

*Jerzy Kowalski, Tadeusz Molski, Stanisław Serafin*

**BEZPIECZEŃSTWO EKSPLOATACJI  
MAŁYCH ZBIORNIKÓW WODNYCH  
NA PRZYKŁADZIE ZBIORNIKA W GOŁUCHOWIE**

---

***OPERATIONAL SAFETY OF SMALL WATER RESERVOIRS  
ON EXAMPLE OF GOŁUCHÓW RESERVOIR***

**Streszczenie**

W czasie wieloletniej eksploatacji obiektu prowadzone były i są systematyczne badania stosunków wodno-gruntowych i odkształceń korpusu zapory, przy wykorzystaniu piezometrów i reperów. Wskutek postępującego procesu samouszczelniania się czaszy zbiornika warunki wodno-gruntowe zapory uległy nieznacznej poprawie. Pomiary geodezyjne pozwoliły na ocenę przemieszczeń urządzeń upustowych i odkształceń korpusu zapory w okresie eksploatacji zbiornika.

**Słowa kluczowe:** zbiornik wodny, bezpieczeństwo eksploatacji

***Summary***

*The earth dam of water reservoir in Goluchów is equipped with essential measuring instruments. During long-term exploitation groundwater conditions researches have been carried out and dam's deformation have been measured using piezometers and repers. As a result of progressive self-sealing process of reservoir, some minor improvements of groundwater conditions of the dam has been observed. Geodetic measurements allowed to estimate a correctness of outlet facilities function during reservoir exploitation and dam deformation as well.*

**Key words:** water reservoir, exploitation safety

## **WPROWADZENIE**

Zapory ziemne, szczególnie małych zbiorników wodnych, są najczęściej budowane z materiałów miejscowych, często trudno zagęszczalnych oraz podatnych na destrukcyjne działanie wody [Rozporządzenie... 1996]. Z reguły lokalizowane są w bezpośrednim sąsiedztwie zabudowań i skupisk ludzkich oraz obiektów użytkowanych gospodarczo, jak na przykład stawy rybne. Zapewnienie bezpieczeństwa eksploatacji wymaga stałego nadzoru ze strony jednostki organizacyjnej odpowiedzialnej za eksploatację zbiornika [Czyżewski i in. 1973; Wiłun 1987]. Podstawowy zakres kontroli, których celem jest rejestracja i prognozowanie zjawisk, jakie mogą zagrozić katastrofą budowli oraz niekorzystnym oddziaływaniem na środowisko w otoczeniu zbiornika, obejmować powinien:

- okresowe przeglądy techniczne obiektu,
- pomiary przemieszczeń pionowych i poziomych oraz pochyleń,
- stały monitoring stanów wody podziemnej w korpusie zapory i w otoczeniu zbiornika, [Kowalski 1998; Wieczysty 1982] pomiary wydajności urządzeń odwadniających celem określenia sprawności drenaży i uszczelnień.

## **CHARAKTERYSTYKA TECHNICZNA OBIEKTU**

### **POŁOŻENIE I FUNKCJE ZBIORNIKA**

Zbiornik zaporowy „Gołuchów” położony jest na terenie Wysoczyzny Kaliskiej, w miejscowości Gołuchów, w odległości ok. 15 km od Kalisza. Zbiornik powstał w wyniku przegrodzenia rzeki Ciemnej zaporą ziemną na 5,6 km, licząc od ujścia do Prosny. Zaliczyć go należy do małych powierzchniowo, nizinnych i ciepłych zbiorników zaporowych. Głównym źródłem zasilania jest rzeka Ciemna oraz Rów Jedlec. Obiekt jest atrakcyjnie położony pod względem przyrodniczym, krajobrazowym i kulturowym. Bezpośrednie otoczenie zbiornika stanowią pola uprawne od strony zachodniej i południowej a od strony wschodniej tereny leśne (bór mieszany). Parametry zbiornika zestawiono w tabeli 1.

Dotychczasowa eksploatacja zbiornika potwierdza, iż zbiornik jest wykorzystywany głównie w celu wyrównywania niskich przepływów oraz w celach rekreacyjnych. Ze względu na niezadowalający stan jakości wód funkcja rekreacyjna nie może być w pełni realizowana.

