

Wpływ stanu technicznego na katastrofę zapory zbiornika wodnego Niedów

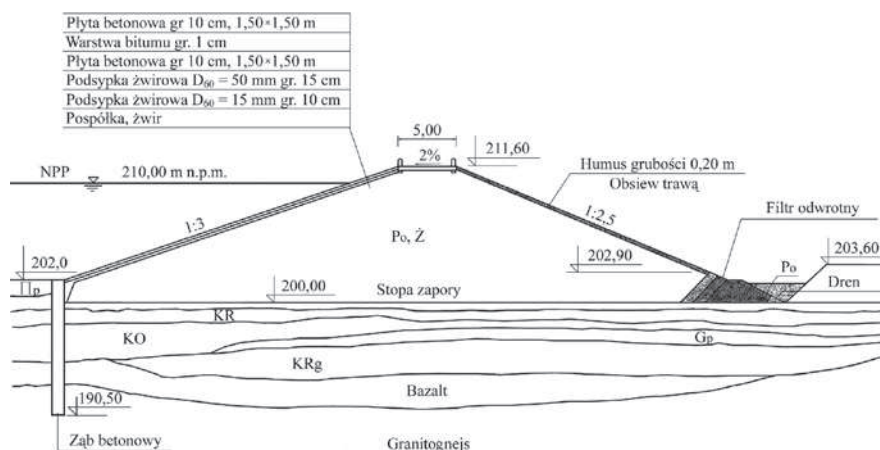
Dr hab. inż. Stanisław Kostecki, dr inż. Wojciech Rędownicz, dr inż. Jerzy Machajski, Politechnika Wroclawska

1. Wprowadzenie

7 sierpnia 2010 r. katastrofie uległa zaporę zbiornika Niedów na rzece Witce w odległości około 15 km na południe od miasta Zgorzelca. Bezpośrednią przyczyną było pojawienie się katastrofalnej fali powodziowej o objętości przekraczającej kilkakrotnie pojemność zbiornika. Zbiornik Niedów pełni ważne gospodarczo funkcje alimentacji w wodę Elektrowni Turów i zaopatrzenia w wodę rejonu Bogatyni, nadwyżki wody w zbiorniku wykorzystywane były do produkcji energii przez przystopniową elektrownię wodną. Powstały zbiornik, nazywany jeziorem Witka, był także wykorzystywany rekreacyjnie.

1. Opis konstrukcji stopnia

Stopień wodny Niedów zbudowano w latach 1959–1968, w km 2+800 biegu rzeki Witki. Cofka zbiornika sięgała miejscowości Wilka, około 400 m



Rys. 1. Przekrój poprzeczny przez zaporę Niedów [4]

od granicy z Czechami. W momencie oddania obiektu do użytku jego pojemność wynosiła 5,6 hm³, a powierzchnia zalewu 183 ha. W skład stopnia wodnego Niedów wchodziły: zaporę ziemną, blok upustowy, mała elektrownia wodna oraz pompownia do tłoczenia ujmowanej wody rurociągiem do Elektrowni Turów.

Rzędna korony zapory w obrębie bloku upustowego wynosiła 211,60 m n.p.m., a przy brzegach doliny była o 20 cm niższa. Zaporę miała wysokość maksymalną 16,70 m, a długość bez bloku upustowego 247,85 m. Nachylenie skarpy odwodnej wynosiło 1:3, a odpowietrznej 1:2,5. Zaporę ziemną została zbudowana



Rys. 2. Widok od strony wody górnej na zaporę i blok upustowy przed katastrofą [4]



Rys. 3. Widok od strony wody dolnej na zaporę i blok upustowy przed katastrofą [4]



Rys. 4. Stalowa konstrukcja segmentu [5]



