

60 LAT TECHNICZNEJ KONTROLI ZAPÓR W POLSCE



Opracowanie pod redakcją
ROBERTA GILA, EDMUNDA SIEIŃSKIEGO
I PIOTRA ŚLIWIŃSKIEGO



60 LAT TECHNICZNEJ KONTROLI ZAPÓR W POLSCE

Opracowanie pod redakcją
Roberta Gila, Edmunda Sieńskiego i Piotra Śliwińskiego

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2021



SERIA PUBLIKACJI POPULARNONAUKOWYCH IMGW-PIB

60 LAT TECHNICZNEJ KONTROLI ZAPÓR W POLSCE

Autorzy

Andrzej Balcerzak, Jerzy Bogdański, Urszula Dmitruk, Zbigniew Dmitruk,
Robert Gil, Witold Giżyński, Edward Golonka, Władysław Jankowski, Jerzy Kloze, Anna Kosik,
Aneta Krawczyk, Andrzej Mazurczyk, Jacek Mikulski, Jerzy Mroziński, Jakub Pawula, Ryszard Ryżak,
Sławomir Selerski, Edmund Sieński, Piotr Śliwiński, Klemens Tarnowski, Wiesław Wachowski,
Andrzej Wita, Marek Wróblewski, Małgorzata Zielińska, Anna Żebrowska

Opracowanie redakcyjne

Rafał Stepnowski

Opracowanie graficzne i techniczne

Michał Seredin

ISBN: 978-83-64979-42-2

Wydawca

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

01-673 Warszawa, ul. Podleśna 61, E. content@imgw.pl

Redaktor Wydawniczy/Publishing Editor

Rafał Stepnowski, E. rafal.stepnowski@imgw.pl

SPIS TREŚCI

1.	WSTĘP	5
2.	REGULACJE PRAWNE DOTYCZĄCE TECHNICZNEJ KONTROLI ORAZ OCEN STANU TECHNICZNEGO I BEZPIECZEŃSTWA OBIEKTÓW PIĘTRZĄCYCH W POLSCE	7
3.	ORGANIZACJA TECHNICZNEJ KONTROLI ZAPÓR W INSTYTUCIE	11
4.	POMIARY GEODEZYJNE	17
5.	BADANIA FILTRACJI	23
5.1.	Stosowane metody i rodzaje badań	23
5.2.	Technika znacznikowa w badaniu rzeczywistych warunków filtracji wody	24
5.3.	Metody geofizyczne w badaniach filtracji	27
5.4.	Rozpoznanie pochodzenia wód zasilających rejony przyczółków budowli piętrzących	28
5.5.	Kontrola sieci piezometrycznych i drenaży	29
5.6.	Nowe metody teoretyczne	30
5.7.	Komputerowa symulacja filtracji w technicznej kontroli zapór	30
6.	BADANIA GEOTECHNICZNE I PRACE TOWARZYSZĄCE	35
7.	BADANIA BETONÓW	41
8.	BADANIA PODWODNE	43
9.	BADANIA I POMIARY BATYMETRYCZNE	49
10.	BADANIA CHEMICZNE WODY I OSADÓW DENNYCH	53
10.1.	Agresywność wody	54
10.2.	Badanie osadów dennych	55
11.	DZIAŁANIA W ZAKRESIE APARATURY KONTROLNO-POMIAROWEJ	57
11.1.	Czujniki strunowe, ultradźwiękowe, indukcyjne i optyczne	57
11.2.	Inne urządzenia kontrolno-pomiarowe	61
12.	OCENY STANU TECHNICZNEGO I STANU BEZPIECZEŃSTWA BUDOWLI PIĘTRZĄCYCH	63
12.1.	Zakres i zasady sporządzania ocen	63
12.2.	Analizy wyników pomiarów i zachowania budowli	65
12.3.	Jakość ocen	67
13.	ARCHIWIZACJA DANYCH	69
13.1.	Baza danych	69
13.2.	System ewidencji i kontroli obiektów piętrzących	72
13.3.	Archiwizacja opracowań	73
14.	RAPORT O STANIE BEZPIECZEŃSTWA BUDOWLI PIĘTRZĄCYCH WODĘ W POLSCE	75
15.	PRACE BADAWCZO-WDROŻENIOWE	79
16.	PROJEKTY BADAWCZE I NAUKOWE	89
16.1.	Projekt KLIMAT	89
16.2.	Projekt SAFEDAM	90
16.3.	Międzynarodowy panel ekspertów w sprawie budowy zbiornika przeciwpowodziowego Racibórz Dolny	91
16.4.	Opracowanie rekomendacji dotyczącej zakresu i możliwości aplikacji systemu pomiarowego termodetekcji przecieków wałów przeciwpowodziowych	92
17.	WSPÓŁPRACA MIĘDZYNARODOWA	95
18.	SEMINARIA, SZKOLENIA I KONFERENCJE KRAJOWE	99
19.	NAGRODY, WYRÓŻNIENIA I PATENTY	103
20.	PERSPEKTYWA DZIAŁAŃ CENTRUM TECHNICZNEJ KONTROLI ZAPÓR IMGW-PIB	105
21.	WYKAZ OSÓB ZATRUDNIONYCH W INSTYTUCIE W LATACH 1960-2020, ZWIĄZANYCH Z TECHNICZNĄ KONTROLĄ ZAPÓR	107

1. WSTĘP

Techniczna kontrola zapór jest wielokierunkowym działaniem zespołowym obejmującym przeglądy obiektów, pomiary i ich archiwizację, weryfikację metod i systemów pomiarowych, badania specjalistyczne, analizy, ekspertyzy, oceny itd. Ocena stanu technicznego i bezpieczeństwa budowli piętrzących wymaga interdyscyplinarnej wiedzy, wieloletniego doświadczenia, specjalistycznego sprzętu, dysponowania charakterystykami zachowania obiektów z długiego okresu (bazy danych) i jednolitej metodyki ocen. Często o jakości prac w zakresie technicznej kontroli zapór, przy różnych podmiotach działających w tej dziedzinie, świadczą doświadczenie i rzetelność zespołów wykonujących te prace. W warunkach Polski nabiera to szczególnego znaczenia, gdyż większość obiektów piętrzących przekroczyła okres eksploatacji, po którym zagrożenie ich bezpieczeństwa istotnie wzrasta.

W działaniach związanych z techniczną kontrolą zapór w Polsce i poza jej granicami od wielu lat bierze udział Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy. Działania te w różnych formach i zakresach kontroli oraz przy zmieniających się wewnętrznych strukturach organizacyjnych rozpoczęły się w roku 1960. Przedstawienie wszystkich zagadnień związanych z techniczną kontrolą zapór w minionych latach jest niemożliwe. Niniejsza monografia, obejmująca okres 1960-2020, ukazuje się z okazji 60-lecia działań jednostek organizacyjnych Instytutu związanych bezpośrednio z techniczną kontrolą zapór i pokrewnymi działaniami w dziedzinie inżynierii wodnej. Jest oparta na obecnie posiadanych dokumentach, a także ustnych i pisemnych relacjach byłych i obecnych pracowników Instytutu. Wymieniono nazwiska ludzi, którzy wnieśli wkład w rozwój tej działalności, poświęcając jej znaczną część zawodowego życia. Lista ta może być niekompletna z uwagi na brak pełnej dokumentacji i zawodność ludzkiej pamięci.

Monografia zawiera wiele materiałów z wcześniejszego opracowania z okazji 50-lecia TKZ w Polsce. W związku z powyższym uwzględniono autorów poprzednich części jako współtworzących tę monografię.

2. REGULACJE PRAWNE DOTYCZĄCE TECHNICZNEJ KONTROLI I OCEN STANU TECHNICZNEGO I BEZPIECZEŃSTWA OBIEKTÓW PIĘTRZĄCYCH W POLSCE

W Polsce pojęcie ocen stanu technicznego i bezpieczeństwa obiektów piętrzących pojawiło się w końcu lat 60., a inspiracją do podjęcia tej tematyki przez ówczesnych decydentów (Ministerstwo Energetyki i Centralny Urząd Gospodarki Wodnej – CUGW) była katastrofa zapory w Iwinach 13 grudnia 1967 roku. W wyniku kontroli resortowych okazało się, że przyczyną przerwania grobli zbiornika osadów poflotacyjnych mógł być brak odpowiedniego nadzoru. W efekcie powstały zarządzenia i wytyczne mające na celu poprawę poziomu bezpieczeństwa eksploatacji obiektów oraz ich utrzymania. Prawie we wszystkich tych dokumentach pojawił się obowiązek oceny stanu technicznego i bezpieczeństwa budowli piętrzących. W celu unormowania wymaganych warunków, Prezes Rady Ministrów wydał 15 marca 1968 r. zarządzenie numer 35, zobowiązujące zainteresowane resorty do szczegółowej kontroli posiadanych obiektów. Następnie, na podstawie wyników tych kontroli, ukazało się 18 sierpnia 1969 r. nowe zarządzenie nr 83, obligujące odpowiednie jednostki do bezzwłocznego doprowadzenia budowli piętrzących wodę na wysokość przekraczającą 5 m lub o pojemności zbiornika przekraczającej 1 mln m³ do stanu gwarantującego ich bezpieczeństwo. Podobny nakaz dotyczył również budowli zamykających zbiorniki magazynujące substancje płynne i półpłynne zmieszane z wodą, jeżeli największa wysokość tych obiektów ponad terenem przekracza 3 m lub jeśli zbiornik magazynuje ponad terenem więcej niż 200 tys. m³ masy płynnej lub półpłynnej.

Prezes CUGW, zarządzeniem nr 49 z 18 listopada 1969 r., ustalił wytyczne opracowania instrukcji utrzymania budowli piętrzących wodę oraz eksploatacji mającej wpływ na ich bezpieczeństwo. Wytyczne te uregulowały również zagadnienia przeglądów okresowych, awaryjnych i poawaryjnych budowli oraz ich remontów, a także prowadzenie obserwacji, badań i kontroli w porozumieniu z właściwymi specjalistycznymi organizacjami.

