

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.

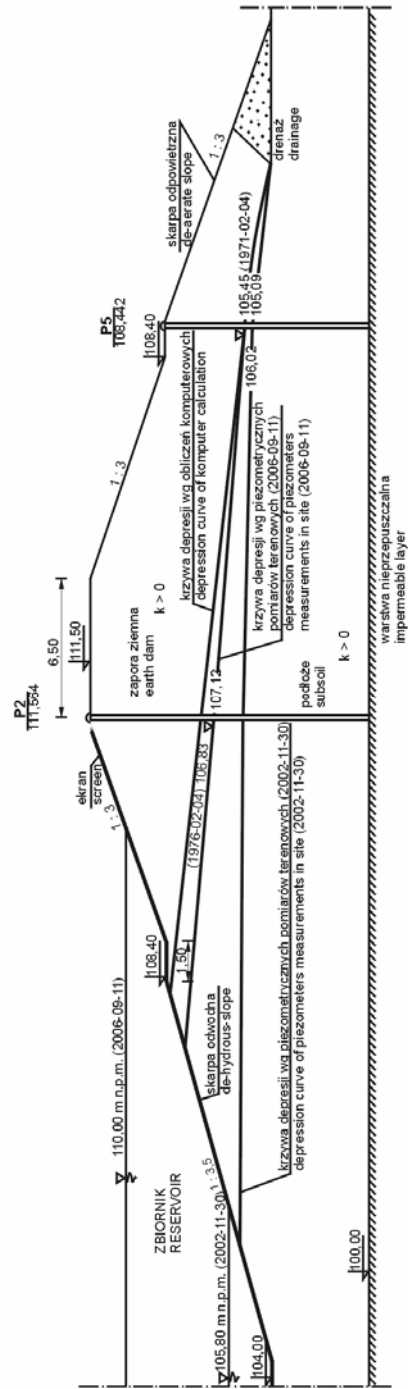
Tabela 1. Parametry techniczne zbiornika
Table 1. Technical parameters of reservoir

powierzchnia (max. piętrzenie) surface (max. state)	57,5 ha
pojemność max. max. storage	1,6 mln m ³
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 ³ * s ⁻¹

