

Dr inż. Wojciech SZUDEK

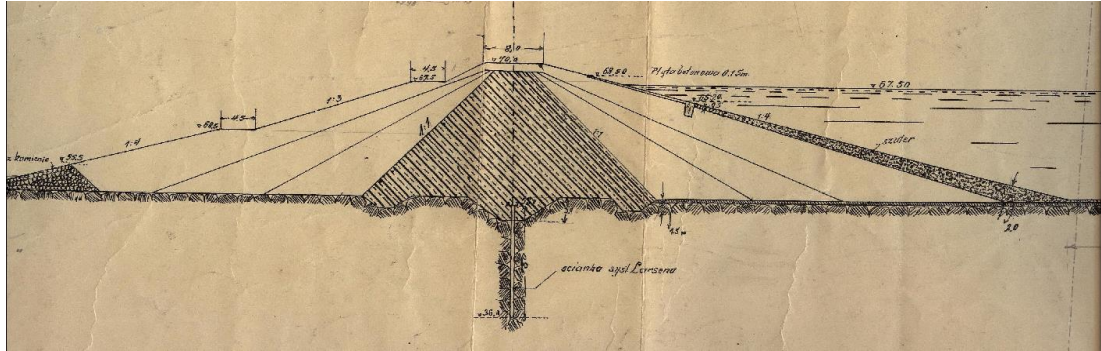
Dr inż. Witold STERPEJKOWICZ-WERSOCKI

Katedra Hydrotechniki, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika  
Gdańska

## DRENAŻ PIONOWY ZAPORY ZIEMNEJ W ŻURZE

Abstrakt: Rozwiązanie techniczne drenażu pionowego w podstawie skarpy odpowietrznej zapory ziemnej w Żurze. Zastosowanie zespołu studni. Wyniki obserwacji piezometrycznych. Wpływ na poprawę warunków wodno-gruntowych w zaporze.

Zaporę ziemną w Żurze wybudowano w latach 1928-1930. Piętrzy ona wody Wdy (Czarnej Wody) do rzędnej 67,5 m npm wprowadzając je do kanału derywacyjnego elektrowni wodnej Żur. Zaporę wykonano w dogodnym do przegrodzenia rzeki miejscu w wąskiej i głębokiej dolinie. Długość zapory w koronie wynosi 175 m, rzędna korony 70,0 m npm, rzędna podstawy około 52,0 m npm. Jest to zapora z rdzeniem, której korpus uformowano z gruntu gliniastego pochodzącego z wykopu kanału derywacyjnego. Poniżej podstawy rdzenia wykonano ściankę szczelną z profili Larsena do rzędnej 38,0 m npm. W podstawie skarpy odpowietrznej wykonano kamienny drenaż pryzmowy. W pobliżu prawego zbocza doliny usytuowano spust denny, posadowiony na rzędnej 52,0 m npm. Przekrój przez zaporę przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Przekrój poprzeczny zapory [3]

### Warunki filtracyjne w zaporze i przyczyny podjęcia prac modernizacyjnych

Głównym problemem technicznym są zjawiska filtracyjne w zaporze, a w szczególności podnoszenie się krzywej depresji, wynikające z kolmatacji systemu drenażowego. Pierwotnie wykonany w podstawie skarpy odpowietrznej drenaż pryzmowy funkcjonował przez około 40 lat. W latach siedemdziesiątych XX w. w związku z obserwowanym wzrostem ciśnień filtracyjnych w korpusie zapory zaprojektowano i wykonano drenaż z rur ceramicznych DN300 obejmujący swoim zasięgiem podstawę skarpy odpowietrznej oraz rejon wylotu ze spustów dennych. Zakres przeprowadzonych wówczas prac wiązał się z wykonaniem głębokich (do około 6 m) wykopów pod ciągi drenażowe w warunkach stałego piętrzenia wody w zbiorniku. Okres efektywnej pracy drenażu rurowego szacować można na kilkanaście lat. W tym okresie wydatki systemu drenażowego stopniowo malały przy jednoczesnym wzroście ciśnień w korpusie zapory. Dalsze prace związane z redukcją ciśnień filtracyjnych w korpusie zapory miały charakter lokalny i dotyczyły rejonu wylotu ze spustu dennego. W istniejących głębokich studniach, służących odwodnieniu zapory podczas wykonania drenażu rurowego, zainstalowano dwa lewary. Wpłynęły one na redukcję ciśnień filtracyjnych jedynie lokalnie. Podobnie