Rys. 5. Widok wlotów do komory turbinowej [6]

z materiałów miejscowych, głównie pospółek i żwirów. Ze względu na ich duży współczynnik filtracji $k = 2,8 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, skarpa odwodna umocniona była dwiema warstwami płyt żelbetowych $150 \times 150 \times 10 \text{ cm}$ z przesunięciem o $1/4$ szerokości płyty. Dylatacje pomiędzy płytami wypełniono bitumem. Płyty ułożono na warstwie filtracyjnej z kruszywa bazaltowego. U stopy skarpy odwodnej płyty żelbetowe połączone były szczelnie z żelbetową ścianą o szerokości 1,0 m, tzw. zębem zapory, zagłębioną w litą skałę, tworzącą uszczelnienie przeciwfiltracyjne podłoża zapory. Na skarpie odpowietrznej ułożono drenaż z rowów wypełnionych pospółką i żwirem, który następnie przykryto warstwą humusu grubości 20,00 cm i obsiano trawą. Zapora zaopatrzona była w drenaż żwirowo-kamienny, przyrmowy, usytuowany wzdłuż jej dolnej krawędzi. Korona zapory o szerokości 5 m była ubezpieczona płytami betonowymi, które później przykryto warstwą asfaltową. Przekrój normalny przez zaporę ziemną przedstawiono na rysunku 1, widok od strony wody górnej i dolnej odpowiednio na rysunkach 2 i 3.

W środkowej części zapory znajdował się betonowy blok upustowy, połączony z korpusem ziemnym za pomocą przyczółków ze skrzydłami utrzymującymi skarpy zapory. Pod względem konstrukcyjnym, przyczółki stanowią mury oporowe płytowo-

-kątowe wykonane z betonu zbrojonego tylko w strefie rozciąganej betonu. W skład bloku upustowego wchodzi trzyprzęsłowy przelew o kształcie Creagera, dwa spusty w filarach przelewu, elektrownia wodna oraz ujęcie wody. Światła poszczególnych przelewów, szerokości 6,70 m każdy, zamykane są zamknięciami segmentowymi podnoszonymi do góry za pomocą tańcuchów drabinkowych. Korona przelewu usytuowana jest na rzędnej 204,00 m n.p.m. Przy rzędnej wody w zbiorniku na wysokości 210,00 m n.p.m. całkowity wydatek przelewu wynosi $502 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Poniżej przelewów znajduje się niecka wypadowa do rozpraszania energii kinetycznej strumienia wody. Segmenty na przelewach zapory Witka są zamknięciami głównymi o wysokości 6,60 m i rozpiętości 6,70 m. Stalowa konstrukcja segmentu składa się ze ściany piętrzącej, wykonanej z blachy stanowiącej odcinek walca o promieniu 7,82 m, stężonej pionowymi i poziomymi ażurowymi blachami. Ściana piętrząca jest oparta na dwóch ramowych dźwigarach głównych, których ramiona stężone są obustronnie pionowymi blachami. Ramiona oparte są na łożyskach segmentu zamocowanych do żelbetowych wsporników wystających ze ścian bocznych filarów i przyczółków przelewu (rys. 4).

Upusty denne o wysokości 2,00 m i szerokości 1,00 m są usytuowane w filarach przelewów i zamykane pła-

skimi zasuwami stalowymi. Maksymalny wydatek jednego upustu przy rzędnej piętrzenia 210,00 m n.p.m. nie przekracza $25,00 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a przy maksymalnym stanie wody dolnej osiąga zaledwie $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Dlatego też były one używane rzadko dla opróżniania zbiornika podczas prac remontowych oraz przewidywano ich wykorzystanie w okresie pojawienia się przepływów kontrolnych. Ujęcie wody z przepompownią znajduje się w lewej części bloku upustowego. Składa się z trzech wlotowych rurociągów stalowych o średnicy 1000 mm, o osi na rzędnej 203,50 m n.p.m, pomp o wale pionowym zainstalowanych w hali maszyn o wydajności $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ każda oraz rurociągu przesyłowego do Elektrowni „Turów” o średnicy 900 mm. Elektrownię usytuowano tuż obok ujęcia wody, po jego prawej stronie. Wlot do komory turbinowej znajduje się na rzędnej 207,60 m n.p.m (rys. 5). Turbiny typu Francis o osi poziomej i generatory zainstalowano na rzędnej 199,50 m n.p.m. Moc każdej z turbin wynosiła 400 kW, a przepływ instalowany $4,25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Na wlocie znajdują się wneki na zamknięcia remontowe, którymi są zasuwki płaskie z mechanizmami wyciągowymi.