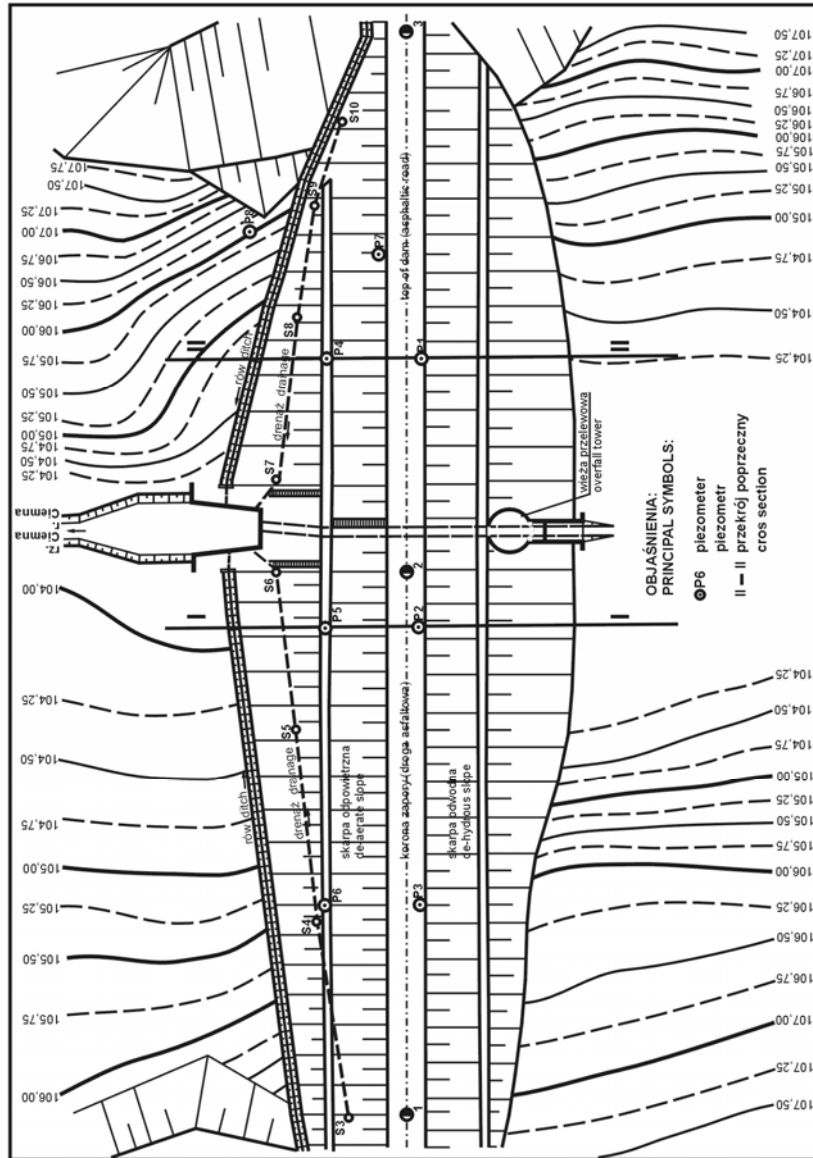
ZAPORA ZIEMNA

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

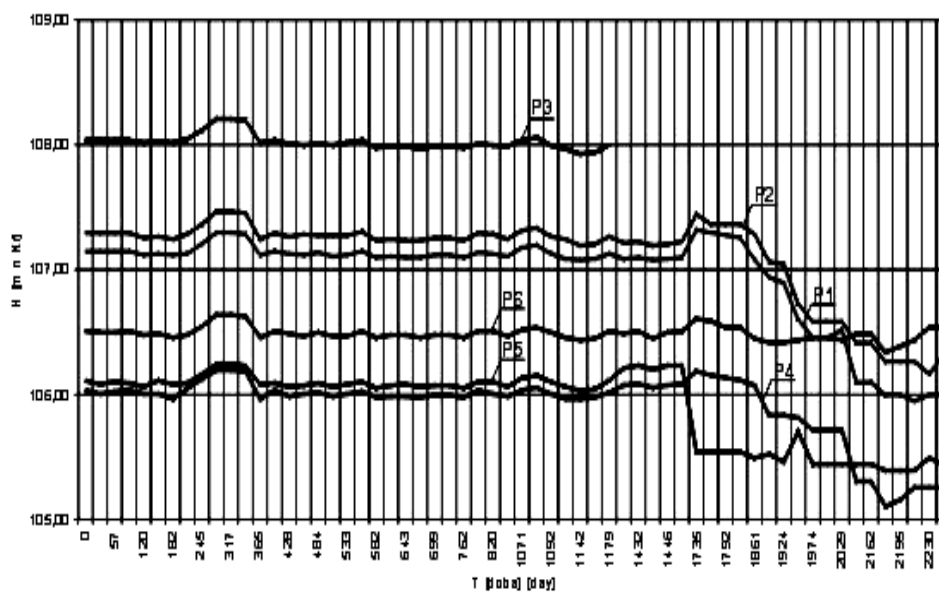
URZĄDZENIA KONTROLNO-POMIAROWE I ZAKRES OBSERWACJI

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

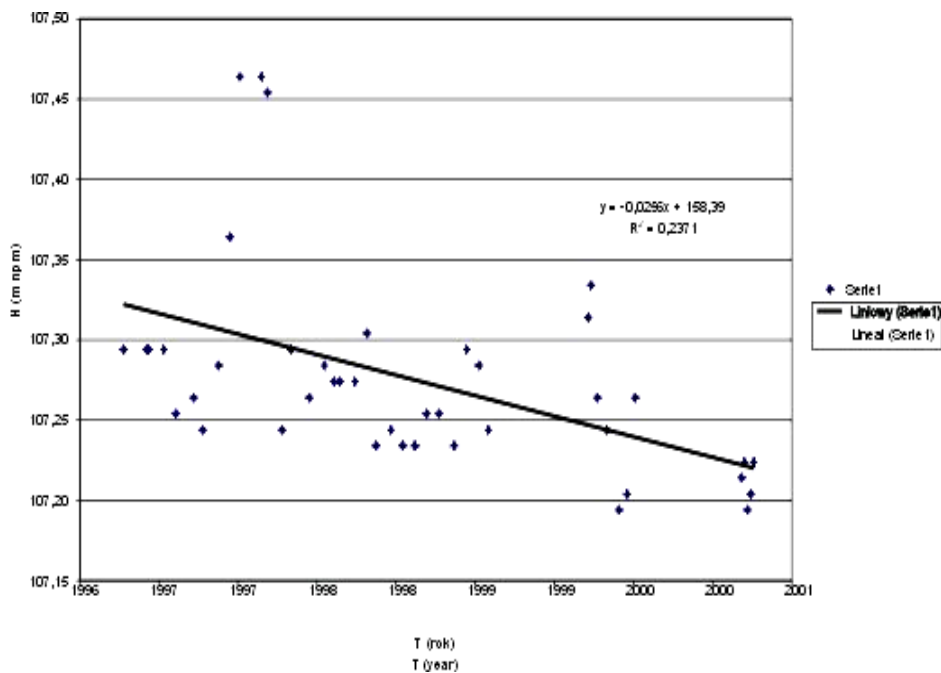
Pomiary stanów wody w piezometrach prowadzone są w sposób ciągły od 1986 roku. Zmienność stanów wody w okresie 1986–2006 przedstawiono na rysunku 3.



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

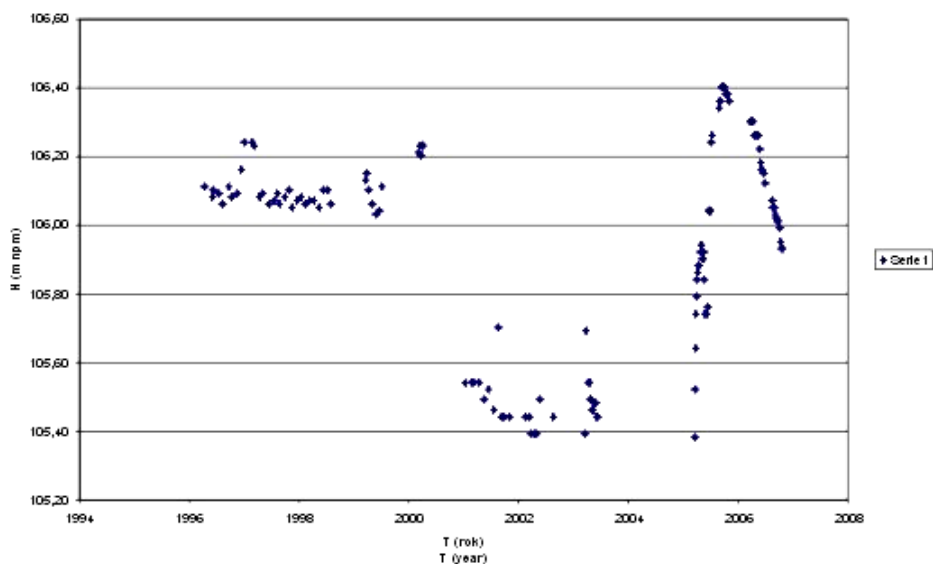
Amplitudy wahań obserwowanych poziomów zwierciadła wody piezometrów P1–P8 wynosiły $\Delta H = 0,47 \div 1,10$ m przy amplitudzie stanów wody w zbiorniku napełnionym $\Delta H = 1,27$ m. W roku 2004 z uwagi na prace remontowe urządzeń upustowych zbiornik został opróżniony. Po ponownym napełnieniu dały 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. Najbardziej 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 dumming up level (109,90–110,10 m above see level) in Gołuchów reservoir, in 1996–2006 years