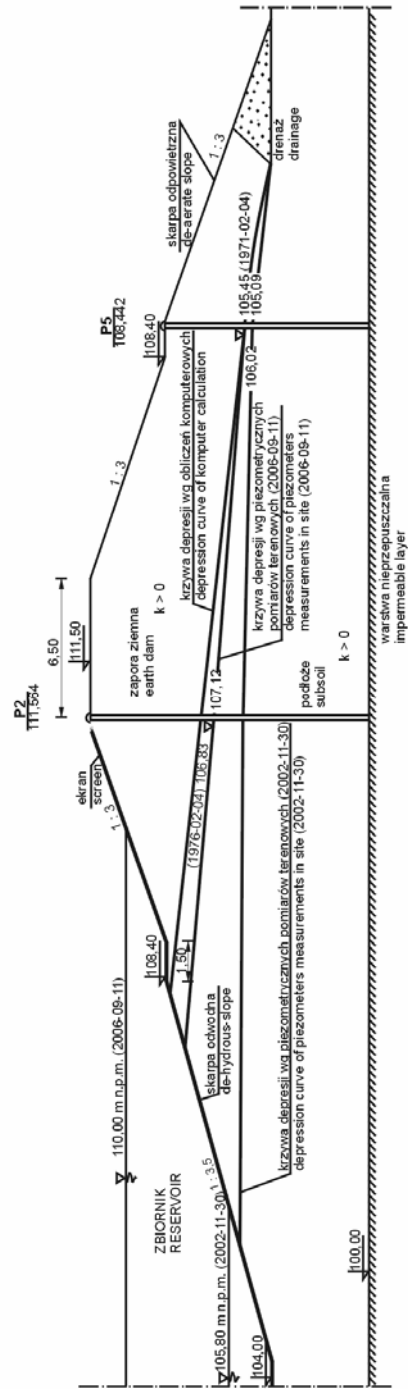
**Tabela 1.** Parametry techniczne zbiornika  
**Table 1.** Technical parameters of reservoir

powierzchnia (max. piętrzenie) surface (max. state)	57,5 ha
pojemność max. max. storage	1,6 mln m <sup>3</sup>
średnia głębokość (przy NPP) mean depth	2,7 m
głębokość max. (przy NPP) max. depth	7,0 m
średnia szerokość mean width	200 – 250 m
szerokość max. max. width	300 m
długość length	2800 m
rzędna normalnego piętrzenia normal state ordinate	110,0 m n.p.m.
rzędna minimalnego piętrzenia minimum state ordinate	108,0 m n.p.m.
rzędna forsownego piętrzenia with state ordinate	110,8 m n.p.m.
przepływ nienaruszalny poniżej zbiornika non-unbalanceflow in river	0,06 m <sup>3</sup> * s <sup>-1</sup>