W połowie lat 70. w krajach Europy Wschodniej zaczęły działać, w sposób systematyczny i ciągle zespoły, pracownie i instytucje zajmujące się techniczną kontrolą zapór. W Polsce zmiany organizacyjne w gospodarce wodnej i regres gospodarczy w tym okresie osłabił działania związane z rozwojem tego typu służb. Do formy i zakresu wykonywanych ocen wkradła się rutyna. Pojawiło się wiele przypadkowych zespołów, które podejmowały się wykonywania ocen stanu technicznego, mimo że nie posiadały odpowiedniej wiedzy ani doświadczenia. Głównym mankamentem był dowolnie przyjmowany zakres ocen i ich powierzchowność. Brakowało systematyczności kontroli pracy poszczególnych elementów budowli, tj. podłoża, korpusu, urządzeń przeciwfiltracyjnych, drenażowych i upustowych, dolnego i górnego stanowiska oraz aparatury kontrolno-pomiarowej, a także prognoz dotyczących potrzeby podjęcia

prac remontowych. W efekcie 23 lipca 1986 r. ukazało się zarządzenia nr 27 Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa (MOŚZNiL) w sprawie organizacji technicznej kontroli i oceny stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących utrzymywanych przez podporządkowane temu ministrowi jednostki organizacyjne. Dokument regulował całokształt spraw związanych z techniczną kontrolą zapór, określając zakres niezbędnych badań i pomiarów oraz standardowych ocen. Dotyczył tylko obiektów piętrzących wodę utrzymywanych przez jednostki organizacyjne podporządkowane MOŚZNiL, wprowadzając wobec nich obowiązek poddawania ocenie stanu technicznego i bezpieczeństwa budowli co najmniej raz na 3 lata. Zgodnie z zarządzeniem ekspertyzy powinny być wykonywane przez jednostki organizacyjne posiadające odpowiednie uprawnienia lub osoby legitymujące się przygotowaniem zawodowym do pełnienia właściwych, samodzielnych funkcji w budownictwie, określonych odrębnymi przepisami. Wskazano w nim na IMGW jako jednostkę wiodącą, predysponowaną do wykonywania ocen stanu technicznego i bezpieczeństwa obiektów piętrzących. Równocześnie ukazało się pismo okólne Ministra OŚZNiL w sprawie wykonywania ocen stanu technicznego i bezpieczeństwa budowli piętrzących. Było ono udaną próbą rozszerzenia zarządzenia nr 27 na obiekty eksploatowane poza gospodarką wodną, w tym głównie na obiekty energetyczne, dając organom nadzoru budowlanego prawo żądania od użytkowników obiektów przedkładania okresowych ocen wg zasad podobnych do sformułowanych w zarządzeniu nr 27 (a więc co 3 lata). „Właściwym nadzorem” były wówczas terenowe organy administracji państwowej o właściwości szczególnej ds. gospodarki wodnej. Pismo okólne nie mogło narzucić kierownictwu innych resortów – poza gospodarką wodną – obowiązku zlecenia wykonywania ocen stanu technicznego. Tak więc do dziś zlecającym ocenę są tam bezpośredni użytkownicy obiektów, co nie zawsze sprzyja pełnej niezależności wykonywanych ocen. Pismo okólne miało dotyczyć tylko obiektów piętrzących.

Niestety dwa lata później zarządzenie nr 27 zostało wykreślone z obowiązującego spisu aktów prawnych.

Ustawa Prawo budowlane z dnia 7 lipca 1994 r., nakładając na właściciela lub zarządcę obiektu budowlanego obowiązek dokonywania przynajmniej raz w roku okresowej kontroli polegającej na sprawdzeniu stanu technicznej sprawności, nie wspomina o obowiązku użycia ocen stanu technicznego w sensie, jaki nadały temu określeniu przytoczone wcześniej zarządzenia i ramowe instrukcje.

W ustawie Prawo wodne z dnia 18 lipca 2001 r., w art. 64, ust. 4, wprowadzono zapis mówiący o „okresowych badaniach wykonywanych przez ośrodek technicznej kontroli zapór”. Po modyfikacji ustawy z dnia 5 stycznia 2011 r. (Dz.U. z 2011 r. Nr 323, poz. 159), w art. 64, ust. 4 pojawiła się korekta polegająca na zamianie ośrodka technicznej kontroli zapór na państwową służbę do spraw bezpieczeństwa budowli piętrzących (PSBBP), określając jednocześnie w art. 103a zadania postawione przed tą służbą.

W 2017 roku uchwalono nową ustawę Prawo wodne. W kwestii dotyczącej ocen stanu technicznego oraz stanu bezpieczeństwa wprowadzony został zapis, zgodnie z którym państwowa służba ds. bezpieczeństwa budowli piętrzących ma wykonywać pomiary lub badania pozwalające wykonywać oceny stanu technicznego oraz stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących, a także same oceny dla budowli piętrzących należących do XXVII kategorii zgodnie z Prawem budowlanym. Przy takim zapisie wszystkie budowle piętrzące będące własnością Skarbu Państwa miałyby podlegać pomiarom, badaniom oraz ocenom wykonywanym przez PSBBP.

Szczęśliwie aktualizacja ustawy z dnia 11 września 2019 r. przywróciła zasady sprzed 2017 r., wracając do zapisu mówiącego o wykonywaniu pomiarów, badań oraz ocen dla budowli będących w I lub II klasie ważności według rozporządzenia wydanego na mocy ustawy Prawo budowlane.

W aktualnych przepisach ustawy Prawo wodne, w dziale traktującym o budownictwie wodnym, znajduje się zapis, mówiący że „...właściciel budowli piętrzącej jest obowiązany zapewnić prowadzenie badań i pomiarów, umożliwiających ocenę stanu technicznego oraz stanu bezpieczeństwa budowli...”, wymienione są również zasadnicze rodzaje badań i pomiarów oraz informacja, że PSBBP powierza się wykonywanie badań, pomiarów umożliwiających ocenę stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa dla budowli I lub II klasy stanowiących własność Skarbu Państwa. Służba ta wykonuje zadania państwa w zakresie nadzoru nad bezpieczeństwem budowli piętrzących, m.in.:

1. Wykonywanie badań, pomiarów i ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa dla budowli zaliczanych do I lub II klasy oraz innych wskazanych przez Prezesa Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej stanowiących własność Skarbu Państwa.
2. Prowadzenie bazy danych dotyczących budowli piętrzących.
3. Opracowywanie raportów o stanie bezpieczeństwa budowli piętrzących.
4. Organizowanie szkoleń i seminariów dotyczących bezpieczeństwa budowli piętrzących.

Generalnie należy stwierdzić, że „instytucja” ocen stanu technicznego i bezpieczeństwa w takich aspektach, w jakich tego oczekiwano, spełniła swoją ważną rolę. Obecnie okresowe oceny stanu technicznego są wykonywane dla większości obiektów klasy od I do III. Można uznać, że zadowalający stan techniczny większości obiektów hydrotechnicznych, a szczególnie zapór, jest w części rezultatem ukształtowania się praktyki opracowywania ocen stanu technicznego i bezpieczeństwa, w której istotną rolę pełnił i pełni Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór, obecnie Centrum Technicznej Kontroli Zapór.

3. ORGANIZACJA TECHNICZNEJ KONTROLI ZAPÓR W IMGW

Początki działalności związanej z techniczną kontrolą zapór w Instytucie sięgają roku 1960, kiedy to w Zakładzie Hydrotechniki Instytutu Gospodarki Wodnej rozpoczęto wykonywanie metodami geodezyjnymi pomiarów odkształceń pionowych i poziomych takich budowli piętrzących wodę, jak zapory Rożnów, Czchów i Porąbka oraz śluzy Brdujście, Okole, Czyżkówko, Dzierżno i Kłodnica. Pierwszym kierownikiem zakładu był dr inż. Konstanty Fanti, późniejszy profesor Politechniki Warszawskiej.

W tym samym czasie rozpoczęto pomiary i badania rozmyć na dolnych stanowiskach stopni wodnych Łączany, Dąbie, Przewóz oraz poniżej zapory w Czchowie i elektrowni wodnej Porąbka. W latach 60. XX w. prowadzono również pomiary batymetryczne zbiorników retencyjnych, badania dotyczące technologii wykonywania korpusów zapór ziemnych i betonowych oraz doskonalenia aparatury kontrolno-pomiarowej.

Wykryształowanie się form działalności ukierunkowanych na zapewnienie bezpiecznej eksploatacji budowli piętrzących wodę nastąpiło po połączeniu się Instytutu Gospodarki Wodnej z Państwowym Instytutem Hydrologiczno-Meteorologicznym (1 stycznia 1973 r.). W nowo powstałym Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej, z inicjatywy ówczesnego dyrektora doc. dr. inż. Jana Zielińskiego, utworzono Zakład Badań i Pomiarów Budowli Wodnych. Była to pierwsza w Polsce jednostka badawcza, która w sposób metodyczny przystąpiła do kompleksowych pomiarów i badań oraz opracowywania ocen stanu technicznego i bezpieczeństwa hydrotechnicznych budowli piętrzących. Kierownikiem zakładu został dr inż. Jerzy Krzyżanowski, a po jego wyjeździe na zagraniczny kontrakt – mgr inż. Włodzisław Hrabowski. Zakład dzielił się na trzy pracownie: Metodyki i Kontroli Pomiarów, Diagnostyki oraz Dokumentacji i Informacji. Wchodził on w skład jednego z dwóch oddziałów badawczych Instytutu, tj. Oddziału Gospodarowania Wodą, którego dyrektorem był dr inż. Jerzy Kloze. W strukturze oddziału znajdowały się też inne branżowe jednostki organizacyjne wspierające ZBiPBW. Były to przede wszystkim: Zakład Hydrotechniki (kierownik – mgr inż. Bogusław Rządowski), Zakład Hydrauliki (kierownik – mgr inż. Władysław Jankowski, a następnie mgr inż. Henryk Płocharski) i Zakład Dynamiki Wód Podziemnych (kierownik – dr hab. inż. Bolesław Orest Jacenków). Specjalizowały się one głównie w technologii wznoszenia budowli ziemnych i betonowych, wykorzystywaniu tworzyw sztucznych w konstrukcji budowli hydrotechnicznych, hydraulice koryt otwartych i budowli oraz w zagadnieniach filtracji przez budowlę piętrzącą i jej podłoże. Scentralizowanie tych form działalności nastąpiło w kwietniu 1977 r. w wyniku utworzenia Zakładu Inżynierii Wodnej, w którym tematyka dotycząca bezpieczeństwa budowli piętrzących była dominująca. Wyrazem tego były stawiane przed zakładem zadania, m.in. prowadzenie badań i obserwacji służących ocenie stanu technicznego budowli piętrzących oraz sporządzanie bieżących ocen i raportów o stanie bezpieczeństwa tych budowli.

