zwierciadło wody w komorze poziomu osi otworu h_1 . Zatem w czasie t_0 do t_1 dopływ będzie stały.

Faza III – napełnianie odbywać się będzie przez otwór zatopiony o stałej powierzchni, ale przy zmiennym ciśnieniu, malejącym od h_1 do zera.

Obliczanie pola powierzchni otworu dopływowego:

$$f = \frac{F}{\mu_s \sqrt{2gH_1}} \cdot \frac{(H + H_1)}{T - \frac{t_0}{2}} = \frac{168,3}{0,75 \sqrt{19,62 \cdot 1,5}} \cdot \frac{2,3 + 1,5}{(300 - 120)} = 0,873 \text{ m}^2$$

Zakładając jako pierwsze przybliżenie $H_1=h=1,5$ m wyznaczono metodą kolejnych przybliżeń $f = 0,873 \text{ m}^2$. Wysokość otworu dopływowego dla przyjętej szerokości $b = 1,0$ m wynosi:

$$a = \frac{f}{b} = \frac{0,873}{1,0} = 0,973 \text{ m}$$

Dla dalszych obliczeń przyjęto:

$$a = 0,873 \text{ m}, f = 0,973 \text{ m}^2, H_1 = h - \frac{a}{2} = 1,5 - \frac{0,873}{2} = 0,627 \text{ m}.$$

Dla powyższych wartości stała B wynosi:

$$B = \mu_s \frac{f}{t_0} \sqrt{2gH_1} = 0,75 \frac{0,873}{120} \sqrt{19,62 \cdot 0,627} = 0,019$$

Całkowity czas napełniania komory:

$$T = \frac{t_0}{2} + \frac{F}{Bt_0} (H + H_1) = 60 + \frac{168,3}{0,019 \cdot 120} (2,3 + 0,627) = 276,1 \text{ s}$$

A więc zgodnie z żądaniem.

Przebieg napełniania

FAZA I przebiegać będzie w przedziałach czasu:

$$0 \leq t \leq t_0, \text{ czyli } 0 \leq t \leq 120 \text{ s}$$

i spad:

$$H \geq y \geq H_0, \text{ gdzie}$$

$$H_0 = H - \frac{t_0^2}{2F} = 2,3 - \frac{120^2 \cdot 0,019}{2 \cdot 168,3} = 1,487 \text{ m},$$

$$\text{czyli } 2,3 \geq y \geq 1,487 \text{ m}.$$

Spad będzie się zmieniał:

$$y = H - \frac{Bt^2}{2F} = 2,3 - \frac{0,019t^2}{2 \cdot 168,3} = 2,3 - 5,6446 \cdot 10^{-5} \cdot t^2$$

Przepływ:

$$q_s = B \cdot t = 0,019t$$

FAZA II przebiegać będzie w przedziałach czasu:

$$t_0 \leq t \leq t_1, \text{ gdzie:}$$

$$t_1 = \frac{t_0}{2} + \frac{F}{B \cdot t_0} (H - H_1) = 60 + \frac{168,3}{0,019 \cdot 120} (2,3 - 0,627) = 183,5 \text{ s},$$

$$\text{czyli } 120 \leq t \leq 183,5 \text{ s}$$

i spad:

$H_0 \geq y \geq H_1$, czyli $2,3 \geq y \geq 1,487$ m.

W tym przedziale czasu dopływ wody do komory jest stały i wynosi:

$$q_s = B \cdot t_0 = 0,019 \cdot 120 = 2,28 \text{ m}^3/\text{s}$$

Spad zmieniać się będzie następująco:

$$y = H - \frac{Bt_0}{F} \left(t - \frac{t_0}{2} \right) = 2,3 - \frac{0,019 \cdot 120}{168,3} (t - 60)$$

$$y = 2,3 - 1,3547 \cdot 10^{-2} (t - 60)$$

FAZA III odbywać się będzie w następujących przedziałach:

$$t_1 \leq t \leq T, \text{ czyli } 183,50 \leq t \leq 276,1 \text{ s}$$

$$H_1 \geq y \geq 0, \text{ czyli } 0,627 \geq y \geq 0 \text{ m}$$

Dopływ wody będzie maleć zgodnie z równaniem:

$$q_s = B \frac{t_0}{\sqrt{H_1}} \sqrt{y} = 0,019 \frac{120}{\sqrt{0,627}} \sqrt{y} = 2,879 \sqrt{y}$$

Spad określony jest wzorem:

$$y = \left[\sqrt{H_1} - \frac{Bt_0}{2F\sqrt{H_1}} (t - t_1) \right]^2$$

$$y = \left[\sqrt{0,627} - \frac{0,019 \cdot 120}{2 \cdot 168,3 \sqrt{0,627}} (t - 183,5) \right]^2 = [0,7981 - 8,5543 \cdot 10^{-3} (t - 183,5)]^2$$

Wyniki obliczeń dla kolejnych faz napełniania komory służy zamieszczono w Tabelach 14-16.