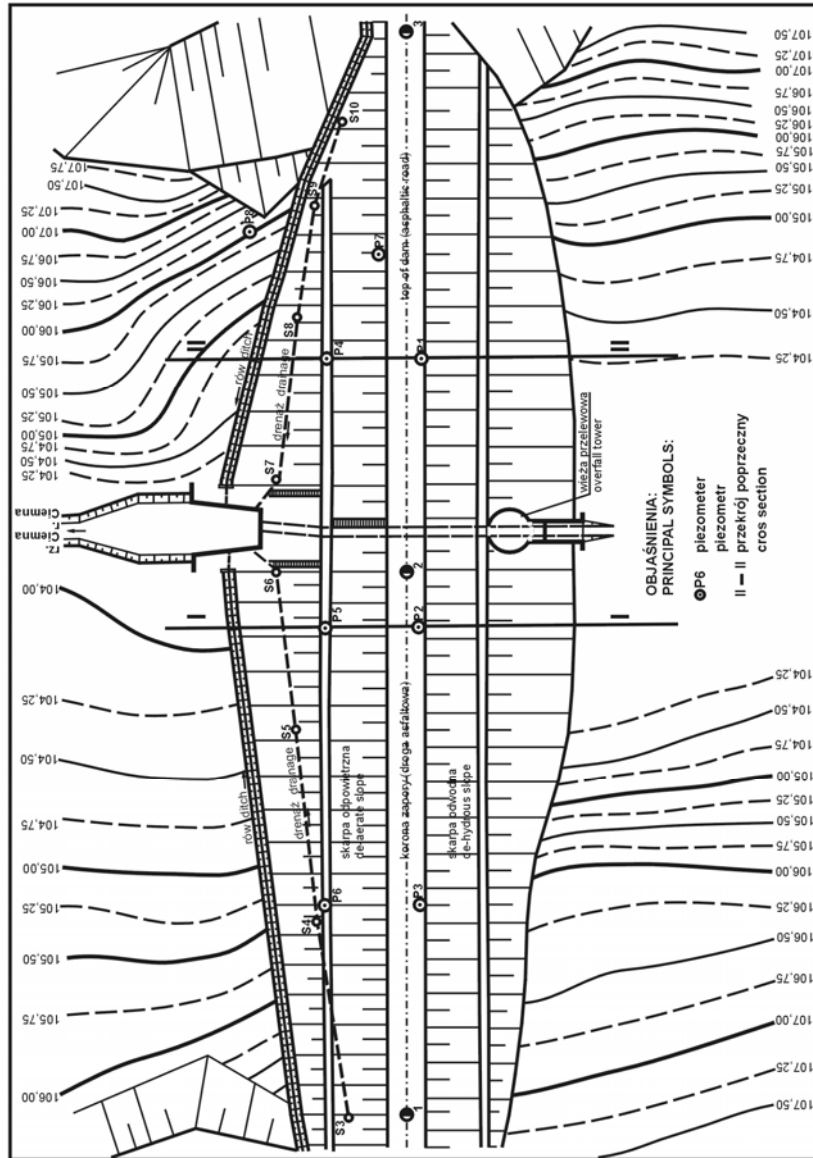
### ZAPORA ZIEMNA

Korpus zapory wykonano z piasków drobnych i średnich. Korona zapory o szerokości 6,50 m wyniesiona została na rzędną 111,50 m n.p.m. Nachylenie skarpy odpowietrznej wynosi 1:3. Na skarpie tej wykonano ławeczkę o szerokości 1,5 m na rzędnej 108,40 m. Taka sama ławeczka została wykonana na skarpie odwodnej, której nachylenie powyżej ławeczki wynosi 1:3, poniżej 1:3,5. Umocnienie i uszczelnienia zapory od strony odwodnej stanowią płyty żelbetowe ułożone na warstwie chudego betonu. Od strony odpowietrznej skarpa została obsiana mieszanką traw. Po koronie zapory poprowadzona została droga utwardzona z płyt betonowych o szerokości 3,5 m wraz z chodnikiem o szer. 1,75 m od strony odwodnej (rys. 1).

Odwodnienie zapory tworzą rów opaskowy oraz drenaż rurowy poziomy o średnicy 30 cm. Drenaż służy do ujęcia wód filtracyjnych w sposób zabezpieczający korpus zapory i podłoże przed szkodliwymi zmianami strukturalnymi gruntu wywołanymi przez wodę oraz do obniżenia ciśnień porowatych w zapory i podłożu. Typowy przekrój zapory przedstawiono na rysunku 1.



**Rysunek 1. Przekrój zapory zbiornika Goluchów**  
**Figure 1. Section of Goluchów reservoir dam**



**Rysunek 2.** Zapora ziemna zbiornika Gotuchów – lokalizacja piezometrów  
**Figure 2.** Earth dam of Gotuchów reservoir – piezometers location

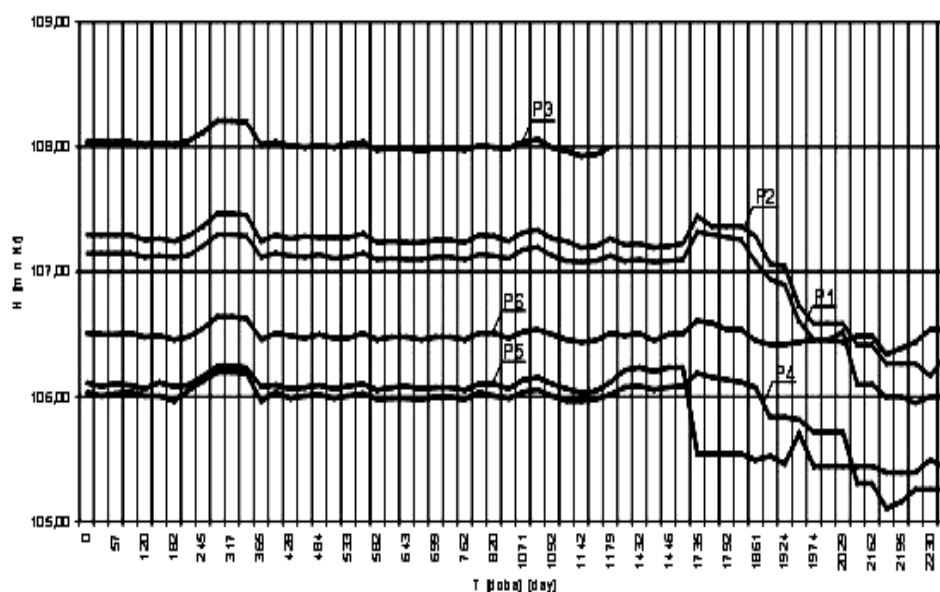
## URZĄDZENIA KONTROLNO-POMIAROWE I ZAKRES OBSERWACJI