W kolejnych latach przeprowadzono niewielkie korekty organizacyjne zakładu. Zmieniała się też jego nazwa: od 1982 r. przemianowany na Zakład Inżynierii Wodnej i Technicznej Kontroli Zapór, w 1986 r. na Ośrodek Badań i Technicznej Kontroli Budowli Wodnych, i wreszcie w 1991 r. na Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór (OTKZ). Jednostką kierowali kolejno: prof. dr inż. Jan Zieliński, doc. dr inż. Jerzy Kloze, doc. dr inż. Włodzisław Hrabowski, mgr inż. Władysław Jankowski, dr inż. Andrzej Wita, mgr inż. Edmund Sieński.

Podstawą do określenia zakresu działania służby TKZ w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej było zarządzenie nr 27 Ministra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych z 23 lipca 1986 roku. W zarządzeniu znajdowało się m.in. stwierdzenie, że na zlecenie tegoż ministra – dla obiektów podległych resortowi – Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej powinien:

- opracowywać oceny stanu technicznego i bezpieczeństwa budowli;
- gromadzić oceny wykonywane przez inne jednostki;
- opracowywać zbiorcze analizy stanu technicznego i bezpieczeństwa budowli, przedkładając ministrowi Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych roczne raporty o stanie technicznym i bezpieczeństwie budowli w skali kraju ze stosownymi wnioskami;
- prowadzić prace w zakresie metodyki wykonywania ocen stanu technicznego i bezpieczeństwa budowli;
- opiniować, projektować, instalować i nadzorować wyposażenie budowli w aparaturę kontrolno-pomiarową dla potrzeb oceny stanu technicznego i bezpieczeństwa istniejących i powstających budowli oraz oceniać funkcjonowanie aparatury, opracowywać przepisy i warunki techniczne oraz instrukcje dotyczące bezpieczeństwa budowli;
- informować właściwe organy nadzoru o istnieniu zagrożenia bezpieczeństwa budowli i potrzebie podjęcia odpowiednich działań.

Zgodnie z zarządzeniem, oceny stanu technicznego i bezpieczeństwa budowli sporządzane przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej powinny w szczególności objąć budowle:

- piętrzące wodę w zbiornikach, rzekach, jeziorach i stawach na wysokość ponad 5 m;
- piętrzące wodę w zbiornikach i stawach o pojemności całkowitej ponad 1 mln m³;
- inne – jeżeli ich awaria mogłaby spowodować zagrożenie dla życia lub znaczne straty gospodarcze.

Ponieważ ówczesnie zaledwie połowa budowli piętrzących wodę w Polsce należała do resortu ochrony środowiska, minister rozesłał dodatkowo pismo okólne, o podobnej treści jak zarządzenie nr 27, do wszystkich resortów eksploatujących określone obiekty, zobowiązując je do wykonywania okresowych ocen. Również i w tym wypadku minister rekomendował IMGW jako jednostkę upoważnioną do wykonywania ocen i ekspertyz

dotyczących stanu technicznego i bezpieczeństwa obiektów. Ponadto, jako sprawujący nadzór nad budownictwem specjalnym w zakresie budowy wodnych, wg obowiązującego prawa budowlanego, zobowiązał IMGW, aby w swych raportach o stanie bezpieczeństwa budowy piętrzących wodę w Polsce uwzględniał wszystkie podlegające ocenom budowle. Zawarcie porozumienia z ówczesnym Zjednoczeniem Energetyki o współpracy w zakresie technicznej kontroli zapór i elektrowni wodnych stworzyło możliwość wspólnego działania hydrotechników z obu resortów. Otworzyło to również szansę przeglądu wszystkich ważniejszych obiektów i budowy gospodarki wodnej w Polsce. W Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej powstał wówczas interdyscyplinarny zespół złożony z inżynierów budownictwa wodnego, geodetów, geologów, hydrogeologów, geofizyków i specjalistów z innych dziedzin (m.in. matematyków, informatyków). Upřednio oceny stanu technicznego były wykonywane sporadycznie przez biura projektowe i uczelnie, i dotyczyły głównie sytuacji awaryjnych lub obiektów po zakończonym okresie próbnej eksploatacji. Brak było doświadczeń i wzorców wykonywania w ciągu roku od kilku-dziesięciu do ponad stu wymaganych ocen. Przez kolejne lata, w miarę zdobywania doświadczeń, zakres i treść ocen uległa znacznej poprawie. Zajęto się szczególnie doskonaleniem aparatury kontrolno-pomiarowej, dokładnością i wiarygodnością pomiarów, zastosowaniem nowych technik pomiarowych i interpretacji wyników, a także kompleksowymi analizami rezultatów pomiarów służących ocenie stanu technicznego budowy piętrzących.

Ośrodek tworzyło wtedy dziewięć pracowni: Metodyki, Informatyki, Pomiarów Przemieszczeń, Badań Filtracji, Badań Transformacji Koryt Rzecznych i Zbiorników Wodnych, Geotechniki, Budowy Ziemnych i Betonowych, Aparatury oraz terenowa w Bydgoszczy. Ponadto, na rzecz ośrodka działały pracownie w oddziałach we Wrocławiu (od 1985 r.) i w Krakowie (od 1986 r.). Łącznie tematyką tą zajmowało się około 80 pracowników Instytutu. Od grudnia 1990 r. ośrodek podlegał Zastępcy Dyrektora ds. Służby Kontroli Zapór, a od stycznia 2001 r. Zastępcy Dyrektora ds. Inżynierii i Gospodarki Wodnej. Funkcje te do września 2006 r. pełnił doc. dr inż. Jerzy Kloze, a następnie kolejno mgr inż. Edmund Sieński i dr hab. inż. Jan Winter, prof. nadzw.

W czasie piastowania stanowiska Zastępcy Dyrektora ds. Inżynierii i Gospodarki Wodnej przez dr hab. inż. Jana Wintera, kierownikiem OTKZ został mgr inż. Edmund Sieński.

Mając na uwadze funkcjonowanie w przyszłości Ośrodka Technicznej Kontroli Zapór jako państwowej służby sprawującej nadzór nad bezpieczeństwem budowy piętrzących w Polsce, w 2007 r. podjęto kroki mające na celu dostosowanie struktury organizacyjnej ośrodka do rutynowych zadań kontrolnych. W strukturze jednostki włączono Zakład Geotechniki z Borowej Góry, który dysponował sprzętem do terenowych badań geotechnicznych, badań betonów i zapleczem laboratoryjnym. Powstały cztery podstawowe

pracownie, z wydzielonymi zadaniami w procesie kontroli i oceny stanu technicznego budowli piętrzących:

- Pracownia Ocen Budowli Wodnych (kierownik – mgr inż. Anna Żebrowska).
- Pracownia Geotechniki, Filtracji i Badania Jakości Betonów Hydrotechnicznych (kierownik – mgr inż. Andrzej Balcerzak).
- Pracownia Pomiarów Przemieszczeń (kierownik – mgr inż. Marek Wróblewski).
- Pracownia Zastosowań Informatyki (kierownik – mgr inż. Małgorzata Zielińska).

W wyniku reorganizacji, m.in. z uwagi na kłopoty personalne, przestała istnieć pracownia OTKZ w Bydgoszczy, która powstała w połowie 1988 r. i w minionych latach wniosła istotny wkład w techniczną kontrolę zapór. Trzon pracowni stanowiło czterech inżynierów budownictwa wodnego z uprawnieniami do sporządzania projektów budowlanych i kierowania robotami budowlanymi (mgr inż. Andrzej Mieszkowski, mgr inż. Zygmunt Piątkowski, mgr inż. Andrzej Stanke, mgr inż. Cezary Winiarski; od kwietnia 1994 r. również mgr inż. Gerard Graczyk). Kierownikiem pracowni był mgr inż. Andrzej Stanke, a po jego przejściu do resortu energetyki, od kwietnia 1994 r. – mgr inż. Zygmunt Piątkowski.

Zadania zespołu koncentrowały się na sporządzaniu ocen stanu technicznego i bezpieczeństwa budowli hydrotechnicznych zlokalizowanych na obszarze północnej Polski. Z czasem działalność pracowni poszerzyła się o pełnienie nadzoru eksploatacyjnego i doradztwo techniczne na mokrych składowiskach odpadów paleniskowych i budowlach energetyki wodnej, a także projektowanie. Do najważniejszych obiektów ocenianych przez pracowników OTKZ w Bydgoszczy należy zaliczyć budowle: Stopnia Wodnego Włocławek, Elektrowni Szczytowo-Pompowej Żarnowiec, Zespołu Elektrowni Wodnych Dychów, Elektrowni Szczytowo-Pompowej Żydowo, składowiska odpadów paleniskowych zespołu elektrowni Pątnów–Adamów–Konin, Elektrociepłowni Toruń i Bydgoszcz. Zespół nadzorował również (opracowując wcześniej projekty) remont zapory stopnia wodnego Koronowo w Samociążku, naprawę betonów elektrowni Gródek i zabezpieczenie przed filtracją zapory ziemnej w Smukale. Ponadto opracował projekt budowlany remontu nabrzeża dolnego stanowiska elektrowni Szprotawa na Bobrze i akweduktu na skrzyżowaniu Wielkiego Kanału Brdy z Czerską Strugą oraz projekt budowlany Elektrowni Wodnej Kotowo na rzece Łynie.