2. Badania stanu technicznego i remonty stopnia

Przez ostatnie 25 lat obiekt był pod stałą opieką jednostek naukowych,

Tabela 1. Zestawienie prac remontowych na stopniu Niedów

Lp.	Data	Rodzaj prac
1.	1998–1999	Remont betonowych umocnień skarp koryta odpływowego
2.	2000–2001	Remont murów oporowych i filarów na segmentach
3.	2003–2004	Remont zamknięć segmentowych – wymiana 60% poszycia i tańcucha Galla, czyszczenie i malowanie antykorozyjne
4.	2003–2004	Remont wlotu do turbin, wymieniono skorodowane blachy na ścianach sztolni, uzupełniono ubytki betonu i wykonano malowanie
5.	2005	Remont powierzchni przelewów
6.	2005	Remont zasuw remontowych na ujęciach pompowni – prace podwodne
7.	2005	Wymiana zasuw na rurociągu tłocznym pompowni
8.	2005–2006	Budowa nowych zasuw przeciwwuderzeniowych oraz wymiana zasuw
9.	2005–2006	Remont ściany odwodnej pompowni na wysokości 2,5 m i korony zapory
10.	2009	Remont ekranu betonowego w strefie wahań wody i powyżej
11.	2009	Remont wsporników zamknięcia segmentowego
12.	2009	Wymiana nawierzchni drogowej na koronie zapory

które dokonywały ocen stanu technicznego, głównie Politechniki Warszawskiej i Politechniki Wrocławskiej. Ponadto wykonywane były coroczne, systematyczne pomiary geodezyjne przemieszczeń i pomiary stanów wody w piezometrach. Dla przedstawienia wpływu stanu technicznego na awarię zbiornika, istotne jest omówienie ich najważniejszych ustaleń.

2.1. Oceny stanu technicznego

Wykonana w 1988 roku przez Politechnikę Wrocławską ekspertyza techniczna trzech zamknięć segmentowych jazu na rzece Witka w Niedowie [3] obejmowała pomiary grubości elementów stalowych – poszycia, dźwigarów głównych i drugorzędnych oraz ramion i stężeń. Ponadto: określono przyczyny i ocenę zużycia korozyjnego, oraz stan uszczelnień dolnych i bocznych. Stwierdzono, że główną przyczyną korozji blach dźwigarów poziomych głównych i drugorzędnych był brak właściwego ich odwodnienia. Zalecono wymianę zużytych korozyjnie elementów, wymianę uszczelnień, udroźnienie odwodnienia przez wykonanie odpowiednich otworów w blachach dźwigarów i ramion segmentu oraz zabezpieczenie konstrukcji nową powłoką malarską. Ekspertyza stanowiła podstawę do wykonania projektu remontu i jego realizacji.

Opracowanie Politechniki Warszawskiej z roku 1990 [1] dotyczyło oce-

ny stanu technicznego konstrukcji betonowych oraz ziemnych w części nadwodnej i podwodnej budowli. W ramach przeprowadzonej oceny wykonano m.in. badania nieniszczące elementów betonowych stopnia i sondowania gruntów korpusu zapory, przeanalizowano wskazania aparatury pomiarowo-kontrolnej, wykonano obliczenia stateczności skarpy odpowietrznej zapory w dwóch najwyższych przekrojach kontrolowanych przez piezometry. W podsumowaniu przeprowadzonych prac badawczych i pomiarowych stwierdzono, że aktualny stan techniczny obiektów hydrotechnicznych nie stwarza zagrożenia ich bezpieczeństwa, jednocześnie są spełnione podstawowe warunki o nim decydujące, tj. posadowienie na mocnym podłożu, dobry jakościowo materiał gruntowy korpusu zapory i dobry stopień zagęszczenia, dobra szczelność zęba w stopie skarpy odwodnej oraz ekranu żelbetowego ułożonego na tej skarpie, prawidłową eksploatację obiektów i właściwie wykonywaną konserwację budowli.