Tabela 14. Wyniki obliczeń dla fazy I

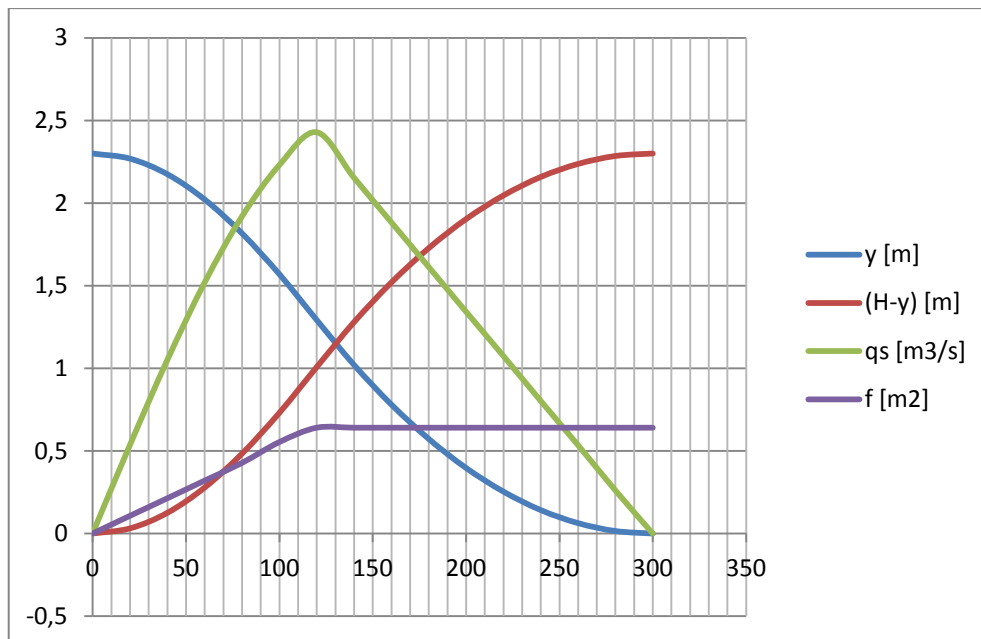
FAZA I – Otwieranie stawidel							
t [s]	0	20	40	60	80	100	120
y [m]	2,3	2,277	2,210	2,077	1,939	1,736	1,487
(H-y) [m]	0	0,023	0,090	0,203	0,361	0,564	0,813
q_s [m ³ /s]	0	0,380	0,760	1,140	1,520	1,900	2,280

Tabela 15. Wyniki obliczeń dla fazy II

FAZA II – Stawidla otwarte, pelen przeplyw przy stalym cisnieniu					
t [s]	120	140	160	180	183,5
y [m]	1,487	1,216	0,945	0,674	0,627
(H-y) [m]	0,813	1,084	1,355	1,626	1,673
q_s [m ³ /s]	2,280	2,280	2,280	2,280	2,280

Tabela 16. Wyniki obliczeń dla fazy III

FAZA III – Stawidla otwarte, pelen przeplyw przy cisnieniu malejacy do 0						
t [s]	183,5	200	220	240	260	276,1
y [m]	0,627	0,423	0,230	0,095	0,019	0
(H-y) [m]	1,673	1,877	2,070	2,205	2,281	2,3
q_s [m ³ /s]	2,280	1,872	1,380	0,887	0,397	0

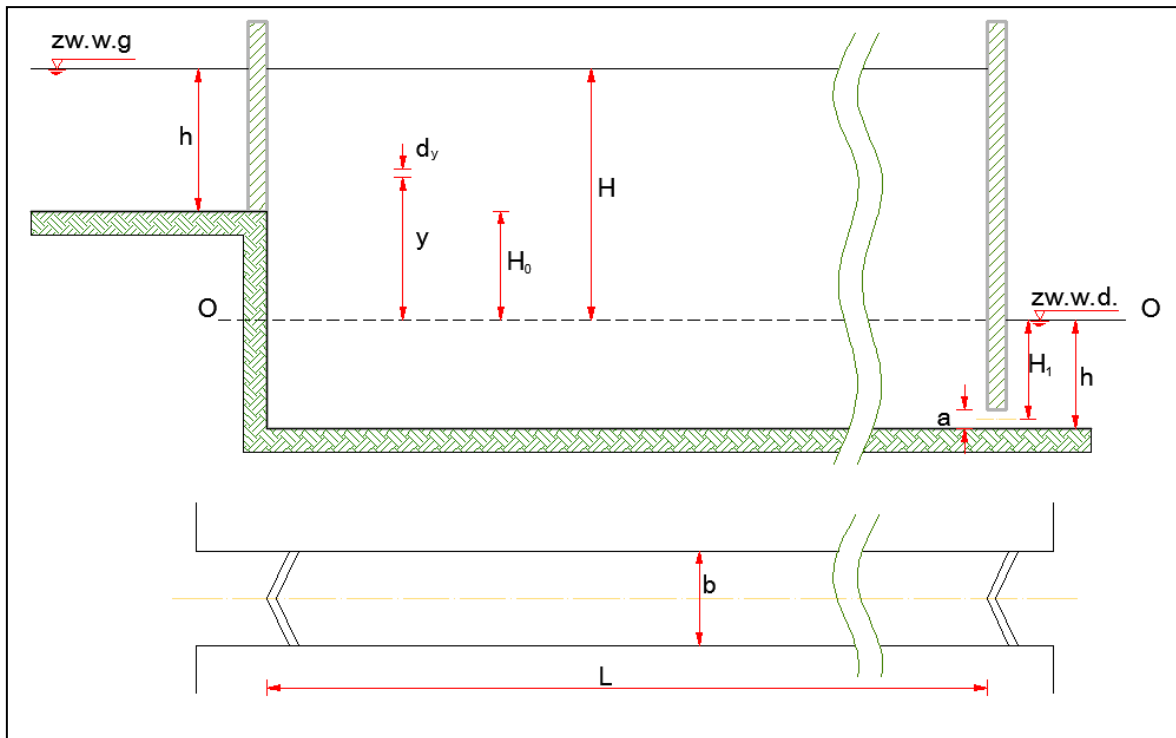


Rys.82. Charakterystyka napełniania komory przez otwór we wrotach. Otwór stale zatopiony; y – spad, $(H-y)$ – różnica poziomów lustra wody, q_s – przepływ, f – pole powierzchni otworu we wrotach