Po reorganizacji Ośrodka Technicznej Kontroli Zapór poszczególnym pracownikom przydzielono następujące zadania:

- Pracownia Ocen Budowli Wodnych – oceny stanu technicznego i bezpieczeństwa budowli, udział w okresowych przeglądach obiektów, własne przeglądy i wizje lokalne oraz przygotowanie danych do rocznych raportów o stanie technicznym i stanie bezpieczeństwa budowli wodnych.
- Pracownia Geotechniki Filtracji i Badania Jakości Betonów Hydrotechnicznych – badania geotechniczne dla potrzeb ocen stanu technicznego i bezpieczeństwa, badania betonów,

badania filtracji i inne mające na celu rozpoznanie prędkości i kierunków przepływu wody w korpusach budowli ziemnych, ich podłożu i otoczeniu.

- Pracownia Pomiarów Przemieszczeń – pomiary przemieszczeń poziomych i pionowych metodami geodezji precyzyjnej dla potrzeb ocen stanu technicznego budowli, pomiary geodezyjne za pomocą aparatury GPS, sondowania zbiorników i cieków oraz weryfikacja pomiarów geodezyjnych wykonywanych przez innych wykonawców.
- Pracownia Zastosowań Informatyki – archiwizowanie danych związanych z ocenami stanu technicznego, badania modelowe dla potrzeb prognozowania zjawisk zachodzących w korpusach, podłożu oraz otoczeniu zapór, przetwarzanie danych do rocznych raportów o stanie bezpieczeństwa budowli piętrzących.

W roku 2008, w następstwie kolejnej reorganizacji, do OTKZ został włączony Zakład Chemii i Biologii Wody wraz z profesjonalnym laboratorium chemicznym i sprzętem do badań terenowych w zakresie pobierania wody i osadów dennych.

Obecnie proces ocen stanu technicznego wspiera zespół weryfikatorów z wieloletnim doświadczeniem zawodowym. Do ich zadań należy ewaluacja opracowań wykonywanych w OTKZ, w szczególności ocen stanu technicznego i bezpieczeństwa, przygotowywanie rocznych raportów o stanie bezpieczeństwa budowli piętrzących, przygotowywanie monografii budowli piętrzących i opracowywanie instrukcji i wytycznych wykonywania badań i ocen stanu technicznego i bezpieczeństwa.

Od początku działalności OTKZ istotną rolę odgrywał zespół pracowników administracyjnych, szczególnie w okresach niedoborów finansowych, kiedy analizy ekonomiczne decydowały o ewentualnych korektach zatrudnienia i zakresu działania. Należy też wspomnieć panią Zofię Fajkowską, prowadzącą przez kilkadziesiąt lat bibliotekę ośrodka i sekretariat Polskiego Komitetu Wielkich Zapór, a także długoletnich pracowników pomocy technicznej Danutę Berezę i Marię Ziółkowską. Obecnie część zadań administracyjnych przejął Wydział Koordynacji Badań, Pomiarów i Ocen Budowli Piętrzących pod kierownictwem mgr. Roberta Gil. Działania wydziału skupiają się jednak przede wszystkim na kwestiach organizacyjnych i koordynacyjnych w CTKZ, jak również merytorycznych – pracownicy uczestniczą w procesie powstawania ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących oraz biorą udział w wykonywaniu prac statutowych państwowej służby do spraw bezpieczeństwa budowli piętrzących.

W 2009 roku istniejące w OTKZ pracownie przekształcono w zakłady, zachowując nazewnictwo i zakresy działań. Ponadto w wyniku kolejnej reorganizacji struktur w IMGW ośrodek uzyskał samodzielność. W 2019 roku Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór przemianowano na Centrum Technicznej Kontroli Zapór. Funkcję kierownika i dyrektora OTKZ, a następnie dyrektora CTKZ powierzono mgr. inż. Edmundowi Sieińskiemu.

4. POMIARY GEODEZYJNE

Jedną z podstawowych informacji o stanie technicznym budowli inżynierskiej są dane o jej odkształceniach lub wzajemnych przemieszczeniach elementów konstrukcyjnych i ruchach w stosunku do podłoża, na którym jest posadowiona. Do wyznaczania przemieszczeń i odkształceń budowli hydrotechnicznych, ze względu na ich gabaryty i wymiary, najczęściej stosowane są metody geodezyjne. Rozwiązania te sprowadzają się do okresowych precyzyjnych pomiarów geodezyjnych (niwelacja, pomiary kątowno-liniowe) pozwalających z dużą dokładnością wyznaczyć przemieszczenia sieci punktów kontrolowanych rozmieszczonych na obiekcie. Przemieszczenia wyznaczone w stałym układzie odniesienia niezwiązanym z badanym obiektem nazywa się przemieszczeniami bezwzględnymi, a wyznaczone w układzie związanym z obiektem – przemieszczeniami względnymi.

Problematyka wyznaczania i opisywania wielkości przemieszczeń była zawsze obecna i reprezentowana w strukturze organizacyjnej Zakładów Badań i Pomiarów Budowli Wodnych, Inżynierii Wodnej, Inżynierii Wodnej i Technicznej Kontroli Zapór, Ośrodka Technicznej Kontroli Zapór i Centrum Technicznej Kontroli Zapór IMGW-PIB. Funkcje te realizowała początkowo Pracownia Pomiarów Przemieszczeń, później Zakład Geodezji i Pomiarów Przemieszczeń, a obecnie powiększone i przekształcone Biuro Geodezji i Pomiarów Przemieszczeń z zespołami w Legionowie, Katowicach, Krakowie i Wrocławiu. Zakres prac kontrolnych, realizowany początkowo w Instytucie Gospodarki Wodnej, był uzależniony głównie od obsady personalnej. Zespół pomiarowy tworzyli w tym czasie: inż. Jan Mrozowski, mgr inż. Klemens Tarnowski i mgr inż. Leon Grzegory. Później dołączyli do nich technicy Marek Bogucki i Krzysztof Roguski. Od utworzenia w 1973 r. w IMGW Zakładu Badań i Pomiarów Budowli Wodnych, pracami geodezyjnymi dla potrzeb technicznej kontroli zapór kierował, aż do przejścia na emeryturę, mgr inż. Klemens Tarnowski, a od 1991 r. – mgr inż. Marek Wróblewski.

Początkowo kontrolowano przede wszystkim duże obiekty:

- zapory Porąbka, Rożnów, Czchów, Myłof, Turawa;
- śluzy na Kanale Gliwickim – Dzierżno i Łabędy;
- śluzy na Kanale Bydgoskim – Brdujście, Okole i Czyżkówko.

Równolegle przeprowadzano wizje lokalne na innych istniejących obiektach m.in.: Pilchowice, Leśna, Złotniki, Lubachów oraz obiektach w budowie: stopniu wodny, Dębe, zaporach Tresna, Dobczyce itd., które włączono do bezpośrednich prac kontrolnych po przekazaniu ich do eksploatacji.

Do opracowywania wyników pomiaru wykorzystywano założenia, nowoczesnej w owym czasie, metody różnicowej, której twórcą był profesor Politechniki Warszawskiej inż. Ta-

deusz Lazzarini. Metoda ta, w odróżnieniu od innych, pozwalała na wyznaczanie wartości przemieszczeń poziomych i pionowych (wraz z ich błędami średnimi) z różnic danych pomiarowych z dwóch cykli pomiarowych.

Rozbudowa struktury organizacyjnej, powiększenie liczby zatrudnionych pracowników i zakupy nowoczesnego sprzętu pomiarowego umożliwiły objęcie pomiarami kontrolnymi kolejnych obiektów. Obecnie w ramach Państwowej Służby do spraw Bezpieczeństwa Budowli Piętrzących, którą pełni w IMGW-PIB Centrum Technicznej Kontroli Zapór, wykonuje się corocznie geodezyjne, precyzyjne pomiary kontrolne, mające na celu wyznaczenie przemieszczeń, dla ok. 70-75 Zespołów Budowli Hydrotechnicznych administrowanych przez Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie.

Realizowano również prace przewidziane umowami zawartymi z innymi administratorami zespołów budowli hydrotechnicznych (zakłady energetyczne, wodociągi):

- PGE Energia Odnawialna S.A. – wyznaczenie przemieszczeń zapór Solina i Myczkowce z analizą funkcjonowania systemów ASTKZ na tych obiektach.
- Górnśląskie Przedsiębiorstwo Wodociągów S.A. – wyznaczenie przemieszczeń pionowych zapór Goczałkowice i Kozłowa Góra z obiektami towarzyszącymi.
- TAURON Ekoserwis sp. z o.o. – wyznaczenie przemieszczeń zapór Rożnów i Czchów oraz EW Przewóz i Dąbie.

Oprócz typowych prac i pomiarów geodezyjnych, prowadzono prace związane z projektowaniem sieci pomiarowo-kontrolnych, opracowywaniem nowych technologii pomiarowych i obliczeniowych oraz współdziałano przy pracach konstrukcyjnych oprzyrządowania i aparatury pomiarowej.

Przy projektowaniu i realizacji pomiarów geodezyjnych współpracowano m.in. z:

- użytkownikami obiektów hydrotechnicznych w resortach gospodarki wodnej (regionalne zarządy gospodarki wodnej) i energetyki;
- biurami projektowymi w zakresie aparatury kontrolno-pomiarowej;
- Instytutem Techniki Budowlanej (np. przy badaniach geotechnicznych);
- Politechniką Warszawską, Krakowską Akademią Górniczo-Hutniczą, Wojskową Akademią Techniczną (przy realizacji tematów w Rządowym Programie Badawczo-Rozwojowym PR-7 „Kształtowanie i wykorzystanie zasobów wodnych” oraz Centralnym Programie Badawczo-Rozwojowym CPBR 10.11 „Gospodarka Wodna”).