Zapora wyposażona została w czterech przekrojach poprzecznych w 8 piezometrów, przy których zlokalizowano repery w celu pomiarów przemieszczeń elementów korpusu zapory. Lokalizację piezometrów przedstawiono na rysunku 2, a reperów na rysunku 6. Z uwagi na parametry techniczne i cechy terenu poniżej zbiornika, zapora ziemna w Gołuchowie zaliczona została do III klasy ważności.

Pomiary stanów wody w piezometrach wykonywane są w okresach tygodniowych przez służby użytkownika i weryfikowane są przez autorów artykułu. Na podstawie okresowych przeglądów technicznych i pomiarów kontrolnych opracowywane są roczne raporty, zawierające ocenę stanu technicznego i bezpieczeństwa obiektu [Badania ... 2002].

## KSZTAŁTOWANIE SIĘ STANÓW WODY W KORPUSIE ZAPORY

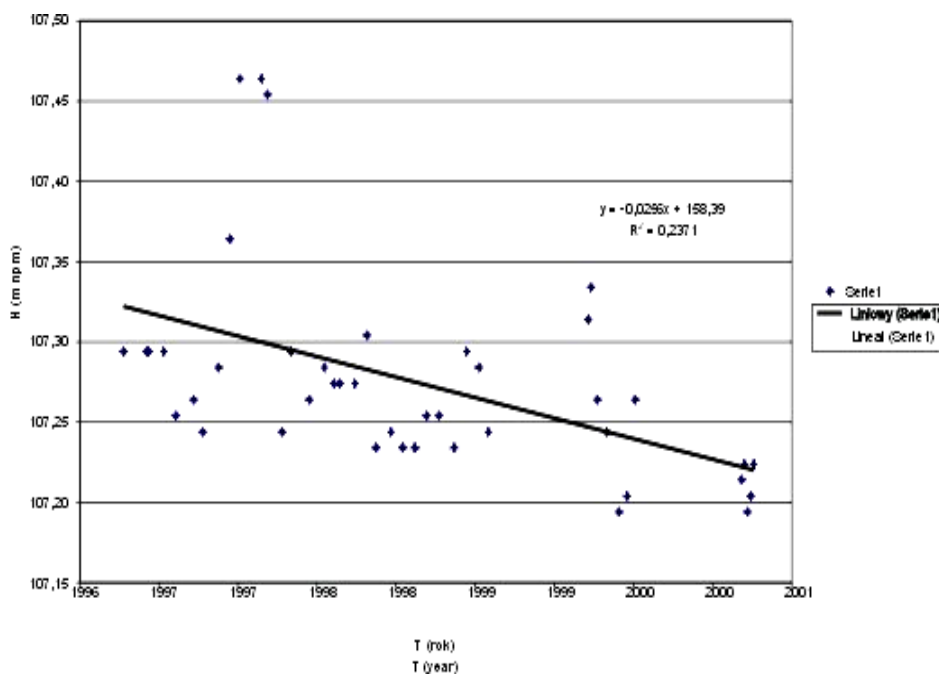
Pomiary stanów wody w piezometrach prowadzone są w sposób ciągły od 1986 roku. Zmienność stanów wody w okresie 1986–2006 przedstawiono na rysunku 3.



Rysunek 3. Zmienność stanów wody w korpusie zapory Gołuchów  
Figure 3. Water states variation in Gołuchów dam