9.4.2 Obliczanie czasu opróżniania komory śluzy przez otwór we wrotach – wrota dolne

Dane:

Długość komory:	$L = 37,4 \text{ m}$
Szerokość komory:	$b = 4,5 \text{ m}$
Powierzchnia zwierciadła wody w komorze :	$F = b \times l = 168,3 \text{ m}^2$
Głębokość napełnienia na progu:	$h = 1,5 \text{ m}$
Całkowity spad na śluzie:	$H = 2,3 \text{ m}$
Objętość komory:	$V = F \times H = 387 \text{ m}^3$
Żądany czas napełniania:	$T = 5 \text{ min} = 300 \text{ s}$
Przyjęty czas otwierania stawideł:	$t_0 = 2 \text{ min} = 120 \text{ s}$



Rys.83. Schemat obliczeniowy czasu napełniania komory śluzy przez otwór we wrotach [21]

W rozpatrywanym przypadku opróżniania wyróżnić można dwie fazy:

Faza I – trwa od chwili rozpoczęcia manewru otwierania stawidla do chwili jego zakończenia, kiedy wysokość otworu osiągnie wartość a . Zwierciadło wody w komorze obniży się w tym czasie od położenia na wysokości zwierciadła wody górnej do wysokości H_0 w stosunku do poziomu odniesienia, jakim jest poziom zwierciadła wody dolnej.

Faza II – Obejmuje czas do końca opróżniania komory. Otwór we wrotach ma już stałą powierzchnię aktywną, a zwierciadło wody w komorze obniża się do poziomu zwierciadła wody w dolnym stanowisku (różnica poziomów zwierciadeł wody maleje do zera).

Obliczanie pola powierzchni otworu dopływowego:

$$f = \frac{2F\sqrt{H}}{\mu_s\sqrt{2g}(T - \frac{t_0}{2})} = \frac{2 \cdot 168,3 \cdot \sqrt{2,3}}{0,75\sqrt{19,62}(300 - 60)} = 0,640 \text{ m}^2$$

Zakładając że szerokość otworu $b = 1,0 \text{ m}$, to wysokość otworu

$$a = \frac{f}{b} = \frac{0,640}{1,0} = 0,640 \text{ m}$$

Dla dalszych obliczeń przyjęto: $a = 0,640$ m, $b = 1,0$ m, $f = 0,640$ m².

Średnia wysokość ciśnienia wody w otworze wynosi:

$$H_1 = h - \frac{a}{2} = 1,5 - \frac{0,640}{2} = 1,180 \text{ m}$$

Dla powyższych wartości stała B wynosi:

$$B = \mu_s \frac{f}{t_0} \sqrt{2gH_1} = 0,75 \frac{0,640}{120} \sqrt{19,62 \cdot 1,18} = 0,01925$$

Czas opróżniania komory dla przyjętych wymiarów otworu wynosi:

$$T = \frac{t_0}{2} + \frac{2F\sqrt{H_1 \cdot H}}{Bt_0} = 60 + \frac{2 \cdot 168,3\sqrt{1,18 \cdot 2,3}}{0,01925 \cdot 120} = 300,05 \text{ s}$$

A więc zgodnie z żądaniem.

Przebieg opróżniania

FAZA I przebiegać będzie w przedziałach czasu:

$$0 \leq t \leq t_0, \text{ czyli } 0 \leq t \leq 120 \text{ s}$$

i spad:

$H \geq y \geq H_0$, gdzie w chwili t_0 spadek (różnica poziomów zwierciadła wody) osiągnie wielkość

$$\sqrt{H_0} = \sqrt{H} - \frac{Bt_0^2}{4F\sqrt{H_1}} = \sqrt{2,3} - \frac{0,0193 \cdot 120^2}{4 \cdot 168,3\sqrt{1,18}} = 1,137 \text{ m,}$$

$$H_0 = 1,137^2 = 1,293 \text{ m}$$

czyli $2,3 \geq y \geq 1,293$ m.