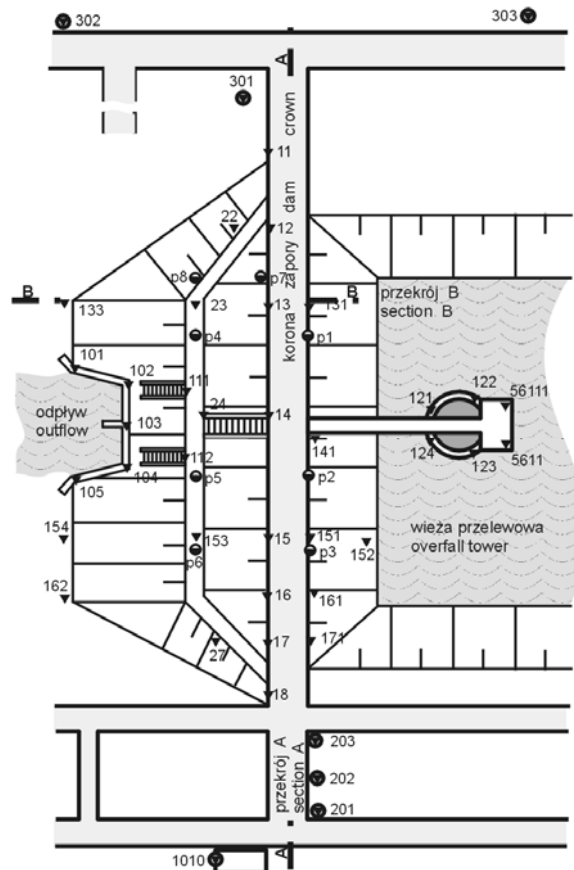
Rysunek 5. Stany wody w piezometrze P5 przy NPP (109,90–110,10 m n.p.m.) w zbiorniku Gołuchów, w latach 1996–2006

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.

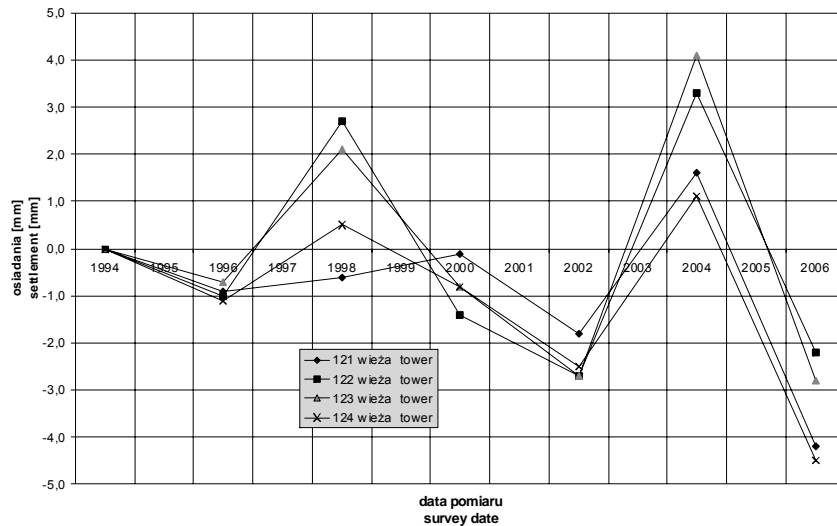
ODKSZTAŁCENIA ZAPORY I PRZEMIESZCZENIA URZĄDZEŃ UPUSTOWYCH

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.