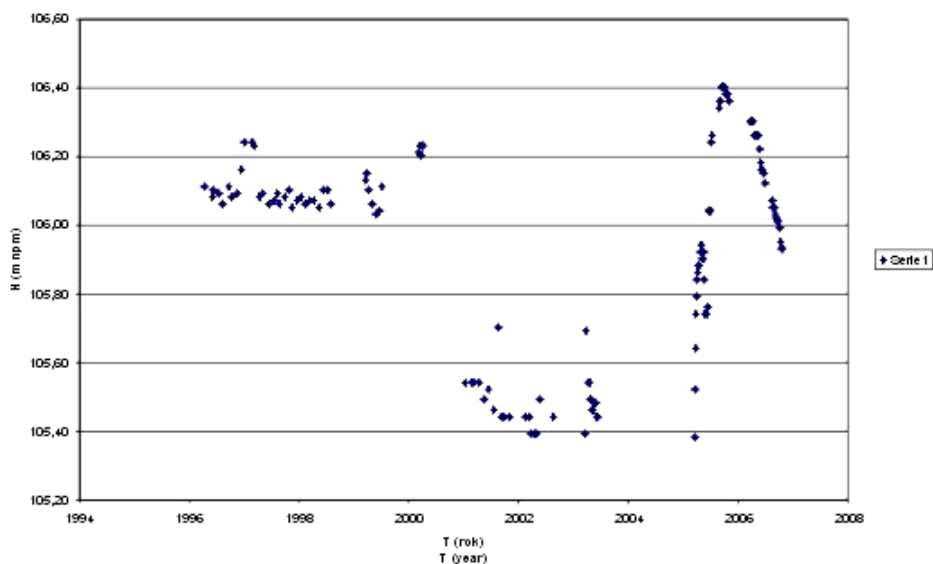
Amplitudy wahań obserwowanych poziomów zwierciadła wody piezometrów P1–P8 wynosiły  $\Delta H = 0,47 \div 1,10$  m przy amplitudzie stanów wody w zbiorniku napełnionym  $\Delta H = 1,27$  m. W roku 2004 z uwagi na prace remontowe urządzeń upustowych zbiornik został opróżniony. Po ponownym napełnieniu dały się zaobserwować podwyższone, w stosunku do stanów przed wykonaniem remontu, piezometryczne stany wody w korpusie zapory, spowodowane zmianą stanu szczelności (zakolmatowania) czaszy w zasięgu prac remontowych.

Z wykresów stanów wody w piezometrze P8 wynika, że stany wody podziemnej na terenie poniżej zapory mają reżim własny, niezależny od piętrzenia wody w zbiorniku. Najsilniej na zmiany piętrzenia wody w zbiorniku reagują piezometry w przekrojach części środkowej zapory (przekroje I–I i II–II). Zmiany stanów wody w piezometrach 2 i 5 pokazano na rysunkach 4 i 5.



**Rysunek 4.** Stany wody w piezometrze P2 przy NPP (109,90–110,10 m n.p.m.) w zbiorniku Gołuchów, w latach 1996–2006

**Figure 4.** Water states of piezometers P2 by the dunning up level (109,90–110,10 m above see level) in Gołuchów reservoir, in 1996–2006 years



**Rysunek 5.** Stany wody w piezometrze P5 przy NPP (109,90–110,10 m n.p.m.) w zbiorniku Gołuchów, w latach 1996–2006

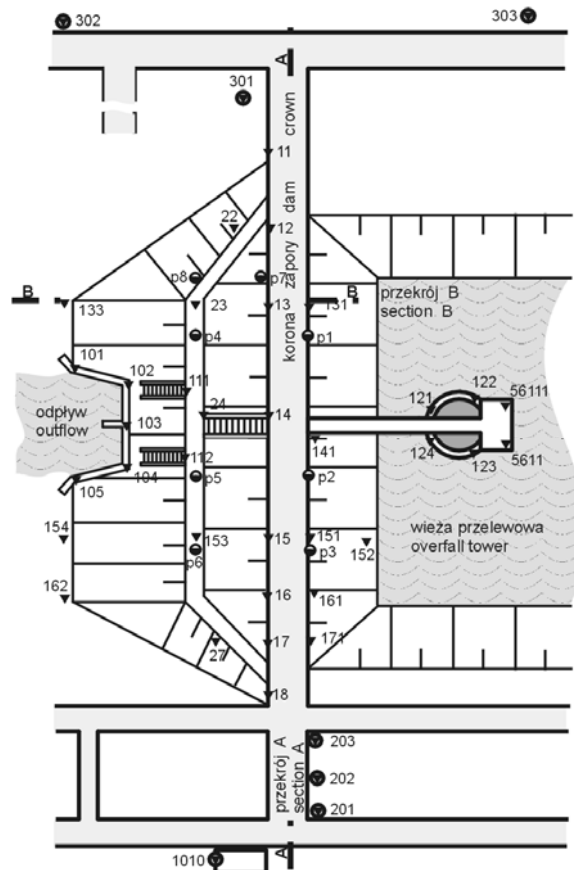
**Figure 5.** Water states of piezometers P5 by the dumming up level (109,90–110,10 m above see level) in Gołuchów reservoir, in 1996–2006 years