Charakterystyka spadku dla przyjętych bieżących wartości czasu t :

$$y = \left[\sqrt{H} - \frac{Bt^2}{4F\sqrt{H_1}} \right]^2 = \left[\sqrt{2,3} - \frac{0,0193 \cdot t^2}{4 \cdot 168,3\sqrt{1,18}} \right]^2 = [1,517 - 2,6392 \cdot 10^{-5} \cdot t^2]^2$$

Obliczone y podstawiamy do równania przepływu:

$$q_s = \frac{B}{\sqrt{H_1}} \sqrt{y} \cdot t = 0,0178 \sqrt{y} \cdot t$$

FAZA II – opróżnianie przebiega w przedziałach czasu:

$$t_0 \leq t \leq T, \text{ czyli } 120 \leq t \leq 300 \text{ s}$$

i spad:

$$H_0 \geq y \geq 0, \text{ czyli } 1,293 \geq y \geq 0 \text{ m.}$$

Spad chwilowy:

$$y = \left[\sqrt{H_0} - \frac{B \cdot t_0}{2F\sqrt{H_1}} (t - t_0) \right]^2 =$$

$$= \left[\sqrt{1,293} - \frac{0,0193 \cdot 120}{2 \cdot 168,3 \sqrt{1,18}} (t - 120) \right]^2 = [1,137 - 6,3341 \cdot 10^{-3} \cdot (t - 120)]^2$$

Odptyw z komory q_s :

$$q_s = \frac{B}{\sqrt{H_1}} \sqrt{y} \cdot t_0 = \frac{0,0193}{\sqrt{1,18}} \sqrt{y} \cdot 120 = 2,1321 \sqrt{y} \text{ m}^3/\text{s}$$

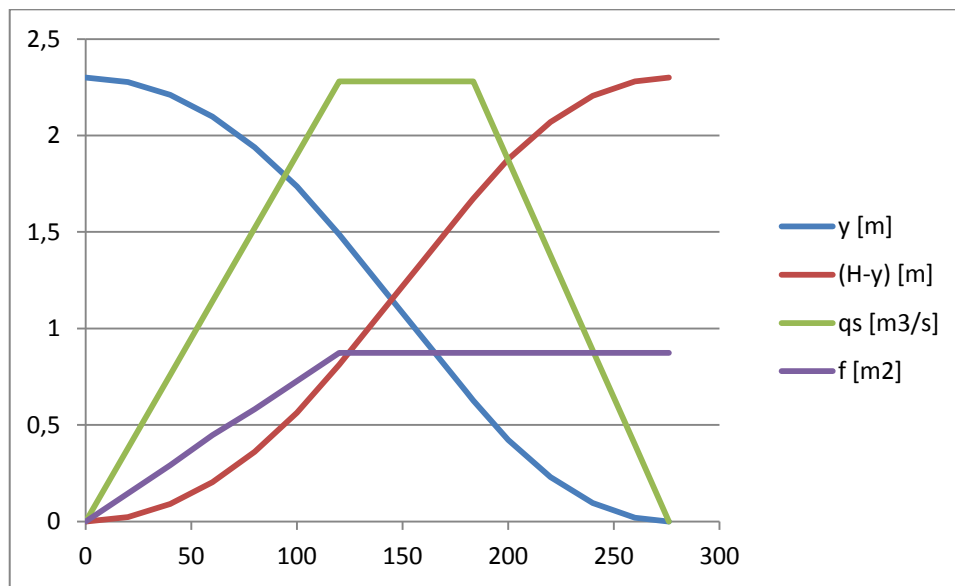
Wyniki obliczeń dla kolejnych faz opróżniania komory służy zamieszczono w Tabelach 17 i 18.

Tabela 17. Wyniki obliczeń dla fazy I

FAZA I – Otwieranie stawidel							
t [s]	0	20	40	60	80	100	120
y [m]	2,3	2,269	2,175	2,022	1,817	1,570	1,293
(H-y) [m]	0	0,031	0,125	0,278	0,483	0,730	1,007
q_s [m ³ /s]	0	0,536	1,050	1,519	1,919	2,230	2,429

Tabela 18. Wyniki obliczeń dla fazy II

FAZA II – Stawidła otwarte, stała powierzchnia aktywna otworu											
t [s]	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	300,05
y [m]	1,293	1,021	0,781	0,573	0,397	0,254	0,142	0,063	0,015	0,0	0
(H-y) [m]	1,007	1,279	1,519	1,727	1,903	2,046	2,158	2,237	2,285	2,3	2,3
q_s [m ³ /s]	2,429	2,154	1,884	1,614	1,343	1,075	0,803	0,535	0,261	0	0



Rys.84. Charakterystyka opróżniania komory przez otwór we wrotach. Otwór stale zatopiony; y – spąd, (H-y) – różnica poziomu lustra wody, q_s – przepływ, f – pole powierzchni otworu we wrotach

10. Uwagi i wnioski końcowe

W ramach mojej pracy dyplomowej :

1. Dokonałem przeglądu literatury, której tematyka dotyczyła śluz komorowych a także ich elementów składowych i innych obiektów hydrotechnicznych bezpośrednio związanych ze śluzami.
2. Przedstawiłem rys historyczny i stan obecny śluzy komorowej numer 2 w miejscowości Kłodnica w powiecie Kędzierzyn – Koźle.
3. Dokonałem opisu systemu konstrukcyjnego i charakterystyki każdego elementu wchodzącego w skład budowy śluzy.
4. Dokonałem analizy dostępnej dokumentacji technicznej i archiwaliów.
5. Dokonałem opisu możliwych przyczyn degradacji stanu technicznego śluz komorowych.
6. Przedstawiłem zagadnienia ogólne oceny istniejących konstrukcji, zagadnienia związane z trwałością konstrukcji oraz niezbędną nomenklaturę a także przyjąłem kryterium oceny stanu technicznego istniejących konstrukcji budowlanych.
7. Dokonałem opisu uszkodzeń i zniszczeń oraz oceny stanu technicznego śluzy komorowej numer 2.
8. Przygotowałem i opisałem propozycję robót remontowych stanowiących rehabilitację konstrukcji śluzy komorowej.
9. Wykonałem obliczenia niezbędne dla weryfikacji stanu granicznego nośności gruntów i ściany komory – stanowiącej konstrukcyjnie niezależny mur oporowy.
10. Na podstawie: obliczeń uwzględniających poszczególne wymiary konstrukcji, materiałów archiwalnych i resztek wrót znalezionych w pobliżu śluzy, dokonałem poglądowej rekonstrukcji górnych i dolnych zamknięć śluzy. Dokonałem obliczeń związanych z eksploatacją zaproponowanych wrót wspornych.
11. Wykonałem obliczenia hydrostatyczne, które dla rzeczywistych wymiarów konstrukcji śluzy komorowej pozwoliły scharakteryzować czas napełniania i opróżniania komory, powierzchnię przekroju poprzecznego otworu we wrotach oraz czas otwierania/zamykania stawideł.

