

*Krzysztof Parylak*

**DORAŻNA POPRAWA STATECZNOŚCI ZAPORY  
MAŁEGO ZBIORNIKA WODNEGO**

**TEMPORARY IMPROVEMENT OF DAM EMBANKMENT  
STABILITY OF SMALL RESERVOIR**

**Streszczenie**

W artykule przedstawiono rzadko spotykany przypadek sposobu naprawy zapory ziemnej niewielkiego górskiego zbiornika wodnego, który pomimo IV klasy ważności nie spełniał żadnego z wymogów bezpieczeństwa. Innowacją budowlaną była realizacja remontu z powierzchni korony zapory o niespotykanie stromym nachyleniu skarpy oraz ograniczona własnością dostępność terenu od strony odpowietrznej. Do trudnych warunków realizacji obiektu dostosowano nowe rozwiązania i technologię robót. Wykonano skuteczne zabezpieczenie przeci-wfiltracyjne i odwodnienie oraz poprawienie stateczności poprzez złagodzenie nachylenia skarpy odpowietrznej.

**Słowa kluczowe:** zapory ziemne, roboty ziemne, filtry, stateczność zapór

**Summary**

*In article the event of repairing embankment of small water reservoir in mountains was presented. This dam which he in belong to IV class of validity did not fulfill none of requirements of safety he one should be qualified classified. The realization of repair was from surface of crown of dam the building was a some engineering innovation.*

*The dam about seldom had the stepping out ornate inclination the slope the limited accessibility of terrain from side the down stream slope also. It the new solutions to difficult conditions of realization of object were adapted was and the technology of works. It the effective protection was protected was the filtration and the dehydration as well as the improvement the stability across appeasement of inclination of slope the down stream slope.*

**Key words:** earth dams, earth works, filters, stability of dam

## WSTĘP

W wielu przypadkach eksploatacji małych zbiorników wodnych w różnym stopniu zagrożonych objawiającymi się oznakami awarii istnieje potrzeba szybkiego skutecznego i w miarę bezpiecznego okresowego zabezpieczenia. Złożoność uwarunkowań, brak dokładnych badań i niekiedy oczekiwany pośpiech potrzeby naprawy powodują, że okresowo pomijana jest kompleksowa przebudowa obiektu. W takich przypadkach można zastosować niezbędne zabezpieczenia konstrukcyjne, których rozwiązania przedstawiono na konkretnym przypadku naprawy. Dotyczyła ona poprawy stateczności korpusu zapory zbiornika w Potoczku, przeznaczonego do potrzeb gromadzenia wody do naśnieżania stołu narciarskiego na Wielkiej Sowie w Sudetach.

W okresie letnim podjęto prace projektowe, a następnie ich realizację w celu umożliwienia w okresach zimowych pełnego napełniania zbiornika o max. pojemności 2900 m<sup>3</sup> i o maksymalnym piętrzeniu 4,3 m. Prace projektowe [Uproszczona... 2007] poprzedzono oceną stanu, którego część stanowiły badania i analizy geotechniczne [Badania... 2007]. Poza obecnością upustu dennego w zasadzie żaden z elementów zapory nie spełniał wymogów wynikających z kryteriów stawianych obiektom IV klasy ważności (tab. 1) [Rozporządzenie... 2007], do której ze względu na wysokość piętrzenia kwalifikuje się ta zapora.

**Tabela 1.** Zastawienie parametrów i zabezpieczeń zbiornika z wymogami dla obiektów IV klasy

Parametr zapory	Wymogi dla zapór IV klasy	Stan zapory w Potoczku
Uszczelnienie podłoża	jest wymagane	Brak
Ekran	jest wymagany	niewłaściwy i zniszczony
Drenaż podskarpowy	jest wymagany	Brak
Rów podskarpowy	jest wymagany	Brak
Przelew powierzchniowy	jest wymagany	mocno zniszczony
Wodowskazy	są wymagane	brak
Upust denny	jest wymagany	istnieje
Koryto upustu przelewowego	wymagane	brak
Nachylenie zboczy	min 1 : 1,5	1: 1,2
Wskaźnik zagęszczenia	min 0,92	0,71 - 0,97, śr. 0,86
Grunty organiczne	Niedopuszczalne	istnieją
Gęstości objętościowe gruntów	min 14,0 kN/m <sup>3</sup> (wg bad. Proctora)	12,0 – 17,4 KN/m <sup>3</sup>
Współczynnik stateczności	min 1,10	0,98
Dokumentacje i nadzór techniczny	są wymagane	brak