Na przekroju poprzecznym zapory I–I (rys. 1) wykreślono krzywe depresji wg obliczeń, stanu z 1976 roku oraz na podstawie pomiaru z dn. 11.09.2006 r. przy NPP. Według pomiaru terenowego z dn. 23.10.2006 r., przy stanie piętrzenia w zbiorniku 110,00 m n.p.m., natężenie wypływu z drenażu zapory wynosiło: skrzydło lewe –  $533 \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , skrzydło prawe  $600 \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Nieduże wartości wypływów świadczą o szczelności zapory i jej podłoża oraz czaszy zbiornika. Kształtowanie się piezometrycznych stanów wody w piezometrach nr 1–6 w latach 1996–2006 wskazuje, że do roku 2000 piezometryczne stany wody charakteryzowała mała amplituda wahań (rys. 3, 4 i 5). Później do roku 2003 nastąpiło obniżenie się poziomów o ok. 0,3–1,0 m wskutek intensywniej postępującego procesu samouszczelniania się zbiornika, któremu sprzyjały niższe stany piętrzenia (niższe prędkości przepływów). Wskutek naruszenia w czasie robót remontowo-konserwacyjnych struktury osadu dennego czaszy wystąpiły ponowne przyrosty tych poziomów po roku 2004 o ok. 0,5 m. Stany wody obniżały się w końcowym okresie obserwacji (do roku 2006) na skutek ponownego gromadzenia się osadów w dnie czaszy zbiornika.



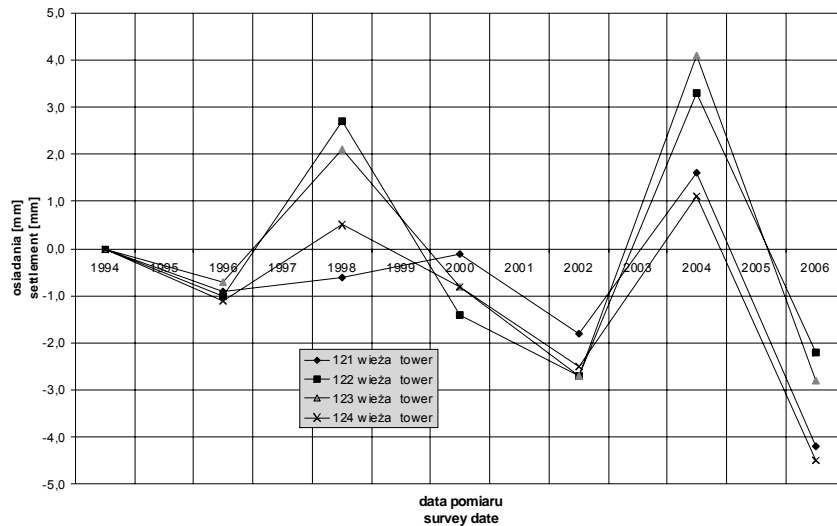
## ODKSZTAŁCENIA ZAPORY I PRZEMIESZCZENIA URZĄDZEŃ UPUSTOWYCH

Obserwacje geodezyjne realizowane przez pracowników Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu prowadzone są od 1994 roku i są one wznowieniem prac prowadzonych wcześniej po wybudowaniu zbiornika [Balawejder i in. 1989; Instrukcja wewnętrzna 1973]. Pierwszy pomiar kontrolny po dokonaniu modernizacji i uzupełnieniu sieci został wykonany w grudniu 1994 roku, a kolejne pomiary wykonywano w odstępach dwuletnich w miesiącach wrzesień–październik. Sieć kontrolno-pomiarowa składa się z grupy reperów odniesienia usytuowanych po obu stronach zapory. Wszystkie repery odniesienia są reperami wierconymi z wyjątkiem repera nr 1010, który jest reperem ściennym, należącym do sieci reperów państwowych. Lokalizacje reperów kontrolowanych przedstawiono na rysunku 6.