jak we wcześniejszych rozwiązaniach, tak i w tym przypadku po kilku latach zaobserwowano dodatnie przyrosty poziomu zwierciadła wody w korpusie zapory.



Rys. 2. Ogólny widok zapory Żur w okresie wykonywania robot

Stwierdzono, że przyczyną podnoszenia zwierciadła wody w korpusie zapory jest zjawisko kolmatacji urządzeń technicznych służących do obniżenia zwierciadła wody. Kolmatacja powodowana jest przez wytrącenie związków żelaza, czego efektem jest zmniejszanie przepuszczalności gruntów oraz zmniejszanie sprawności działania drenaży. Intensywność tego procesu zależy od stężenia związków żelaza i zawartości tlenu w wodzie i w gruncie. Pojawienie się zwiększonych zawartości tlenu, czyli napowietrzenie wody i warstwy wodonośnej spowodowane jest w analizowanym przypadku przez częściowo wypełniony wodą drenaż ze swobodnym wypływem. Możliwości zahamowania lub eliminacji kolmatacji instalacji odwodnieniowych sprowadzają się do ograniczenia napowietrzenia otoczenia przez

właściwe wymiarowanie i eksploatację instalacji odwodnieniowej. W związku z bardzo złożonym i trudnym do rozwiązania problemem cyklicznego pogarszania się funkcjonowania istniejących drenaży i związanego z tym wzrostem ciśnień filtracyjnych w korpusie zapory, przed przystąpieniem do projektu nowej instalacji drenażowej wykonano model matematyczny filtracji przez zaporę [2]. W modelu [2] przedstawiono trzy alternatywne, równoważne z hydrogeologicznego punktu widzenia, propozycje rozwiązań technicznych, dla których obliczono położenia wód gruntowych w piezometrach, wskazujące na uzyskanie zamierzonego celu. Ostatecznie wybrano wariant polegający na wykonaniu szeregu studni wierconych, praktyczny w eksploatacji i najatrakcyjniejszy ekonomicznie. Warunkiem poprawnej i długotrwałej pracy tego systemu jest uniemożliwienie przenikania powietrza do strefy posadowienia filtrów, w której odbywa się zmiana warunków przepływu wody z warstwy wodonośnej do rury filtracyjnej, zarówno w trakcie wykonawstwa jak i eksploatacji systemu.