Dopuszczenie zbiornika do nawet krótkookresowego funkcjonowania wymagało podjęcia elementarnych prac. Jednakże potrzeby użytkowania obiektu w okresie zbliżającej się zimy wymuszały wykonanie zabezpieczeń warunkujących okresową trwałość zapory.

Specyfiką zbiornika jest jego mała pojemność 3 tys. m<sup>3</sup> i stosunkowo wysokie przepływy powodziowe, które przy prawdopodobieństwie  $Q_{5\%} = 3,2$  m<sup>3</sup>/sek [Operat... 1999] i przy dyspozycyjnej pojemności 1200 m<sup>3</sup> – uzyskiwanej w wyniku napełnienia o 2 m, poziom korony przelewu zostanie osiągnięty w czasie 10 minut. Szczególnym problemem tego przypadku jest groźny dla zapór ziemnych bardzo szybki przyrost i spadek naprężeń [Fell i in. 1992; Sims 2004].

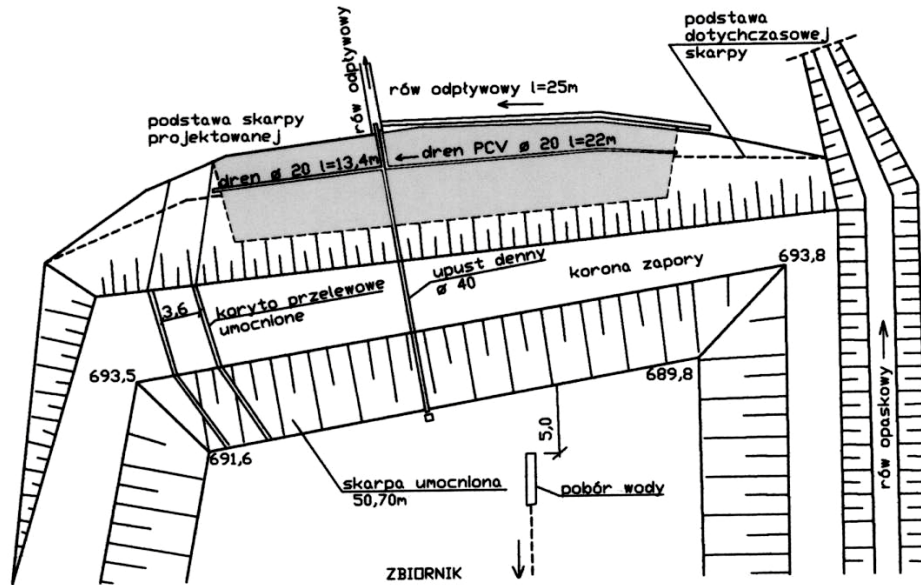
### POPRAWY STATECZNOŚCI ZAPORY

Zagrożenie utratą stateczności obiektu wynika z niespełnienia wielu wymogów podanych w tabeli 1, a w szczególności z powodu niskiego zagęszczenia korpusu, braku uszczelnień od strony wody górnej i braku drenażu. Z tego względu sprostanie doraźnym potrzebom użytkowym wymagało zastosowania rozwiązań niewymagających szczególnie specjalnych umiejętności wykonawcy i sprzętu. Podjęte podstawowe zmiany w tym zakresie obejmowały:

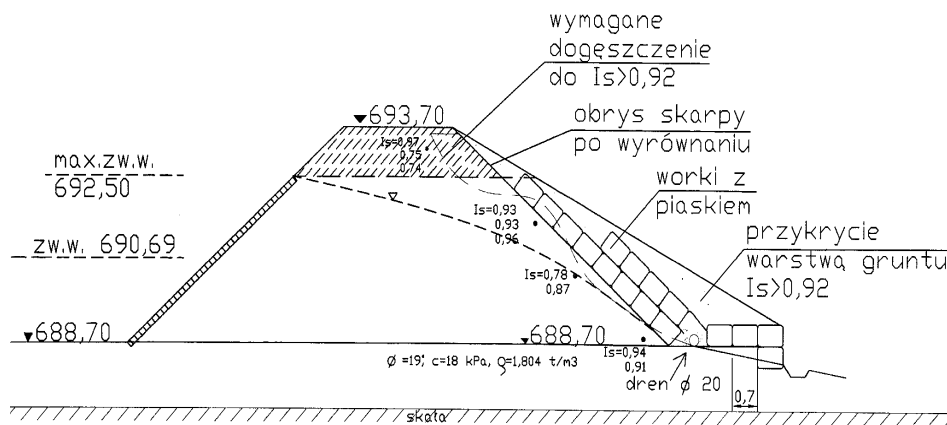
- wykonania drenażu i rowu odwadniającego poniżej zapory,
- poprawę stateczności skarpy odpowietrznej,
- dogęszczenia dostępnej górnej części korpusu zapory.

**Nadbudowa skarpy i odwodnienie.** Różnorodne formy umocnień skarp odpowietrznych, które w wyniku procesów filtracyjnych i innych współoddziaływań powodują najczęstsze awarie opisane są w licznych opracowaniach [Fell i in. 1992; Kledyński 2006; Mosiej 2002; Sims 2004; Żbikowski 1975]. Jednakże w niniejszym przypadku żadne z nich nie mogło być zastosowane, co m.in. wynikało z braku swobodnego dojazdu od strony wody dolnej oraz położenia granicy działki zapory na linii rowu poniżej zapory (rys. 1). Między innymi z tego względu zastosowane rozwiązanie (rys. 2) stanowi inny, nie opisywany dotychczas sposób naprawy zapory i poprawy jej stateczności.

Istotnym elementem było ułożenie powyżej rowu u podstawy skarpy zapory na wyprofilowanej płaszczyźnie poziomego umocnienia z 2–3 warstw worków wypełnionych pospółką. Ta zabudowana płaszczyzna stanowiła formę materaca i usztywniającego oparcia podstawy dosypanej warstwy gruntu, a jednocześnie znacząco zabezpieczała przed poślizgiem gruntów spoistych, odprowadzając przy tym wody infiltrujące z drenu do rowu podskarpowego (rys. 2).



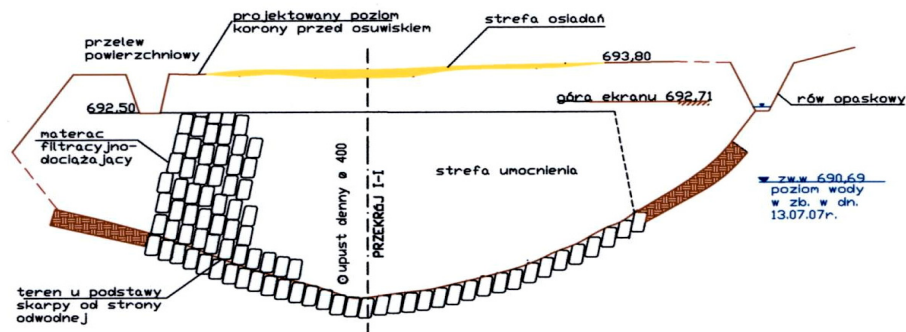
**Rysunek 1.** Plan zapory z projektowanymi elementami poprawiającymi stateczność  
**Figure 1.** Situation of dam and designed elements of corrected stability



**Rysunek 2.** Przekrój poprzeczny naprawianej zapory po wprowadzeniu projektowanych zmian  
**Figure 2.** Cross section of remounted dam after using designed elements

Piaszczystą obsypkę dostosowano do cech uziarnienia gruntów zapory (pospółki gliniaste) i osłonięto warstwą worków wypełnionych pospółką. Stateczność filtracyjną warunkował zaprojektowany pod warstwą worków drenaż rurowy, przejmujący wody infiltrujące przez korpus do strefy materaca dociążającego.