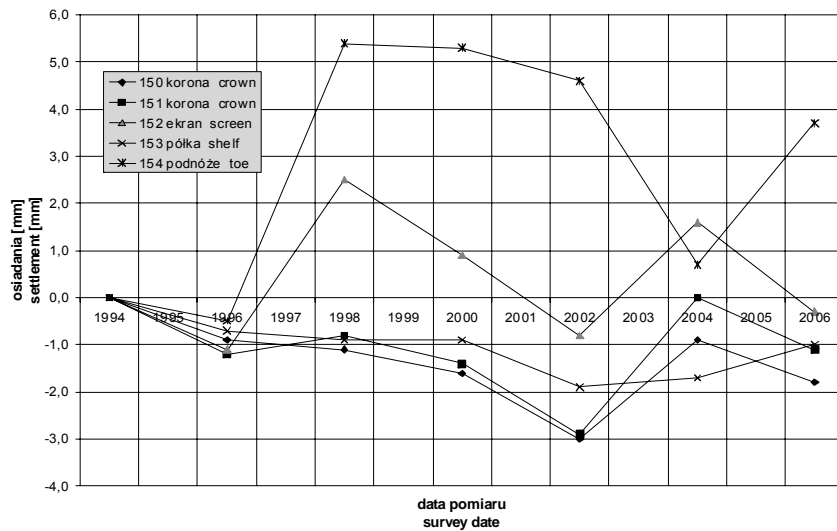


**Rysunek 6.** Schemat lokalizacji reperów na zaporze Gołuchów (2006 rok)  
**Figure 6.** Bench-mark location in Gołuchów dam (2006 year)

Na rysunkach 7 i 8 przedstawiono wykresy osiadań reperów usytuowanych w koronie wieży przelewowej oraz w przekroju kontrolnym I, obejmującym repery 15, 151, 152, 153 i 154.



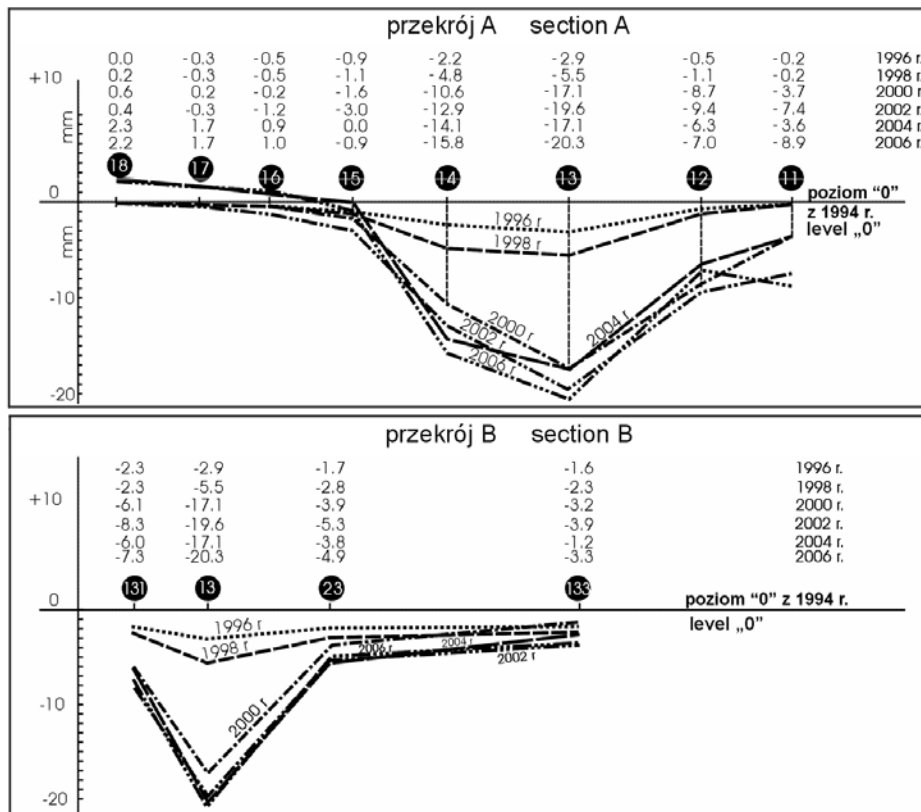
**Rysunek 7.** Wykres osiadań reperów wieży przelewowej zbiornika Gołuchów  
**Figure 7.** Settlement diagram of overflow bench-marks



**Rysunek 8.** Wykres osiadań reperów w przekroju I zbiornika Gołuchów  
**Figure 8.** Settlement diagram of bench-marks in cross-section I

Analiza osiadań reperów usytuowanych w koronie wieży przelewowej pozwala stwierdzić, że w latach 1998 i 2004 występują wyraźne przemieszczenia dodatnie i o dość sporym zróżnicowaniu co do wartości. Przyczyna takiego stanu tkwi w tym, że obserwacje w 1998 roku wykonano przy niepełnym napełnieniu, a w 2004 roku przy całkowicie opróżnionym zbiorniku.