### **Zastosowane rozwiązanie**

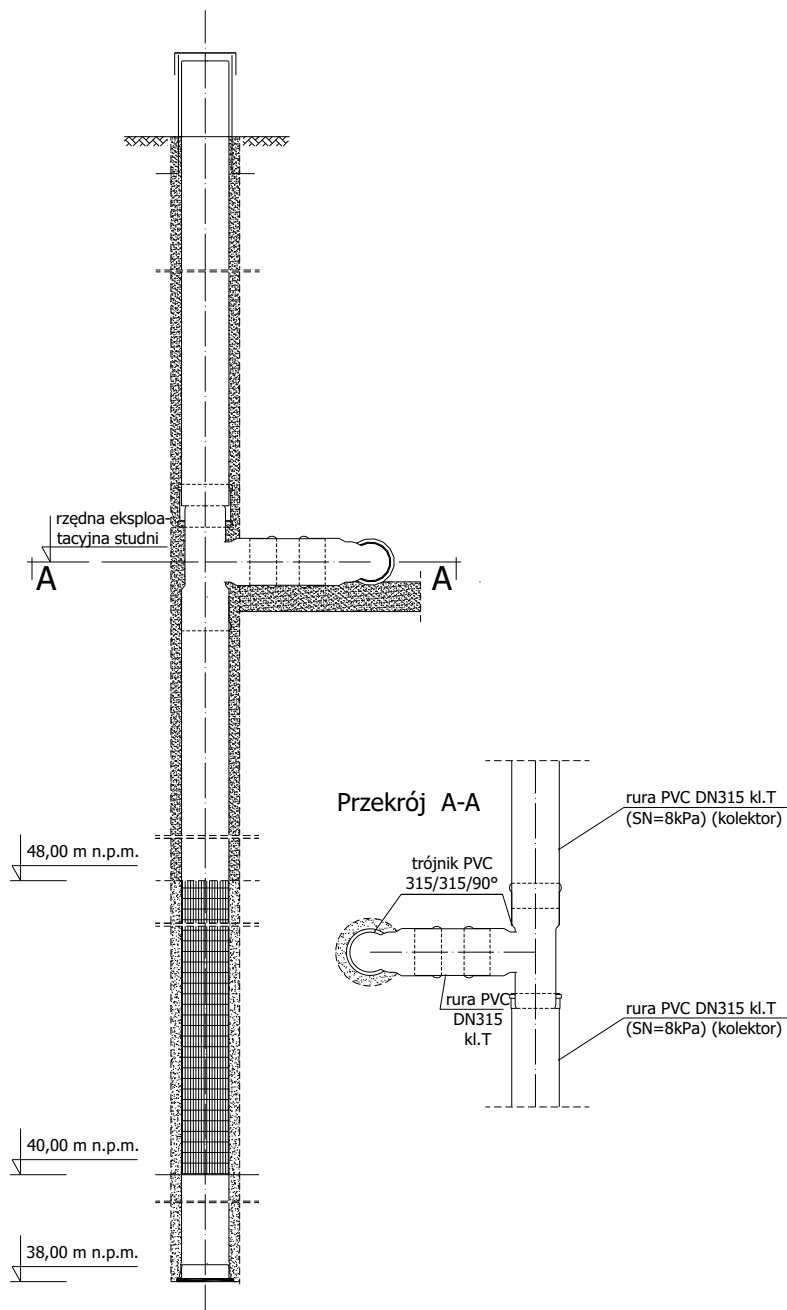
Ideą zaprojektowanego systemu drenażowego było ujęcie wód filtracyjnych na takich rzędnych, do których nie dochodzi powietrze. Dalsze odprowadzenie grawitacyjne tych wód w taki sposób, aby również do całej instalacji to powietrze się nie dostawało. Z każdej ze studni wodę odprowadzano na rzędnej niższej niż ciśnienie filtracyjne w danym miejscu, uzyskując zatopiony odpływ ze studni do kolektora. Dodatkowo kolektor na całym odcinku jest wypełniony wodą. Odpływ wody z kolektora do studni zbiorczej następuje poniżej rzędnej lustra wody na dolnym stanowisku zapory, co ma zabezpieczać przed dostaniem się powietrza do

kolektora. Cały układ musi być szczelny i będzie regulowany w sposób naturalny, na zasadzie naczyń połączonych, przez poziom wody dolnej poniżej zapory.



Rys. 3. Rury filtrowe

Zaprojektowano ogółem 13 studni wierconych w rozstawie co około 5,0 m, z czego 11 u podnóża lewej części zapory i 2 studnie u podnóża po prawej stronie zapory ziemnej. Długość studni zależnie od poziomu terenu w miejscu ich wykonania wahała się między około 15 a 21 m. Wszystkie studnie odwiercano do rzędnej 38,0 m npm w osłonie rury obsadowej DN500, po czym centralnie umieszczano w otworze rurę studni właściwej DN315, a pozostałą przestrzeń wypełniano obsypką filtracyjną. Zastosowany filtr szczelinowy oraz obsypka filtracyjna uzależnione były od składu granulometrycznego przewiercanych warstw.