Kolejne opracowanie [2] ukazało się w grudniu 2006 roku, po zakończeniu na tym obiekcie znacznej liczby prac remontowo-zabezpieczających. Uznano, że budowle hydrotechniczne stopnia wodnego Witka, znajdują się częściowo w dobrym stanie technicznym, za wyjątkiem wsporników zamknięć segmentów, które są spękane i mogą stać się przyczy-

ną awarii zamknięć i zagrozić bezpieczeństwu stopnia. Pilnie zalecono wykonanie badań zagęszczenia gruntu korpusu na całej wysokości zapory, aby stwierdzić czy rozluźnienie górnych warstw gruntu korpusu zapory w rejonie prawego przyczółka budowli upustowej powstało w wyniku infiltracji wód opadowych, czy wskutek filtracji wody ze zbiornika. W strefie tej zauważono również klawiszowanie płyt ekranu oraz znaczący stopień korozji powierzchniowej betonów na wszystkich płytach ekranu i zalecono ich remont. W konkluzji stwierdzono, że wyniki analizy wskazań sieci piezometrycznej potwierdzają dobrą szczelność ekranu żelbetowego na skarpie odwodnej zapory.

Kolejne prace Politechniki Wrocławskiej zostały wykonane na przełomie 2008/2009 roku. Pierwsza obejmowała ekspertyzę budowlaną [4] w zakresie: (i) analizy bezpieczeństwa wsporników zamknięć segmentowych w oparciu o badania na obiekcie oraz obliczenia numeryczne, na podstawie których wykazano, że przyczyną spękań jest uszkodzenie struktury betonu w wyniku oddziaływania wody, która przedostała się pod podstawę łożyska, (ii) oceny stateczności korpusu zapory ziemnej na podstawie badań geotechnicznych, w wyniku których stwierdzono, że stan zagęszczenia gruntów korpusu zapory jest bardzo dobry i zapora spełnia wymagania stateczności korpusu ziemne-

go, (iii) oceny betonowego ekranu szczelnego na podstawie niszczących i nieniszczących badań wytrzymałościowych – stwierdzono, że beton płyt spełnia wymagania projektowe, jedynie jego powierzchnia w strefie wahań wody w zbiorniku oraz dylatacje wymagają remontu. Na podstawie ekspertyzy wykonano projekty techniczne naprawy wsporników, naprawy płyt betonowych ekranu szczelnego oraz odwodnienia korony zapory. Drugie opracowanie [5] dotyczyło oceny zużycia łożysk segmentów. Po ich demontażu stwierdzono, że są w dobrym stanie technicznym i zalecono jedynie ich smarowanie w odstępach 3-miesięcznych. Dzięki systematycznie prowadzonym przez lata badaniom, obiekt doczekał się wielu remontów, co przyczyniło się do jego dobrej kondycji, aż do czasu pojawienia się powodzi w roku 2010. W tabeli 1. zestawiono przeprowadzone w ostatnich latach prace remontowe na stopniu Niedów [6].

Ostatnie opracowanie wykonane zostało po awarii w 2010 roku [6] przez Politechnikę Wrocławską, w którym dokonano analizy i oceny uszkodzeń oraz stwierdzono, że budowla upustowa w swojej dotychczasowej postaci może zostać wykorzystana w procesie prowadzonej odbudowy przedmiotowego obiektu hydrotechnicznego.