Idea i zasady wyznaczania przemieszczeń pionowych nie zmieniły się od lat i polegają na prowadzeniu okresowych pomiarów przewyższeń metodą niwelacji precyzyjnej w sieciach reperów kontrolowanych powiązanych z reperami odniesienia. Geometryczna niwelacja precyzyjna jest wykonywana z wykorzystaniem inwarowych łat niwelacyjnych i niwelatorów.

W miarę upływu lat stosowano coraz nowsze modele tych aparatów, a mianowicie: niwelatory optyczne libelowe, niwelatory optyczne samopoziomujące, aż po współczesne niwelatory samopoziomujące kodowe DNA 03 i LS 10 wraz z zestawami precyzyjnych kodowych łąt inwarowych. Sprzęt zapewnia wyznaczenie różnicy przewyższeń na poziomie $\pm 0,10-0,15$ mm na jedno stanowisko niwelatora, co odpowiada dokładności niwelacji około $\pm 0,5-0,7$ mm/km. Taka dokładność umożliwia wyznaczenie przemieszczeń pionowych reperów kontrolowanych ze średnimi błędami w granicach $\pm 0,2-0,5$ mm.

Przemieszczenia poziome najczęściej są wyznaczane na podstawie okresowych pomiarów kątowych lub kątowno-liniowych w sieciach geodezyjnych obejmujących punkty odniesienia (stanowiska obserwacyjne) i punkty kontrolowane na badanej budowli (np. celowniki lub reperocelowniki). Początkowo prowadzono wyłącznie pomiary kątowe w tzw. sieciach trygonometrycznych, z zastosowaniem precyzyjnego teodolitu Wild T3, a następnie T2000S – uzyskiwana dokładność pomiaru kierunku wynosiła poniżej $\pm 1,0''$. Pod koniec lat 70., po skonstruowaniu i wprowadzeniu na rynek precyzyjnych dalmierzy geodezyjnych, zastosowano technologię pomiarów liniowych. Najpierw wdrożono i opracowano technologię pomiaru z wykorzystaniem dalmierza elektrooptycznego Mekometr Me 3000, a następnie przez kilka lat – dalmierza DI2000. Instrumenty te zapewniały precyzyjne pomiary długości ze średnim błędem ± 1 ppm (1,0 mm/km).

Po wprowadzeniu na rynek zintegrowanych instrumentów geodezyjnych typu Total Station (pomiar kątów i długości) wykorzystywano instrument TC2002, a obecnie najnowszy model TS30, wraz z zestawami precyzyjnych luster dalmierczych.

Opracowywanie wyników pomiarów w celu wyznaczenia ostatecznych wielkości przemieszczeń wymaga wykonania kilkustopniowych, pracochłonnych obliczeń. W latach 60. i 70. Wykorzystywano do tego mechaniczne maszyny liczące (arytmometry) i wielodziałaniowe kalkulatory, a czas opracowania wyników pomiarów liczył się w miesiącach. W miarę roz-



Pomiary przemieszczeń pionowych zapory Dobczyce (fot. archiwum CTKZ).



Pomiary przemieszczeń poziomych zapory Dobczyce (fot. archiwum CTKZ).

woju elektroniki i komputeryzacji oraz zastosowania specjalistycznego oprogramowania etap obliczeń i wyznaczania przemieszczeń uległ skróceniu i praktycznie może być zrealizowany w krótkim okresie po zakończeniu cyklu pomiarowego. Pomocne są tutaj takie funkcje nowoczesnych instrumentów, jak automatyczne kodowanie i archiwizacja obserwacji. Obecnie możliwe są automatyczny zapis obserwacji, wstępna kontrola ich prawidłowości i automatyczna transmisja danych do programów realizujących proces obliczeniowy wyznaczenia przemieszczeń. Wprowadzane systematycznie nowe technologie pozwoliły na:

- przyśpieszenie prac pomiarowych;
- zminimalizowanie liczby ewentualnych błędów i omyłek, nieuchronnych przy dużej ilości mierzonych wielkości i przy ich przetwarzaniu;
- prowadzenie wariantowych obliczeń i wyznaczanie przemieszczeń metodami ścisłymi z wykorzystaniem różnych algorytmów.

W pracach pomiarowych prowadzonych przez Biuro Geodezji i Pomiarów Przemieszczeń znajdują również zastosowanie pomiary satelitarne GPS. Zakres tych zastosowań jest jednak ograniczony do pomiarów o mniejszej dokładności, głównie ze względu na trudne warunki terenowe i związany z tym brak widoczności satelitów. Stanowiska obserwacyjne są często położone w miejscach uniemożliwiających zastosowanie tej technologii.

Obecnie coraz częściej analizowane są możliwości zastosowania naziemnego skaningu laserowego. Technologia ta pozwala na znaczne zwiększenie ilości danych pomiarowych. Tworzone na ich podstawie modele umożliwiają nie punktową, jak w przypadku klasycznych pomiarów geodezyjnych, a powierzchniową kontrolę zmian kształtu budowli, z jednoczesną lokalizacją ewentualnych uszkodzeń. Jednakże wysokie wymagania dokładnościowe dla precyzyjnych pomiarów geodezyjnych, wykonywanych w celu wyznaczania przemieszczeń budowli hydrotechnicznych, w połączeniu z koniecznością określania stałości stanowisk

obserwacyjnych, wydają się na razie wykluczać zastosowanie technologii skaningu laserowego w tym zakresie.

Zespoły geodezyjne Biura Geodezji i Pomiarów Przemieszczeń mają również znaczący udział w wyznaczaniu przemieszczeń względnych, do których można zaliczyć pomiary szczelinomierzy, pochyłomierzy, klinometrów itp., wraz z analizą porównawczą z danymi pomiarowymi otrzymanymi z systemów ASTKZ na obiektach wyposażonych w tego typu aparaturę.

Pracownia Pomiarów Przemieszczeń uczestniczyła w kilku programach badawczych mających na celu konstruowanie i wdrażanie nowych urządzeń tego typu. Współpracowano między innymi z Instytutem Geodezji i Kartografii oraz Wydziałem Geodezji Politechniki Warszawskiej.

Geodezyjne prace kontrolne wymagały często wykonywania stabilizacji różnego typu reperów i znaków pomiarowych, których konstrukcje należało zaprojektować, a technologię pomiaru opracować i wdrożyć. Znaczącym osiągnięciem w tej dziedzinie były opatentowane rozwiązania magnetycznego reperu wglębnego (MRW) i magnetycznego piezoreperu wglębnego (MPRW), które umożliwiały (po nawiązaniu niwelacyjnym do zewnętrznej sieci reperów) określenie osiadań podłoża i poszczególnych warstw gruntu korpusu w zaporach ziemnych podczas budowy i eksploatacji. W piezoreperach były także możliwe odczyty poziomu wody, podobnie jak w piezometrach otwartych (patenty numer P-131673, numer 61354).

Pracownia Pomiarów Przemieszczeń, a później Zakład Geodezji i Pomiarów Przemieszczeń, opracowywała zasady wykonywania pomiarów geodezyjnych, wyznaczania przemieszczeń, sporządzania operatów geodezyjnych i opracowań, projektowania sieci pomiarowych do wydanych przez IMGW-PIB wytycznych dotyczących kontroli bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę. W aktualnych, wydanych w 2020 r., *Wytycznych wykonywania badań, pomiarów, ocen stanu technicznego oraz ocen stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę* zawarto je w rozdz. 3 oraz załącznikach nr 3 i 4.

Obecnie Państwową Służbę do spraw Bezpieczeństwa Budowli Piętrzących pełni w IMGW-PIB Centrum Technicznej Kontroli Zapór, a bezpośrednio zadania w zakresie precyzyjnych pomiarów geodezyjnych dla wyznaczania przemieszczeń realizuje Biuro Geodezji i Pomiarów Przemieszczeń.

5. BADANIA FILTRACJI

5.1. Stosowane metody i rodzaje badań

Przy ocenie stanu technicznego, a w efekcie stanu bezpieczeństwa budowli piętrzącej, podstawowe znaczenie obok geodezyjnych pomiarów przemieszczeń mają badania zjawisk filtracyjnych. Analizy nieprawidłowości przebiegu zjawisk filtracyjnych, mogących w konsekwencji doprowadzić do awarii lub katastrofy, stanowiły zawsze podstawowy przedmiot działalności jednostek związanych z techniczną kontrolą zapór.

Badania teoretyczne zjawisk filtracyjnych podjęto w Zakładzie Hydrotechniki Instytutu Gospodarki Wodnej w latach 60. ubiegłego wieku. Początkowo celem prac prowadzonych na modelach szczelinowych było stworzenie metod prognozowania wpływu spiętrzonych wód powierzchniowych na przyległe tereny.

Badania wpływu filtracji na bezpieczeństwo budowli piętrzących rozpoczęto w 1973 r. w Oddziale Gospodarowania Wodą IMGW, w Zakładzie Dynamiki Wód Podziemnych kierowanym przez dr hab. inż. Bolesława Oresta Jacenkowa. Prowadzone wówczas prace polegały na wdrażaniu techniki pomiarowej do rozpoznania kontaktów hydraulicznych, głównych kierunków i rzeczywistej prędkości przepływu filtrującej wody, a także wyznaczaniu obszarów intensywnego zasilania budowli piętrzących w wodę.