Dla poprawnego spełnienia wszystkich wymogów podanych w tabeli 1 zapora powinna być rozebrana i zbudowana od nowa. Jednakże oczekiwania użytkownika na spiętrzenie wody w okresie zbliżającej się zimy wymusiły uproszczone i szybki sposób naprawy. Wymagany pośpiech i ograniczenia techniczne powodowały, że zasadnicza naprawa odbywała się w warunkach zimowych (koniec listopada). Utrudniał to dodatkowo brak bezpiecznego dojazdu sprzętu po stromej skarpie i konieczność dostarczanie materiałów z korony zapory. Zasadnicze prace ziemne poprzedzono oczyszczeniem porostów z pozbawionej humusu skarpy oraz częściowym wyrównaniem pierwotnej powierzchni pofałdowanej osuwiskami (rys. 2).



**Rysunek 3.** Umocnienie skarpy odpowietrznej zapory matercem z worków z piaskiem  
**Figure 3.** Reinforcement of down stream slope using backs filled of sand – gravel mixture



**Fotografia 1.** Dowóz gruntu do nadbudowy skarpy. Głębokie koleiny powstały z braku pierwotnego zagęszczenia

**Photo 1.** Delivery of soil to additional storey of scarp. Deep of furrow results from small primary compaction

**Fotografia 2.** Skarpa odwodna z ułożoną warstwą materaca z worków z pospółką

**Photo 2.** Down stream slope constructed from bags continent sand –gravel mixture

**Fotografia 3.** Uformowany korpus zapory po wykonaniu prac ziemnych

**Photo 3.** Formed corps of dam after earth works

**Poprawa zagęszczenia.** Zastosowanie klinowanych z sobą 3 warstw worków napełnionych pospółką zapewniało dobrą spójną i powiązaną z sobą warstwę stabilizującą skarpe odwodnietną. Po dociężeniu jej gruntem uzyskano w korpusie skuteczny materac filtracyjny przejmujący miejscowe, czy strefowe wycieki wody filtrującej przez nieszczelności niezagęszczonej zapory (rys. 3). Dobudowanie tej warstwy przy nierównomiernych i niespotykanych niskich wskaźnikach zagęszczenia ( $I_s = 0,71$ ) umożliwiło okresowe zabezpieczenie

przed powstawaniem osuwisk, które przed remontem występowały przy ogólnych współczynnikach pewności rzędu 0,98 [Badania... 2007]. Z braku specjalistycznego sprzętu i stosunkowo dużego nachylenia nowo wykonanej powierzchni skarpy nie prowadzono na niej prac zagęszczających, które mogłyby być wykonywane albo metodą podciągania sprzętu mechanicznego poruszającego się z dołu do góry, albo ubijakami ręcznymi.

Zarówno wymogi czasowe i uwarunkowania termiczne, techniczne, a także możliwości finansowe spowodowały, że zrezygnowano z właściwego zagęszczania skarpy. Poprawiono jedynie zagęszczenie korony zapory (rys. 2, fot. 1, 3) i to głównie w wyniku ruchu pojazdów kołowych. Traktując rozwiązanie jako doraźny remont i uwzględniając opisane uwarunkowania w projekcie naprawy [Uproszczenia... 2007] nie narzucano uzyskania wymaganego wskaźnika zagęszczenia nadbudowanej skarpy zapory. Można jedynie ocenić, że przy zastosowanej technologii wbudowywania wskaźnik  $I_s$  wynosi ok. 0,88.