Podczas obserwacji wykonanej w 2000 roku zaobserwowano wyraźnie większe od pozostałych reperów osiadania repera nr 13 i reperów w jego najbliższym otoczeniu. Usytuowanie reperów oraz wykres ilustrujący przebieg osiadań w kolejnych latach pokazano na zbiorczym rysunku 9. Z analizy wykresu można wnioskować, że osiadanie repera 13 ma charakter lokalny, ale odnosi się w pewnym stopniu do całego prawego skrzydła zapory. Obserwacje wykonane w latach kolejnych wskazują, że nastąpiło wyraźne wygaszenie tempa obniżania się tych reperów.



**Rysunek 9.** Wykresy osiadań reperów w charakterystycznych przekrojach zapory ziemnej  
**Figure 9.** Settlement diagram of bench-marks in characteristic-section of earth dam

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na podstawie analizy zebranego materiału obserwacyjnego przedstawionego na wykresach ilustrujących przebieg procesu osiadania oraz zmian stosunków wodno-gruntowych można sformułować następujące wnioski:

– Największe osiadania wykazują repery w koronie zapory, natomiast w mniejszym stopniu osiadają repery stabilizowane u podnóża zapory, a minimalne, ale osiadania, wykazują repery stabilizowane na przedpolu około 40–50 metrów od zapory.

– Osiadania reperów znajdujących się na budowli wykazują duży stopień podobieństwa, co świadczy o sztywności bryły i stabilności przestrzennej budowli.

– Charakterystyczny jest sposób reakcji budowli zapory i budowli betonowej na odciążenie naporu wody zaobserwowane na obiekcie w 2004 roku. Po opróżnieniu zbiornika wystąpiło wyraźne wypiętrzenie reperów i budowli, na których zostały one osadzone. Po ponownym napełnieniu zbiornika następuje wyraźna reakcja w kierunku skompensowania zaistniałego wypiętrzenia, ale pełna kompensacja następuje dopiero po kilku latach.

– Dynamika zmian piezometrycznych stanów wody w czasie eksploatacji wskazuje na poprawę stosunków wodno-gruntowych korpusu zapory. Zmniejszenie się wypływu z drenaży zapory w czasie eksploatacji o ok. 60% również potwierdza poprawę warunków wodno-gruntowych obiektu.

– Korzystne zmiany warunków wodno-gruntowych, intensywniejsze w początkowej fazie eksploatacji, świadczą o samouszczelnianiu się zbiornika wskutek kolmatacji.

## BIBLIOGRAFIA

- Badania stosunków wodno-gruntowych oraz odkształceń zapory ziemnej zbiornika wodnego w Kobylej Górze.* Instytut Inżynierii Środowiska, Akademia Rolnicza we Wrocławiu (opracowania w okresie 1984–2002r), 2002.
- Balawejder A., Kowalski J., Molski T., Serafin S. *Analiza przemieszczeń, odkształceń i przesiąków zapory ziemnej zbiornika wodnego w okresie jego eksploatacji na podstawie obliczeń i badań terenowych.* Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, 1989.
- Czyżewski K., Wolski W., Wójcicki S., Żbikowski A. *Zapory ziemne.* Arkady, Warszawa 1973.
- Instrukcja wewnętrzna. *Geodezyjne wyznaczenie pionowych przemieszczeń budowli metodą niwelacji precyzyjnej.* Geoprojekt, Warszawa 1973.
- Kowalski J. *Hydrogeologia z podstawami geologii.* Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu 1998.
- Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 20.12.1996 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane gospodarki wodnej i ich usytuowanie.*
- Wieczysty A. *Hydrogeologia inżynierska.* Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1982.
- Wiłun Z. *Zarys geotechniki,* WKiŁ, Warszawa 1987.

prof. dr hab. inż. Jerzy Kowalski  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Instytut Inżynierii Środowiska  
50-363 Wrocław  
Pl. Grunwaldzki 24  
tel.: 071 3205591  
e-mail: kowalski@iis.ar.wroc.pl

dr inż. Tadeusz Molski  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Instytut Inżynierii Środowiska  
50-363 Wrocław  
Pl. Grunwaldzki 24  
tel.: 071 3205586  
e-mail: molski@iis.ar.wroc.pl

dr inż. Stanisław Serafin  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Instytut Geodezji i Geoinformatyki  
50-357 Wrocław  
ul. Grunwaldzka 53  
tel.: 071 3205679  
serafin@kgf.ar.wroc.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Tadeusz Bednarczyk*