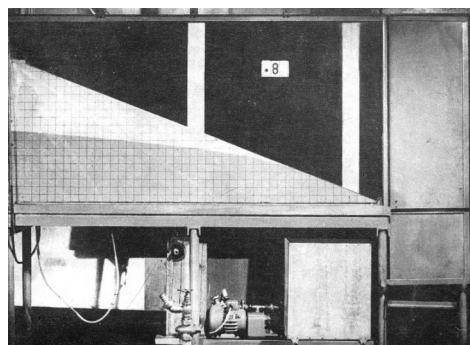
Dzięki realizowanym w latach 80. i 90. badaniom nad rozwojem metodyki pomiarów i związanej z tym aparatury, kontynuująca tę działalność, Pracownia Filtracji w Ośrodku Technicznej Kontroli Zapór IMGW dysponowała narzędziami odpowiednimi do rozwiązywania następujących problemów:

- określania stref zasilania w wodę korpusu budowli piętrzącej i wyznaczania miejsc o zwiększonej infiltracji wody w dno zbiornika;
- określania rzeczywistych prędkości filtracji w wybranych rejonach korpusu zapory i podłoża;
- rozpoznania połączeń hydraulicznych i pochodzenia wód zasilających przyczółki i podłoża budowli.

Wymienione zagadnienia rozwiązywano przy zastosowaniu:

- techniki traserowej opartej na barwnikach fluorescencyjnych;
- metod geofizycznych;
- metod podwodnej inwentaryzacji stref infiltracji wody wykorzystujących znaczniki barwne;
- polowych metod analizy chemicznej wody dla oznaczenia zawartości charakterystycznych jonów pozwalających rozróżnić pochodzenie wód podziemnych,
- nowych metod teoretycznych.

W celu poznania przestrzennych mechanizmów przepływów filtracyjnych, specyficznych dla danego obiektu, stosowano modelowanie numeryczne wykorzystując symulacje komputerowe.



Model szczelinowy do badań filtracji (fot. M. Skup).

5.2. Technika znacznikowa w badaniu rzeczywistych warunków filtracji wody

Istotą pomiarów znacznikowych jest wprowadzenie do wody i śledzenie przepływu substancji niewystępującej normalnie w tym środowisku, a także rejestracja jej stężenia w wodzie w funkcji czasu. W tego typu badaniach niezwykle ważne są dobór odpowiedniego, nietoksycznego znacznika o małej adsorpcji w gruncie i możliwość ciągłej detekcji jednocześnie w wielu punktach pomiarowych.

Jeszcze w latach 70. ubiegłego wieku popularne były znaczniki izotopowe, które – jakkolwiek sprawiały wiele kłopotów w zakresie promieniowania – można było łatwo dobrać do danego eksperymentu. Do zalet stosowania izotopów należała przede wszystkim możliwość prowadzenia pomiarów „in situ” przy użyciu sond detekcyjnych, które mogły być wprowadzane do piezometrów. W następnych latach izotopy straciły na znaczeniu, głównie ze względu na brak społecznej akceptacji ich stosowania w naturalnym środowisku, i zostały zastąpione barwnikami fluorescencyjnymi. Identyfikacja barwnika fluorescencyjnego wymagała ręcznego pobierania próbek wody i przenoszenia do oznaczania stężenia na stacjonarnym fluorymetrze. W najlepszym razie można było ustawić przy otworze badawczym połowy fluorymetr, do którego pompowano bezpośrednio wodę z jednego otworu. Rozwiązań technicznych w postaci sond detekcyjnych w literaturze światowej nie znaleziono.

W związku z powyższym w latach 80. zespół pod kierownictwem mgr. inż. Andrzeja Mazurczyka pracował w OTKZ nad własną konstrukcją sondy do wykrywania fluoresceiny, szukając rozwiązania, które zapewniłoby odpowiednią czułość pomiaru i umożliwiłoby rejestrację stężenia barwnika przez pomiar „in situ” w wielu sondach jednocześnie, a następnie przesy-

łanie mierzonych wartości sygnałem elektrycznym do urządzenia rejestrującego. W rezultacie powstała unikalna na skalę światową konstrukcja polowej sondy fluorymetrycznej, której parametry dały się porównać z parametrami fluorymetrów laboratoryjnych. Rozwiązania tej sondy stanowią patent IMGW numer 163461 autorstwa mgr. Jerzego Bródkowskiego (pracownika Pracowni Badań Filtracji, z zawodu hydrogeologa).

Zestaw pomiarowy do badań znacznikowych został rozbudowany, aby możliwa była współpraca pięciu sond z komputerem, poprzez interfejs zapewniający urządzeniom właściwe warunki prądowo-napięciowe i możliwość ustalenia zakresu pomiarowego. Aparatura stanowiła podstawowe wyposażenie Polowego Laboratorium Filtracji umieszczonego w specjalnie przystosowanej przyczepie kempingowej.

Sprzęt pomocniczy do prowadzenia pomiarów znacznikowych stanowiły pompy do dozowania znacznika, agregat prądotwórczy, odpowiednie okablowanie itp. W praktyce wykonywania badań procesów filtracyjnych w zaporach ziemnych podstawowe znaczenie ma sieć piezometryczna. Zły stan techniczny piezometrów utrudnia, a nawet uniemożliwia prawidłowe pomiary. Podstawowym mankamentem jest na ogół zamulenie rury podfiltrowej i osłabienie drożności filtra kolmatującego się drobnymi frakcjami gruntu bądź tlenkami metali (najczęściej żelaza dwuwartościowego) rozpuszczonymi w wodzie. Poprawienie zdolności przewodzących piezometru wymagało skutecznych zabiegów płuczących. Do tego celu stosowano specjalnie opracowany i wykonany w IMGW (autorstwa mgr. inż. Wiesława Wachowskiego) zestaw nazywany pompą powietrzno-wodną.

W związku z potrzebą rozwijania metod identyfikacji miejsc intensywnych ucieczek wody ze zbiorników, w Pracowni Filtracji opracowano również metodę określania miejscowej szczelności dna, łączącą elementy techniki traserowej i techniki nurkowania. Pomiary w zbiornikach przy zaporach w Chańczy, Czańcu, Jeziersku potwierdziły dużą przydatność przedstawionej metody w określaniu warunków szczelności dna zbiorników.

W latach 1985-2005 polowe laboratorium było wykorzystane do rozwiązywania problemów związanych z filtracją w wielu zaporach i elektrowniach wodnych w Polsce. Z ważniejszych prac można wymienić:

- Zapora Wisła-Czarne – w trakcie wykonywania przesłony cementacyjnej w prawym przyczółku zapory prowadzono pomiary kontrolne dla oceny kontaktów hydraulicznych między otworami cementacyjnymi a systemem drenażowym, a po wykonaniu przesłony sprawdzono jej szczelność.
- Zapora Chańcza – w lewym przyczółku jazu zapory badano kontakty hydrauliczne i prędkości filtracji oraz przeprowadzono pomiary testujące szczelność dna zbiornika.
- Zapora Czaniec – wykonano badania testujące szczelność dna zbiornika, żelbetowego ekranu odwodnego oraz określono prędkości filtracji w najsłabszych rejonach zapory.

- Zapora Jeziorsko – określono kierunek i rzeczywiste prędkości filtracji w 11 przekrojach piezometrycznych, wykonując pomiary w przyczółkach i pod płytą wypadową jazu.
- Zapora Czorsztyn-Niedzica – badano kontakty hydrauliczne w prawym przyczółku zapory czołowej.
- Zapora Nysa – badano kontakty hydrauliczne w przyczółkach bloku spustowo-elektrownianego.
- Stopień Włocławek – oceniono warunki filtracji w prawym przyczółku jazu i testowano szczelność czołowej ścianki jazu.

Poza tym prowadzono pomiary w celu rozpoznania kontaktów hydraulicznych i prędkości filtracji w elektrowniach Dębe, Smukała, Rejowice, Borowo, Podgaje, Pilchowice, Zatonie i innych obiektach.



Badania kontaktów hydraulicznych w zaprze Czorsztyn-Niedzica (fot. archiwum CTKZ).



Polowa sonda fluorymetryczna Cyclops z rejestratorem wyników pomiarów (fot. archiwum CTKZ).

W trakcie badań okazało się, że zastosowanie sondy fluorymetrycznej wykroczyło poza przyjęte założenia. Testy wykazały, że zależność między poziomem sygnału a koncentracją zawiesziny gruntowej jest niemal liniowa w szerokim zakresie (od 0,05 do 5 g/dm³). Umożliwiło to rozróżnianie wód o różnym stopniu zmaczenia. Właściwość tę wykorzystano podczas badań mieszania się wód Narwi z wodami Bugu w Zalewie Zegrzyńskim.

Metody znacznikowe z wykorzystaniem fluoresceiny, pozwalające określić rzeczywistą prędkość filtracji lub rozpoznać kontakty hydrauliczne w budowach hydrotechnicznych róż-

nego rodzaju, odgrywają podstawową rolę w badaniach filtracji prowadzonych przez CTKZ. Wyeksploatowane sondy pomiarowe konstrukcji Jerzego Bródkowskiego zostały w 2016 r. zastąpione nowoczesnymi sondami firmy Turner Designs USA. Realizacją badań zjawisk filtracyjnych z wykorzystaniem tego sprzętu zajmuje się mgr inż. Wiesław Wachowski i mgr inż. Sławomir Selerski.

5.3. Metody geofizyczne w badaniach filtracji

W latach 70. zespół w składzie dr inż. Ryszard Ryżak oraz technicy Włodzimierz Sałek, Krzysztof Stachurski i Tamara Wilk podjął zadanie wykorzystania metod geofizycznych, opracowanych pod kątem potrzeb badań hydrogeologicznych, do badań zjawisk filtracyjnych związanych z techniczną kontrolą zapór. Spośród przetestowanych metod najbardziej efektywne okazały się dwie: metoda ładunku elektrycznego (naładowanego ośrodka) i metoda pomiarów oporności elektrycznej wód, wchodząca w skład zespołu metod geoelektrycznych.