## PODSUMOWANIE

Poddana projektowi i naprawie konstrukcja ziemna zbiornika o wysokości 6 m i piętreniu 4,3 m zaliczana do IV klasy ważności stanowi nietypowy przypadek sposobu doraźnej poprawy stanu użytkowania, której elementy konstrukcyjne i urządzenia nie spełniają kryteriów określonych standaryzacją zapór. Poprawiono jedynie najistotniejsze zabezpieczenia decydujące o funkcjonowaniu zapór ziemnych, tj. zabezpieczenie przed skutkami niekontrolowanej filtracji i przed utratą stateczności skarpy odpowietrznej.

1. Innowacją budowlaną była realizacja remontu skarpy zapory z powierzchni korony o niespotykaniu stromym nachyleniu skarpy z powierzchni jej korony, co wynikało z ograniczonej granicą własności dostępnością dojazdu od strony odpowietrznej. Wymusiło to niekonwencjonalne prowadzenie prac związanych z układaniem klinowanego materaca z syntetycznych worków i umocowania stopy materaca u jego dolnej krawędzi, a także układania i formowania naskarpowego nasypu dociążającego.

2. Filtracyjną stateczność zapewnia rurowy drenaż u podstawy korpusu z filtrem odwrotnym dostosowanym do uziarnienia gruntów zapory, którego ponad 1,5 metrowe przykrycie gruntem zabezpiecza przed oddziaływaniem mrozu. Stateczność grawitacyjną poprawia zmiana nachylenia nadbudowanej skarpy z 1:1,2 do 1:1,8, a także powierzchniowe dogęszczenie korony.

3. W wyniku rocznej eksploatacji zbiornika, także w sezonie zimowym oraz kilku napełnień do korony przelewu nie stwierdzono zmian destrukcyjnych, deformacji skarpy odpowietrznej ani wysięków. Wykonane naprawy miały na celu tymczasowe zabezpieczenie zapory przed spodziewanym jej zniszczeniem. Planuje się przebudowę obiektu dostosowując go do wymogów przewidzianych dla obiektów IV klasy ważności.

## BIBLIOGRAFIA

- Fell R., Mac Gregor P., Stapeldon D. *Geotechnical Engineering of Embankment Dams*. Balkema, Rotterdam 1992.
- Kledyński Z., *Remonty budowli wodnych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.
- Mosiej K., *Obwałowania rzek zasady budowy, przyczyny uszkodzeń, przebudowa, odbudowa, wzmocnienie w okresie powodzi, kontrola wykonawstwa i utrzymanie. Ochrona przed powodzią*. Ministerstwo Środowiska, Jurata 2002, s. 111–176.
- Nowak P. *Operat wodnoprawny na pobór wody powierzchniowej do instalacji sztucznego zaśnieżania ze zbiornika wodnego na potoku Kłomica w km 13 + 900 w miejscowości Potoczek*. Świdnica 1999.
- Parylak K. *Badania geotechniczne wraz z oceną stanu i koncepcją modernizacji zapory zbiornika wodnego do potrzeb wyciągu narciarskiego w Potoczku w gminie Pieszyce*. Wrocław 2007.
- Parylak K. *Uproszczona dokumentacja projektowa w zakresie doraźnej poprawy warunków stateczności zapory czołowej zbiornika wodnego do potrzeb zaśnieżania stoku narciarskiego w Potoczku w gminie Pieszyce*. Wrocław 2007.
- Rozporządzenie Ministra OŚZNiL w sprawie warunków jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie Dz.U. Nr 86 z dn. 16.05. 2007 r. poz. 579.
- Sims G. P. *Rehabilitation of dams and appurtenant works, State of art and case histories*. Chapter 4, Earth and rockfill dams, International Commission on Large Dams, Bulletin no 119, CIGB 2004.
- Żbikowski A. *Ochrona przed powodzią*. Wyd. SITW i M, Warszawa 1975.

Dr hab. inż. Krzysztof Parylak prof. ndzw.  
Instytut Inżynierii Środowiska  
Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu

Recenzent: Prof. dr hab. Jerzy Kowalski