Rys. 4. Schemat konstrukcji studni [1]

Część aktywną studni stanowi rura filtrowa o długości 8 m umieszczona pomiędzy rzędnymi 40,0 a 48,0 m n.p.m., natomiast w zakresie rzędnych 51,00 a 52,00 m n.p.m. umieszczono poziome odprowadzenia do kolektora odprowadzającego wody za pośrednictwem studni zbiorczej do dolnego stanowiska. Schemat konstrukcji studni pokazano na rys. nr 4.

Główne problemy wykonawcze wynikały z wysokiego poziomu wód gruntowych i potrzeby przebicia się z odwiertami przez warstwę narzutu kamiennego stanowiącego filtr zapory ziemnej o bliżej nieokreślonych parametrach; granulacji i położeniu. Również nachylenie stoku zapory, szczególnie na prawym zboczu stwarzało poważne trudności wykonawcze. Wykonanie kolektora łączącego poszczególne studnie wiązało się z wykonaniem głębokich wykopów dochodzących do 7,5 m ppt i ich odwodnieniem.



Rys. 5. Rozparcie wykopu

Prace wykonywano odcinkami o długościach 10 m w wykopach wąskoprzestrzennych w obudowie z rozparciem. Niezbędne do ich wykonania obniżenie zwierciadła wody gruntowej w obszarze odcinka robót polegało na wykorzystaniu w tym celu wykonanych uprzednio studni, do których zapuszczano zestaw pompowy. Pompowanie wody w ilości łącznej około 80 m<sup>3</sup>/h pozwoliło na

obniżenie lustra wody w studniach do rzędnej 50,0 m npm. Prowadzono równoległe pompowanie z co najmniej 4 studzien, z czego 2 w obrębie aktualnie wykonywanego odcinka wykopu.