Metoda ładunku elektrycznego polega na powierzchniowym śledzeniu zmian pola elektrycznego, wywołanych ruchem elektrolitu wprowadzonego do filtra piezometru kontrolnego i przemieszczającego się w gruncie wraz z filtrującą wodą. Pomiaru wykonane w całej sieci piezometrycznej obiektu umożliwiają określenie dominujących kierunków filtracji i przestrzennego rozkładu intensywności filtracji (prędkości rzeczywistej filtracji) w obiekcie. Informacje te wraz z wynikami pomiarów ciśnień piezometrycznych pozwalają na wyróżnienie stref zagrożonych nadmierną filtracją.

Pierwsze pomiary metodą ładunku elektrycznego o charakterze systemowym wykonano w 1974 r. dla zapory Koronowo. Uzyskano wiele szczegółowych informacji o przebiegu procesów filtracyjnych w zaporze, niemożliwych do uzyskania w inny sposób. Dane te były ważnym elementem ogólnego rozpoznania stanu technicznego obiektu i podstawą do zaprojektowania prac modernizacyjnych budowli. Jakość informacji pozyskiwanych dzięki pomiarom geofizycznym spowodowała, że metoda ładunku elektrycznego upowszechniła się w dalszej praktyce technicznej kontroli zapór. Szczególnie istotne były wyniki badań dotyczące zakresu i skali destrukcyjnych skutków filtracji w obrębie podłoża i nasypu ziemnego dla zapór Czaniec, Myczkowce, Czchów, Przeczyce i Wisła-Czarne. Na ich podstawie opracowano projekty prac remontowych tych obiektów. Pomiary wykonano także dla kilkunastu innych zapór.

Metoda pomiarów oporności elektrycznej wód wykorzystuje bezpośredni związek między przewodnictwem elektrycznym wody i jej mineralizacją ogólną. Przez proste pomiary oporu elektrycznego wód filtracyjnych, prowadzone przy wykorzystaniu sieci piezometrycznej zapory, można określić przestrzenny rozkład mineralizacji tych wód w obrębie obiektu

i wód podziemnych w jego otoczeniu. Warunkiem stosowania metody jest istnienie kontrastów oporu elektrycznego (mineralizacji) między wodami powierzchniowymi spiętrzonymi w zbiorniku i naturalnymi wodami podziemnymi w jego otoczeniu. Stwierdzono występowanie dwóch najczęściej spotykanych typów kontrastów:

- nisko zmineralizowane wody powierzchniowe i wysoko zmineralizowane wody podziemne dalekiego zasilania (typ charakterystyczny dla rejonów górskich i wyżynnych);
- wysoko zmineralizowane, zanieczyszczone wody powierzchniowe, zasilane przez zrzuty wód przemysłowych i nisko zmineralizowane wody podziemne (głównie na terenach nizinnych).

Pierwszy typ kontrastów stwierdzono w rejonie oddziaływania zbiorników Solina, Myczkowce, Rożnów, Czchów, Wisła-Czarne i Przeczyce. Z drugim zetknięto się w przypadku zbiorników Rybnik i Dzierżno Duże oraz w sąsiedztwie osadników odpadów przemysłowych.

Informacje istotne dla rozpoznania warunków filtracji uzyskano dla zapór Solina, Rożnów, Myczkowce i Wisła-Czarne, gdzie stwierdzono znaczny wpływ zasilania stokowego na stan ciśnień filtracyjnych w obrębie i sąsiedztwie obiektów. Dla zapór Przeczyce i Rybnik określono zasięg opływu przyczółkowego i strefy wzmózonych ucieczek wód zbiornikowych. Pomiary dla kilkunastu innych obiektów nie wykazały zjawisk realnie wpływających na ich stan bezpieczeństwa. Od 2017 roku opisane wyżej pomiary kierunku i rzeczywistej prędkości filtracji metodą ładunku elektrycznego realizowane są przy pomocy cyfrowej aparatury nowej generacji DRM-5.

5.4. Rozpoznanie pochodzenia wód zasilających rejon przyczółków budowli piętrzących

Przy ustalaniu kontaktów hydraulicznych wód zasilających przyczółki (lub podłoże) zapory, często zachodzi potrzeba rozstrzygnięcia zagadnienia czy w wypadku obserwowanych zjawisk wzmózonej filtracji woda pochodzi z bezpośrednich przesiąków ze zbiornika, czy też są to wody głębne o długim czasie przebywania w górotworze. W takich wypadkach stosowano obserwacje zmian temperatury wody w profilach piezometrycznych i wykonywano analizy składu chemicznego wody pobranej z charakterystycznych punktów zapory.

Badania hydrochemiczne w postaci prostych analiz polowych są prowadzone bezpośrednio przy zaporze. W OTKZ problemem tym zajmowali się, mający odpowiednie przygotowanie w zakresie analityki chemicznej, mgr inż. Wiesława Łapińska-Noworyta i mgr Michał Jasiński, wykorzystując do tego celu specjalnie wyposażone samochodowe laboratorium mikro-analityczne.

Stosowanie metody chemicznej do identyfikacji kontaktów hydraulicznych jest oparte na dokładnej znajomości warunków hydrogeologicznych badanego obiektu. W toku badań uwzględnia się zmiany naturalnych warunków wywołane gospodarczą działalnością człowieka (zanieczyszczenia). Do rozróżnienia pochodzenia wód wykonywano oznaczenia takich jonów, jak Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , Ca^{2+} i Mg^{2+} . W razie potrzeby rozszerzano oznaczenia o np. CO_2 , H_2S , Fe^{2+} czy Fe^{3+} . Ponadto można było oznaczyć twardość (pH), zasadowość i agresywność wód w stosunku do betonu. Analizy chemiczne wykorzystywano do rozpoznania pochodzenia wód w badaniach zapory w Wiśle Czarnej, Besku, Czorsztyn-Niedzica, Klimkówka i na wielu mniejszych obiektach.

W wyniku pozytywnych rezultatów uzyskanych podczas identyfikacji wód gruntowych metodami chemicznymi, w następnych latach zdecydowano w CTKZ o rozszerzeniu zakresu tego typu prac z użyciem bardziej zaawansowanej aparatury pomiarowej. W tym celu zakupiono sprzęt badawczy umożliwiający pomiary różnych parametrów fizyko-chemicznych wód powierzchniowych i gruntowych in-situ bezpośrednio w terenie. Obecnie na wyposażeniu centrum znajdują się sondy dwuparametrowe OTT Hydromet KL 010 (temperatura i poziom wody), trójparametrowa sonda (poziom wody, temperatura, przewodność elektryczna), pH-metr polowy, pirometr laserowy ThermoSpot Vision do zdalnego pomiaru temperatury gruntu. Pracami badawczymi z wykorzystaniem wymienionego sprzętu w terenie kieruje mgr inż. Sławomir Selerski.

5.5. Kontrola sieci piezometrycznych i drenaży

Podczas wykonywania badań zjawisk filtracyjnych okazało się, że wiarygodność uzyskanych wyników zależy w bardzo dużym stopniu od stanu technicznego piezometru wykorzystwanego przy pomiarach. Zły stan jednego lub nawet wielu piezometrów otwartych w sieci pomiarowej na obiekcie piętrzącym uniemożliwia nie tylko wykonanie prawidłowych badań filtracji, ale także podważa wiarygodność standardowych pomiarów poziomu wód gruntowych wykonywanych przez obsługę stopnia wodnego. Ponieważ wspomniane dane mają decydujące znaczenie przy sporządzaniu oceny stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli ziemnych, uznano za konieczną obowiązkową kontrolę sieci piezometrycznej każdego ocenianego obiektu przynajmniej raz na 10 lat. Metodkę wykonywania oceny stanu technicznego sieci piezometrycznej opracował mgr inż. Wiesław Wachowski, który również nadzoruje jej realizację w terenie.

Elementami takiej oceny są płukanie (czyszczenie) piezometru pompą wodno-powietrzną, oględziny wnętrza rury piezometrycznej przewodową kamerą video „See Snake” i badanie drożności oczyszczonego piezometru metodą nadpiętrzonego zwierciadła wody. W ostatnich latach kontrolę piezometrów uzupełniono również o inspekcję drenaży znajdujących się na

obiekcie. Wykonywanie prac tego typu umożliwiło wyposażenie CTKZ w agregat wodny wysokociśnieniowy do przepłukiwania rur drenażowych i samobieżną przewodową kamerę wideo do ich oglądu. Obsługą tych wszystkich urządzeń zajmują się technicy Adam Matura i Roman Adamski.

5.6. Nowe metody teoretyczne

W ramach programów badawczo-wdrożeniowych związanych z badaniem zjawisk filtracyjnych, w latach 2000-2003 w OTKZ opracowano dwie teoretyczne metody określania kierunków filtracji: „testu znaku” oraz „iloczynu skalarnego” (dr inż. Leszek Opyrchał). Obie oparto na teoretycznym związku między kontaktem hydraulicznym rejonu, w którym jest zafiltrowany piezometr i poziomem wody górnej w zbiorniku. Metody różnią się stosowanym aparatem matematycznym do stwierdzenia stopnia podobieństwa zmian przebiegu stanów wody w piezometrze i zmian poziomu wody górnej. Wykorzystano je m.in. w analizach zjawisk filtracyjnych na zaporze Brody Iłżeckie.

5.7. Komputerowa symulacja filtracji w technicznej kontroli zapór

W ocenie mechanizmu filtracji pomocniczym narzędziem są modele numeryczne. Komputerowa symulacja filtracji umożliwia rozpoznanie procesów filtracyjnych specyficznych dla danego obiektu. Na podstawie pomiarów w sieci piezometrycznej dokonuje się weryfikacji przyjętego modelu, który następnie może służyć eksperymentom numerycznym sprawdzającym skuteczności działania rozwiązań technicznych poprawiających bezpieczeństwo obiektu (przesłony uszczelniające, urządzenia odwadniające itp.), określeniu lub prognozowaniu zmian stanów wód gruntowych i wpływu budowy na otoczenie. Modele numeryczne stosuje się do badania filtracji:

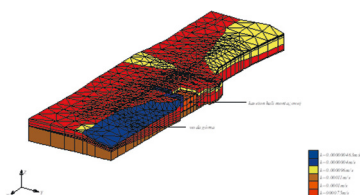
- przez korpus i podłoże zapory ziemnej;
- w przyczółkach zapór;
- w warunkach awarii przesłony uszczelniających;
- przez wały przeciwpowodziowe podczas wezbrania.