Na podstawie wizji lokalnej, częściowej inwentaryzacji i przeglądu udokumentowanych uszkodzeń i zniszczeń a także na podstawie wykonanych obliczeń statyczno – wytrzymałościowych formułuję następujące uwagi:

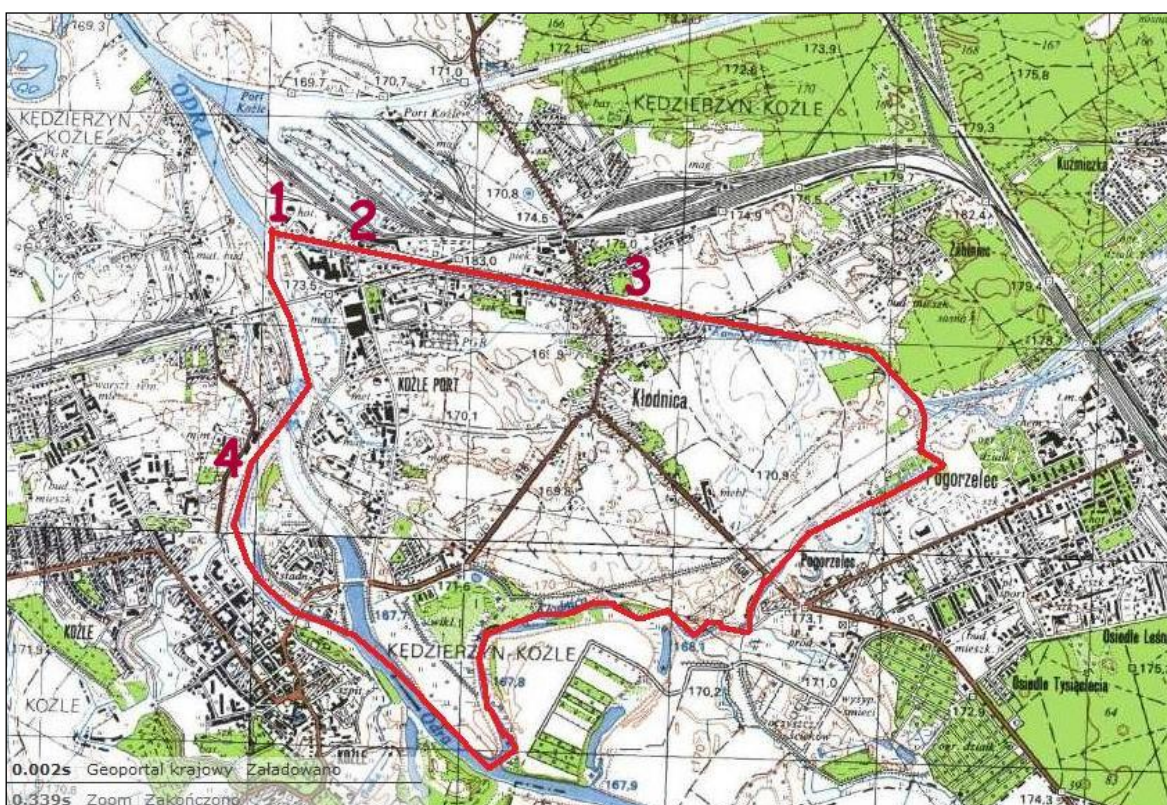
1. Pomimo braku okresowych przeglądów oraz niezbędnych robót konserwacyjnych i remontowych, stan blisko 200 letniej śluzy komorowej numer 2 na Kanale Kłodnickim w dzielnicy Kłodnica w Kędzierzynie - Koźlu oceniono na średni. Stan zużycia technicznego poszczególnych elementów konstrukcji uśredniono, otrzymując wynik procentowego zużycia budowli równy 48%.
2. Niezależnie od sposobu dalszego użytkowania wymagany jest kompleksowy remont kapitalny, niezbędny przede wszystkim dla zatrzymania postępującego procesu degradacji i dalszego zabezpieczenia konstrukcji przed niszczeniem.
3. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że obiekt wykonany przez ówczesnych mistrzów budowlanych spełnia współczesne warunki statyczno – wytrzymałościowe. Dla przyjętych modeli obliczeniowych i założeń konstrukcyjnych sprawdzono warunki na:
 - wypieranie gruntu spod fundamentu,
 - przesunięcie ściany oporowej w poziomie posadowienia i głębszych warstwach podłoża,
 - stateczność na obrót względem przedniej krawędzi podstawy,
 - sprawdzenie stateczności uskoku naziomu wraz ze ścianą oporową,
 - sprawdzenie stanów granicznych konstrukcji muru oporowego.