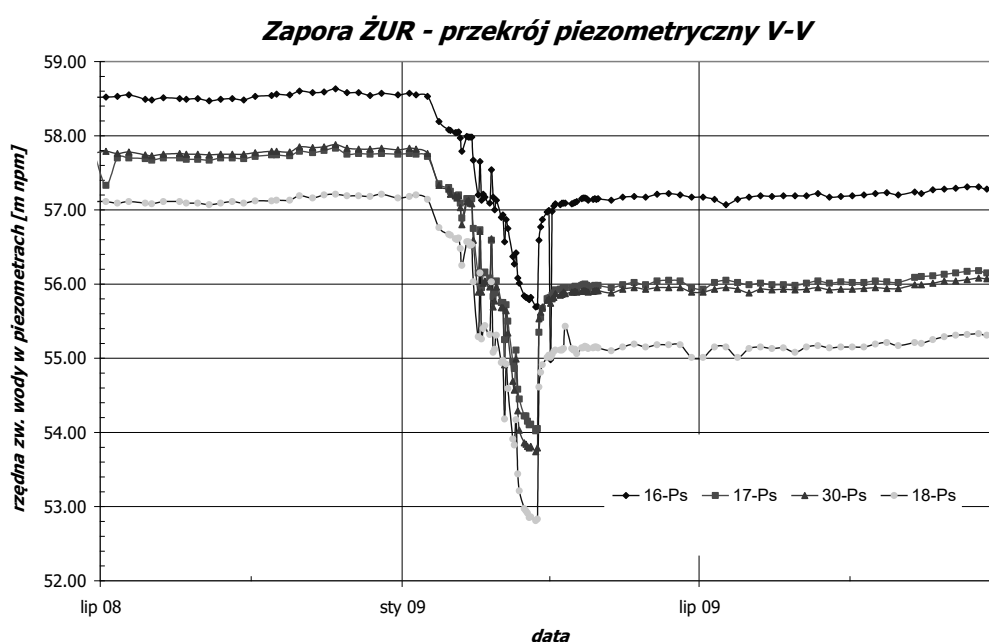
Rys. 6. Połączenie studni z kolektorem

### **Ocena skuteczności wykonanego drenażu i wnioski.**

Efektom wykonanych prac jest znaczne obniżenie poziomu zwierciadła wody gruntowej w obrębie zapory. Uzyskano podobne obniżenie jak za pomocą instalacji lewarowej. Obecnie jednak, wpływ wykonanych prac nie jest lokalny, a swoim zasięgiem obejmuje całą zapórę. Największe obniżenie poziomu średniego zwierciadła wody gruntowej przekraczające 1,5 m wystąpiło, co zrozumiałe, w piezometrach zlokalizowanych w rejonie podstawy skarpy odpowietrznej zapory. Piezometry usytuowane w koronie zapory wykazały obniżenie wynoszące około 1,0 m. Dobrze ilustruje to przykładowy wykres wahań zwierciadła wody (rys. nr 7) w



wybranych przekroju piezometrycznym. Widoczne na wykresie maksymalne obniżenie poziomu zwierciadła wody spowodowane było pompowaniem studni w okresie robót związanych z układaniem kolektora zbiorczego w odwadnianym wykopie. Po wyłączeniu pompowania studnie odprowadzają wody gruntowe do dolnego stanowiska grawitacyjnie. Widoczne jest to na wykresie w postaci dodatniego przyrostu położenia zwierciadła wody.



Rys. 7. Przykładowy wykres wahań zwierciadła wody [5]

Wykonany drenaż w postaci studni pionowych spełnia podobną funkcję, co pierwotnie wykonana kamienna pryzma drenażowa. Obecne rozwiązanie ma jednak, tę zaletę, że drenaż jest w całości zatopiony, przez co powietrze atmosferyczne nie ma dostępu do filtrów i w związku z tym kolmatacja tlenkami żelaza nie powinna występować.

Przedstawiony dla zapory w Żurze sposób rozwiązania problemu może stanowić dobry przykład właściwej kolejności i konsekwencji podejmowanych decyzji



dotyczących rozwiązywania złożonych problemów technicznych występujących na budowach pietrzących.

### **Literatura.**

- [1] Bolt A., Haftka J., Sterpejkowicz-Wersocki W., Sukowski T., Szudek W. – Projekt budowlany remontu drenaży zapory ziemnej w Żurze, Pracownia Projektowa Budownictwa Wodnego MEWPROJEKT, Jan Haftka, Brzuśce, 2007
- [2] Kot A., Granatowicz J., Podleśny A., Sukowski T. – Model obiegu wód w rejonie hydroelektrowni Żur, Pracownia Modelowania Hydrogeologicznego, Chwaszczyno, 2007
- [3] Materiały archiwalne z okresu budowy zapory Żur, Elektrownie Wodne Sp. z o.o. Samociążek, 1928
- [4] Szudek W., Sterpejkowicz-Wersocki W.,– Oceny stanu technicznego i stopnia bezpieczeństwa elektrowni wodnej Żur na rzece Wdzie, Specjalistyczne Przedsiębiorstwo Budowlane APRIM, Sopot, 2005 ÷ 2008
- [5] Szudek W., Sterpejkowicz-Wersocki W., – Ocena stanu technicznego i stopnia bezpieczeństwa elektrowni wodnej Żur na rzece Wdzie (w przygotowaniu), Pracownia Modelowania Hydrogeologicznego, Chwaszczyno, 2010
- [6] Szudek W., Szubstarski A., i inni – Oceny stanu technicznego i stopnia bezpieczeństwa elektrowni wodnej Żur na rzece Wdzie, Wydział Hydrotechniki (Wydział Inżynierii Środowiska, Wydział Budownictwa Wodnego i Inżynierii Środowiska) Politechniki Gdańskiej, Gdańsk, 1984 ÷ 2002