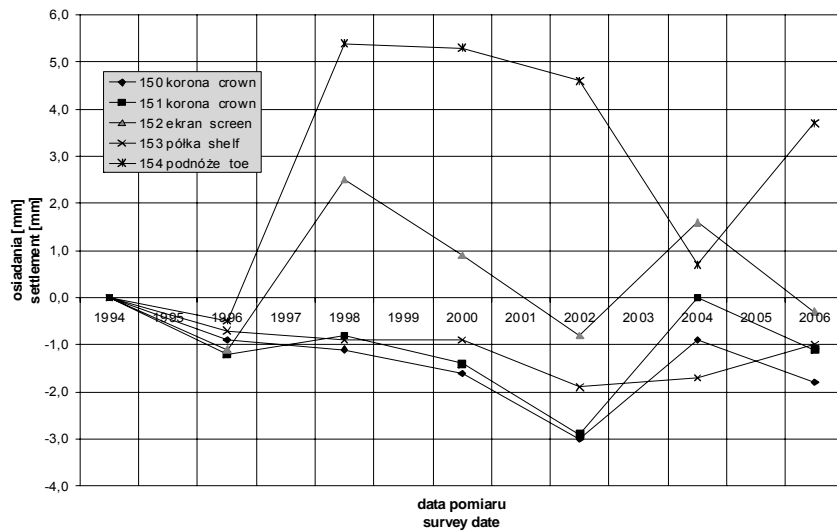


Rysunek 6. Schemat lokalizacji reperów na zaporze Gołuchów (2006 rok)
Figure 6. Bench-mark location in Gołuchów dam (2006 year)

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.



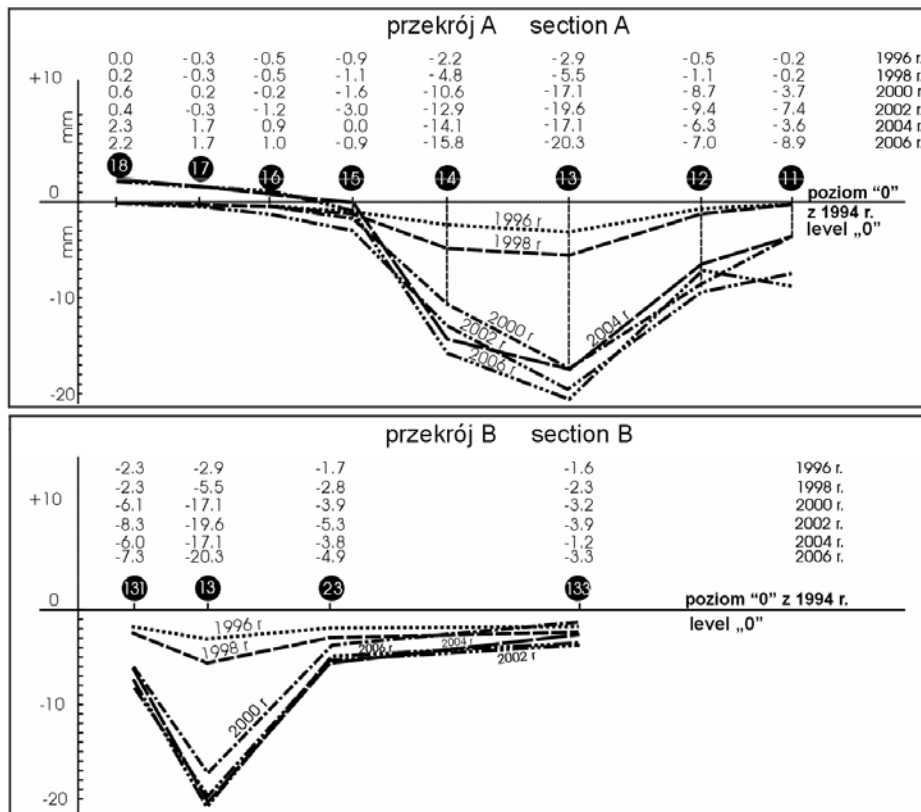
Rysunek 7. Wykres osiadań reperów wieży przelewowej zbiornika Gołuchów
Figure 7. Settlement diagram of overflow bench-marks



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*