Żaden z powyższych stanów granicznych nośności nie został przekroczony, weryfikacja stanów granicznych nośności potwierdza zdolność konstrukcji do dalszego bezpiecznego użytkowania i eksploatacji.

4. Po konsultacji z właściwym konserwatorem zabytków, należy zrekonstruować pomost komunikacyjny i poręcz zlokalizowane na drewnianych wrotach. Dodatkowo, zgodnie z obowiązującymi przepisami należy ograniczyć barierką

ochronną dostęp do korony śluzy, co może zapobiec przypadkowemu upadkowi z wysokości do komory śluzy.

- Przeprowadzenie rehabilitacji konstrukcji śluzy jest konieczne przede wszystkim ze względu na ogromną wartość historyczną obiektu. Dodatkowo, w dobie dobrze rozwiniętej turystyki rzecznej, sprawny, dopuszczony do użytku codziennego obiekt ma szansę być ogromną atrakcją turystyczną w regionie. Biorąc pod uwagę także „reaktywację” ostatniego zachowanego odcinka Kanału Kłodnickiego liczącego 3318 m, wraz ze znajdującymi się na nim śluzą komorową numer 1 oraz wrotami przeciwpowodziowymi - możliwe jest utworzenie dwukierunkowej trasy turystycznej. Pomimo znacznych kosztów realizacji, przedsięwzięcie może podkreślić znaczenie miasta - nie tylko z uwagi na aspekt historyczny, ale też kulturę, sport i turystykę.



Rys.85. Wodna trasa turystyczna rzeka Odra - Kanał Kłodnicki - Rzeka Kłodzka – rzeka Odra. Możliwa do utworzenia po rehabilitacji odcinka Kanału Kłodnickiego i znajdujących się na nim obiektów hydrotechnicznych. 1 – wrota przeciwpowodziowe na Kanale Kłodnickim, 2 – Śluza komorowa numer 1 na Kanale Kłodnickim, 3 – śluza komorowa numer 2 na Kanale Kłodnickim, 4 – śluza komorowa „Kozle” na rzece Odrze

Bibliografia

Literatura:

- [1] Gondowicz A., Kiciński T., Żbikowski A., *Budownictwo Wodne* część II, WSiP, Chorzów 1975.
- [2] Wszelaczyński W., *Drogi wodne śródlądowe*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 1990.
- [3] Balcerski W. i in., *Budowle wodne śródlądowe*, Arkady, Warszawa 1969.
- [4] Chmielewski T., *Ocena istniejących konstrukcji budowlanych i ich rehabilitacja*, Politechnika Opolska, Opole 2013.
- [5] Temple R., *Geniusz Chin. 3000 lat nauki, odkryć i wynalazków*, ARS Polona, 1994
- [6] Koszarski J., *Żegluga odrzańska w rejonie Koźła do 1944 r.*, „Szkice Kędzierzyńsko-Kozielskie”, Kędzierzyn - Koźle 1987
- [7] Schmidt J., *Dzieje Kanału Kłodnickiego*, „Rocznik Muzeum w Gliwicach”, Gliwice 1994
- [8] Szymański A., *Koźle nad Odrą. Miasto i rzeka do 1946 roku*, [w:] Odra. Rzeka i Ludzie – wzajemne uwarunkowania na przestrzeni dziejów, red. E. Nycz, F. Pistelok, Opole 2008
- [9] Jońca K., Senft S., *Pod rządami Prus i Rzeszy Niemieckiej (1741-1918)*, [w:] Kędzierzyn – Koźle. Monografia Miasta, red. E. Nycz, S. Senft, Opole 2001
- [10] Łabęcki Z., *Kanał Kłodnicki – Zespół stopnia II – ŚLUZA Nr 2 /3/*, Karta Ewidencyjna Zabytków Architektury i Budownictwa, Opole 1988
- [11] Januszewski S., *Śluza Koźle*, Wkładka do Karty Ewidencyjnej Zabytków Architektury i Budownictwa, Opole 1998
- [12] Praca zbiorowa : *Budownictwo ogólne. T. 4. Konstrukcje budynków*, Arkady, Warszawa 2009
- [13] Praca zbiorowa : *Budownictwo ogólne. T. 2. Fizyka budowli*, Arkady, Warszawa 2009

- [14] Bryl B., *Podstawy budownictwa*, Uniwersytet przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław 2011
- [15] Chmielewski T., *Ocena istniejących konstrukcji w ujęciu projektu normy ISO/CD/13822*, Inżynieria i Budownictwo NR 9/2001
- [16] Baranowski W., *Zasady ustalania zużycia technicznego budynków*, WACETOB – PZliTB, Warszawa 1992
- [17] *Zużycie obiektów budowlanych „WACETOB”*, Warszawskie Centrum Postępu Techniczno - Organizacyjnego Budownictwa, Warszawa 2000.
- [18] Runkiewicz L., *Określenia dotyczące napraw i wzmocnień konstrukcji budowlanych*, Przegląd budowlany, nr 10/2006
- [19] Foto Häckel, Klodnitz, *Heimat-Kalender für den Stadt- Und Landkreis Cosel OS.*, Gleiwitz 1939
- [20] Małyszko L., Orłowicz R., *Konstrukcje murowe. Zarysowania i naprawy.*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn 2000.
- [21] Wielgus W., *Wybrane problemy obliczeń hydraulicznych śluz komorowych.*, Politechnika Krakowska, Kraków 1980