3. Ocena rozwiązań projektowych

Na podstawie istniejących materiałów archiwalnych, głównie rysunków budowlanych i wykonawczych

oraz monografii [7] zbiornika autorzy uważają, że ogólnie projekt został wykonany w zgodzie z obowiązującymi wówczas przepisami. Analizując rozwiązania konstrukcyjne w kontekście obecnych przepisów stwierdzono:

- w upustach dennych brak jest zamknięcia awaryjnego oraz remontowego,
- zauważono, że zamknięcia remontowe wlotów do komór turbin nie zabezpieczają pompowni przed przeleaniem się do niej wody podczas remontu turbozespołów, gdy te są zdemontowane, a zwierciadło wody w zbiorniku przekroczy poziom piętrzenia 210,20 m n.p.m.,
- obiekt został zaprojektowany na klasę drugą, a więc o 1 niższą niż to wynika z obecnych przepisów, co wiąże się z mniejszymi przepływami obliczeniowymi – konstrukcja urządzeń przelewowych umożliwi przepuszczenie przepływów: miarodajnego $Q_{1\%} = 500,00 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ i kontrolnego $Q_{0,1\%} = 655,00 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

4. Podsumowanie

Na podstawie analizy wyników badań i ekspertyz przeprowadzonych w ostatnim ćwierćwieczu oraz własnej znajomości stopnia wodnego Witka autorzy stwierdzają, że był on w dobrym stanie technicznym. Bieżące kontrole i naprawy oraz kompleksowe remonty przeprowadzone w ostatnich dziesięciu latach gwarantowały jego bezpieczną eksploatację. Przykład katastrofy zbiornika w Niedowie wskazuje, że budowle piętrzące, które były projektowane w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych według ówczesnych przepisów i wy-

tycznych, mogą nie zapewniać bezpieczeństwa. Jest to związane z przyjęciem za niskiej klasy budowli, brakiem przelewów bezobstugowych oraz gwałtownością występujących w ostatnim czasie zjawisk hydrologicznych. Szczególnie dotyczy to zbiorników energetycznych, które z założenia nie mają stałej rezerwy powodziowej.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Chrzanowski J., Chaciński Z., Adamczyk T., Ocena stanu technicznego stopnia wodnego w Niedowie na rzece Witce. Politechnika Warszawska, Warszawa 1990
- [2] Hrabowski W., Opyrczał L., Konwerska J., Analiza bezpieczeństwa zapory Witka, Hrabowski, Ekspertyzy projektowanie, Warszawa 2006
- [3] Kostecki S., Hotała E., Popow A., Zioberski J., Ekspertyza techniczna trzech zamknięć segmentowych jazu na rzece Witce w Niedowie. Politechnika Wrocławska, Wrocław 1988
- [4] Rędowicz W., Machajski J., Kostecki S., Wróblewski R., Puła O., Batóg A., Rędowicz J., Wysokowski A., Badania betonu wsporników oraz stopnia zużycia łożysk zamknięć segmentowych zapory wraz z technologią naprawy tych elementów, ocena zagęszczenia gruntu korpusu zapory oraz projekt remontu ekranu szczelnego i odwodnienia korony zapory Witka. Cz. 1. Raporty Instytutu Geotechniki i Hydrotechniki Politechniki Wrocławskiej., Ser. SPR nr 5, Wrocław 2008
- [5] Rędowicz W., Krawiec S., Kostecki S., Badania betonu wsporników oraz stopnia zużycia łożysk zamknięć segmentowych zapory wraz z technologią naprawy tych elementów, badanie zagęszczenia gruntu korpusu zapory oraz projekt remontu ekranu szczelnego i odwodnienia korony zapory Witka. Cz. 2. Badania stanu technicznego łożysk. Raport ser. SPR nr 7/2009 Instytutu Geotechniki i Hydrotechniki Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2009
- [6] Rędowicz W., Machajski J., Batóg A., Ekspertyza stanu technicznego zbiornika i zapory Witka po katastrofie budowlanej w dniu 07 sierpnia 2010 roku. Raport ser. SPR nr 8/2010 Instytutu Geotechniki i Hydrotechniki Politechniki, Wrocław 2010
- [7] Wnuk Z., Monografia zbiornika wodnego Witka. IMGW, Warszawa 1980

www.przegladbudowlany.pl/archiwum



Archiwum od ręki
 archiwalne spisy treści
 na stronach www