Normy:

- [22] PN-83/B-03010 Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie
- [23] PN-81/B-03020 Grunty Budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowe.
- [24] PN-87-B-03002 Konstrukcje murowe niezbrojone – Projektowanie i obliczanie

Źródła internetowe :

- [25] www.wynalazki.slovníki.pl
- [26] www.wikipedia.pl

[27] www.nowiny.gliwice.pl

[28] www.czyszki.eu

[29] www.k-k.pl

[30] www.gliwiczanie.pl

Spis rysunków

Rozdział I:

Rys.1. Elementy składowe śluzy komorowej.....	11
Rys.2. Zasada działania śluzy komorowej.....	11
Rys.3. Śluza trzystopniowa.....	13
Rys.4. Śluza bliźniacza (podwójna).....	13
Rys.5. Przykład śluzy oszczędnościowej.....	14
Rys.6. Przekrój podłużny śluzy.....	15
Rys.7. Śluza komorowa.....	16
Rys.8. Komory śluz w postaci ściany oporowej.....	17
Rys.9. Konstrukcja śluz typu dokowego.....	18
Rys.10. Typowe przekroje śluz konstrukcji dokowej.....	18
Rys.11. Wymiarowanie głów śluz.....	19
Rys.12. Wrota wsporne dwuskrzydłowe.....	21
Rys.13. Wrota wsporne jednoskrzydłowe.....	21
Rys.14. Typy wrót wspornych	22
Rys.15. Wrota ryglowe i słupowe.....	23
Rys.16. Wrota kładzione i opuszczane.....	24
Rys.17. Wrota przesuwne.....	24
Rys.18. Wrota podnoszone.....	25
Rys.19. Widok na zamknięcia remontowe.....	25
Rys.20. Uszczelnienie progu i słupów wspornych.....	26
Rys.21. Uszczelnienie wrót.....	26

Rys.22. Napęlnianie i opróznianie komór słuz.....	27
Rys.23. Napęlnianie i opróznianie komór słuz poprzez podniesienie segmentu.....	28
Rys.24. Zamknięcia kanałów obiegowych.....	29
Rys.25. Pachoł cumowniczy nabrzeżny i pachoł cumowniczy ścienny.....	31
Rys.26. Pachoły cumowniczy nabrzeżny i ścienny zlokalizowane w pobliżu słuzy Januszkowice.....	31
Rys.27. Hak cumowniczy krzyżowy.....	32
Rys.28. Pływak cumowniczy.....	32
Rys.29. Prowadnice poziome wykonane z kształtowników metalowych zlokalizowane przy jednej z komór januszkowickiej słuzy.....	33
Rys.30. Widok na drabiny ścienne w słuzie Januszkowice.....	34
Rys.31. Fotografia pomostu komunikacyjnego na słuzie komorowej w Koźlu.....	35
Rys.32. Przykładowy krawężnik betonowy [1] i krawężnik metalowy zlokalizowany na słuzie komorowej w miejscowości Januszkowice.....	36
Rys.33. Przykładowa łata wodowskazowa zlokalizowana w awanporcie powyżej słuzy Januszkowice.....	37
Rys.34. Schemat książkowy awanportów.....	38
Rys.35. Dalby drewniane.....	39
Rys.36. Pocztaówka z początku XX wieku przedstawiająca wejście do portu kozielskiego.....	40
Rys.37. Prowadnice i kierownice w awanportach słuzy pojedynczej.....	40
Rys.37. Prowadnice i kierownice w górnym awanporcie słuzy bliźniaczej zlokalizowanej na rzece Odrze w miejscowości Januszkowice.....	41
Rys.38. Linia cumownicza z dalb stalowych w górnym awanporcie w miejscowości Januszkowice.....	42

Rozdział II:

Rys.39. Pocztówka z początku XX wieku przedstawiająca początek Kanału Kłodnickiego.....	43
Rys.40. Pocztówka z początku XX wieku przedstawiająca Kanał Kłodnicki na wysokości fabryki papieru i celulozy.....	44
Rys.41. Pocztówka z początku XX wieku przedstawiająca Kanał Kłodnicki.....	45
Rys.42. Konie ciągnące barkę Kanałem Kłodnickim pomiędzy śluzami numer 2 a 3.	45
Rys.43. Konie holujące barkę Kanałem Kłodnickim.....	45
Rys.44. Barka na Kanale Kłodnickim.....	46
Rys.45. Barka na Kanale Kłodnickim. Odcinek w lesie na wysokości osiedla Żabieniec w Kędzierzynie – Koźlu.....	46
Rys.46. Widok na śluzę komorową numer 18, odkrytą podczas robót budowlanych. Gliwice, 18.11.2013.....	47
Rys.47. Widok na śluzę komorową numer 18, odkrytą podczas robót budowlanych. Gliwice, 18.11.2013.....	47
Rys.48. Ostatni zachowany odcinek Kanału Kłodnickiego wraz z dwiema śluzami...48	
Rys.49. Widok na śluzę komorową zlokalizowaną w miejscowości Kłodnica.....	49
Rys.50. Widok na śluzę komorową w Kłodnicy.....	50

Rozdział III:

Rys.51. Głowa dolna i dolna część komory – rzut poziomy i przekrój podłużny.....	52
Rys.52. Głowa górna i górna część komory – rzut poziomy i przekrój podłużny.....	53

Rozdział V:

Rys.53. Młode drzewa wyrastające z korony i ściany głowy dolnej.....	59
---	----

Rys.54. Pęknięcie ceglanego muru oporowego łączące głowę górną z prawą skarpią nasypu.....	60
Rys.55. Zachowana łąta wodowskazowa oraz liczne wykwyty solne na powierzchni muru oporowego łączącego głowę górną ze skarpią nasypu.....	60
Rys.56. Ubytki w spoinowaniu, brak spójności między materiałami i zarysowania kamiennych ciosów korony.....	61
Rys.57. Brak klapy w jednej z wnęk w której mocowane są zawiasy i młode drzewa wyrastające z zagłębienia.....	61
Rys.58. Klawiszowanie bloków kamiennych korony.....	62
Rys.59. Fragmenty drewnianych wrót na jednym z brzegów.....	62
Rys.60. Braki w materiale i częściowo odsłonięty przez osiadającą ziemię mur oporowy łączący głowę dolną ze prawym brzegiem.....	63
Rys.61. Widoczne liczne wykwyty solne na powierzchni ścian, i ubytki materiałowe w dolnej części prawej ściany komory.....	63
Rys.62. Widoczne liczne wykwyty solne na powierzchni ścian, i ubytki materiałowe w dolnej części lewej ściany komory.....	64
Rys.63. Widok na słupkę od strony wody dolnej.....	64
Rys.64. Widok na słupkę od strony wody górnej.....	65
Rys.65. Pamiątkowy napis wyryty na jednym z kamiennych bloków.....	65
Rys.66. Wnętrze śluzy komorowej – strona prawa.....	66
Rys.67. Wnętrze śluzy komorowej – strona lewa.....	67

Rozdział VI:

Rys.68. Ogólny tok postępowania przy ocenie istniejących konstrukcji.....	70
Rys.69. Zmiany właściwości użytkowych.....	80

Rozdział VIII:

Rys.70. Zmniejszenie parcia bocznego gruntu za pomocą wykopu kompensacyjnego.....96

Rys.71. Eliminacja parcia bocznego gruntu na ściany.....9

Rozdział IX:

Rys.72. Warunki gruntowe w miejscu istniejącej ściany oporowej.....103

Rys.73. Schemat obliczeniowy ściany oporowej.....105

Rys.74. Obrót części podłoża wraz ze ścianą oporową wokół punktu O.....110

Rys.75. Przekroje I-I i II-II konstrukcji muru oporowego.....117

Rys.76. Wrota drewniane zlokalizowane w głowie górnej śluzy.....122

Rys.77. Wrota drewniane zlokalizowane w głowie dolnej śluzy – Widok od strony dolnego awanportu.....124

Rys.78. Wrota drewniane zlokalizowane w głowie dolnej śluzy - widok od strony komory.....124

Rys.79. Schematy do obliczania wrót wspornych.....125

Rys.80. Schematy do obliczania wrót wspornych.....127

Rys.81. Schemat obliczeniowy czasu napełniania komory śluzy przez otwór we wrotach.....132

Rys.82. Charakterystyka napełniania komory przez otwór we wrotach.....137

Rys.83. Schemat obliczeniowy czasu napełniania komory śluzy przez otwór we wrotach.....138

Rys.84. Charakterystyka opróżniania komory przez otwór we wrotach.....141

Rozdział X:

Rys.85. Wodna trasa turystyczna rzeka Odra - Kanał Kłodnicki - Rzeka Kłodnica – rzeka Odra.....144

Spis tabel

Rozdział I:

Tabela 1. Minimalne wymiary śluz w zależności od klasy drogi wodnej.....17

Rozdział VI:

Tabela 2. Kryteria ogólne oceny i klasyfikacji technicznej stanu elementów obiektów....74

Tabela 3. Tabela służąca do oceny stanu technicznego obiektu – wzór podstawowy.....74

Tabela 4. Tabela służąca do oceny stanu technicznego obiektu – wzór dla bardziej złożonych konstrukcji.....75

Tabela 5. Wymagany okres użytkowania budowli.....77

Tabela 6. Orientacyjne okresy trwałości elementów budynku.....78

Tabela 7. Trwałość części budynków lub wyrobów składowych.....79

Tabela 8. Przykładowe okresy trwałości obiektów budowlanych.....81

Tabela 9. Przykładowe okresy trwałości obiektów produkcyjnych, magazynowych, handlowych.....81

Tabela 10. Przykładowe okresy trwałości budowli.....82

Tabela 11. Przykładowe normatywne okresy trwałości oraz minimalny stopień rocznego zużycia poszczególnych elementów budynku.....83

Rozdział VII:

Tabela 12. Procentowe zużycie techniczne poszczególnych elementów śluzy komorowej.....85

Tabela 13. Procentowe zużycie i stan techniczny śluzy komorowej oraz jej elementów składowych, określone metodą wizualną.....90

Rozdział IX:

Tabela 14. Wyniki obliczeń dla fazy I.....136

Tabela 15. Wyniki obliczeń dla fazy II.....	136
Tabela 16. Wyniki obliczeń dla fazy III.....	137
Tabela 17. Wyniki obliczeń dla fazy I.....	140
Tabela 18. Wyniki obliczeń dla fazy II.....	141