W zależności od potrzeb i rozpoznania obszaru filtracji, można zastosować modele dwuwymiarowe w planie lub w przekroju, modele uwzględniające strefę nienasyconą lub modele trójwymiarowe.

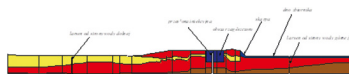
Zmiana położenia krzywej filtracji w korpusie zapory ziemnej może być spowodowana uszkodzeniem zabezpieczeń przeciwfiltracyjnych, co ma wpływ na bezpieczeństwo obiektu. Zbyt duże gradienty wysokości hydraulicznej mogą prowadzić do występowania zjawisk

sufozyjnych lub przekroczenia granicznego położenia zwierciadła wody w pobliżu skarpy odpowietrznej, co w dalszej konsekwencji może doprowadzić do katastrofy. Analizę skutków awarii zabezpieczeń przeciwnieprzepuszczalnych wykonuje się za pomocą modelu matematycznego filtracji. Zgodność modelu z rzeczywistymi warunkami jest weryfikowana przez porównywanie obliczonego położenia zwierciadła wody (wysokości hydraulicznych) z wynikami pomiarów w piezometrach. Na zweryfikowanym modelu można wykonać symulacje różnych scenariuszy przebiegu awarii ekranu uszczelniającego skarpe odwodną. Przykładem takich obliczeń są symulacje filtracji przez zapórę czołową Jeziorsko. W typowym przekroju podłoża zapory występują dwie warstwy filtracyjne: warstwa górna to utwory czwartorzędowe, natomiast warstwa dolna – utwory trzeciorzędowe. Korpus zapory w tym przekroju jest zbudowany z utworów o tych samych parametrach filtracyjnych co warstwa czwartorzędowa. Średnia miąższość warstwy przewodzącej wodę wynosi ok. 40 m, a długość przekroju 1400 m. Trójkątną siatkę podziału skonstruowano odpowiednio do geometrii obszaru filtracji, a następnie przyjęto odpowiednie parametry filtracyjne w jej węzłach. Awarię ekranu modelowano jako jego pełne rozszczelnienie (pełny kontakt filtracyjny z korpusem zapory).

Dla obszaru lewego przyczółka zapory Dębe opracowano trójwymiarowy model filtracji. Do obliczeń wykorzystano program Groundwater Modeling System (GMS 2.0) i program obliczeniowy FEMWATER. W planie ($x, y, z = 0$) obszar ma w przybliżeniu kształt prostokąta o długości około 280 m i szerokości 85 m.



Trójwymiarowa siatka obliczeniowa - widok od strony wody górnej (archiwum CTKZ).



Przekrój przez modelowany obszar - oznaczenia jak na poprzednim rysunku (archiwum CTKZ).

Od góry w obszarze filtracji wyróżniono warstwę gruntu zbudowanego z piasków średnich, drobnych i pylistych, stanowiącego nasyp. Strop górnej warstwy jest opisany rzednymi terenu, a współczynnik filtracji k_s wynosi $7,5 \cdot 10^{-5}$ m/s. W niektórych rejonach nasypu, szczególnie od strony wody dolnej, uwzględniono występowanie gruntu bardziej rozluźnionego o współczynniku $k_s = 9,6 \cdot 10^{-5}$ m/s. Poniżej tej warstwy, aż do nieprzepuszczalnych ilów, zalega warstwa gruntu zbudowana z piasków średnich o współczynniku filtracji $k_s = 1,1 \cdot 10^{-4}$ m/s. Założono, że strop nieprzepuszczalnych ilów stanowi dolną granicę analizowanego obszaru. Zakolmatowane dno zbiornika od strony wody

górnej stanowi 1-metrowa warstwa gruntu o współczynniku filtracji $k_s = 4,63 \cdot 10^{-7}$ m/s. W rejonie przyczółka w modelu uwzględniono następujące obiekty: kaseton hali montażowej ($k_s = 1 \cdot 10^{-4}$ m/s); obszary, w których w poprzednich latach wykonano zagęszczenia gruntu rodzimego ($k_s = 4 \cdot 10^{-7}$ m/s); nieprzepuszczalną przesłonę iniekcyjną; pozostawioną z okresu budowy nieprzepuszczalną grodzę (larsen), ciągnącą się od wody górnej w kierunku wody dolnej i otaczającą przyczółek od strony łądu (południowej). Przy użyciu programu GMS v2.0 i mapy rzędnych dna zbiornika dokonano aproksymacji trójwymiarowej budowy geologicznej analizowanego obszaru.

W modelu numerycznym siatka elementów przestrzennych powinna być adekwatna do geometrii wyróżnionych warstw gruntów i geometrii występujących w obszarze obiektów. W omawianym modelu siatka uwzględnia kaseton hali montażowej, obszary gruntów zagęszczonych, geometrię przesłony iniekcyjnej i grodzy. Trójwymiarowa siatka obliczeniowa składa się z 5772 węzłów obliczeniowych i 8708 elementów w postaci graniastosłupów trójkątnych.

Badania modelowe przeprowadzono dla filtracji ustalonej. Na dnie zbiornika (węzły poniżej skarpy odwodnej) przyjęto warunek brzegowy pierwszego rodzaju, w postaci stałej całkowitej wysokości hydraulicznej odpowiadającej wysokości wody górnej. Ze względu na bezpośredni kontakt układu z wodą dolną, dla węzłów leżących od strony wody dolnej i poniżej aż do warstwy nieprzepuszczalnej założono stałą wartość warunku brzegowego odpowiadającego wysokości wody dolnej. Na pozostałych powierzchniach brzegowych przyjęto nieprzepuszczalne podłoże, brak zasilania na powierzchni terenu, szczelne płyty zabezpieczające na skarpie od strony wody górnej oraz nieprzepuszczalną grodzę z okresu budowy i przesłonę iniekcyjną.

Opracowany model zastosowano do określenia wpływu różnych rozwiązań projektowych na przebieg filtracji w rejonie lewego przyczółka zapory Dębe.

Badania modelowe filtracji w rejonie elektrowni Dychów wykonano w celu rozpoznania zjawisk filtracyjnych w strefie tzw. zamka wodnego, skarpy i elektrowni. Dużą rolę w kształtowaniu się warunków w tym obszarze odgrywa zbiornik wyrównawczy i wykonana w 1998 r. ścianka szczelna mająca ograniczyć dopływ wód w rejon skarpy. Dla potrzeb modelowania wykonano mapę numeryczną rzędnych spągu warstwy wodonośnej i rzędnych stropu warstwy wodonośnej. Do obliczeń wykorzystano program FDST, który prognozuje rozkład wysokości hydraulicznej i przeprowadza bilans wodny w danym obszarze filtracji.

W procesie weryfikacji modelu wydzielono obszary o stałych współczynnikach filtracji oraz podzielono przesłonę filtracyjną chroniącą skarpe na segmenty. Przedmiotem analiz były wartości współczynników w wydzielonych obszarach i segmentach przesłony przeciwfil-

tracyjnej. Dla usprawnienia tego procesu wytypowano 46 piezometrów, ważnych z punktu widzenia filtracji, zlokalizowanych w obrębie skarpy lub w jej pobliżu.

Po przeprowadzeniu około 200 wariantów symulacji uzyskano model, który w wystarczającym stopniu, na obecnym poziomie rozpoznania, odzwierciedla rzeczywiste warunki filtracyjne w rejonie skarpy i elektrowni Dychów.

6. BADANIA GEOTECHNICZNE I PRACE TOWARZYSZĄCE

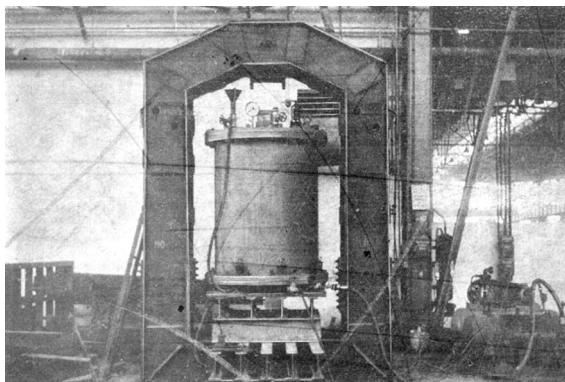
Badania geotechniczne związane z techniczną kontrolą zapór rozpoczęto w Zakładzie Budowli Ziemych utworzonym w 1969 roku. Jego pierwszym kierownikiem został dr inż. Janusz Żurek, a następnie dr hab. inż. Bolesław Jacenków (od 1 czerwca 1971 r.). Od maja 1973 roku pracami geotechnicznymi związanymi bezpośrednio z techniczną kontrolą zapór w zmieniających się strukturach organizacyjnych kierował mgr inż. Bogusław Rzadkowski. Zadania obejmowały głównie badania z dziedziny gruntoznawstwa i mechaniki gruntów, ukierunkowane na projektowanie konstrukcji ziemnych i narzutowych budowli piętrzących oraz technologii ich wykonania.

W pierwszym okresie w zakładzie opracowano m.in. wytyczne projektowania i wykonywania zapór ziemnych i narzutowych na Podkarpaciu oraz technologie układania i zagęszczania korpusów zapór ziemnych i narzutowych, w tym optymalnego zagęszczenia pospółek otoczkowych i gruntów gruboziarnistych dla celów budowy zapór. Do istotnych osiągnięć zakładu w połowie lat 70. należy zaliczyć opracowanie zasad budowy rdzeni i przesłon wodoszczelnych, warstw przejściowych, filtrów odwrotnych i drenaży w zaporach ziemnych i narzutowych oraz ich podłożu. Kolejne działania były związane z określeniem własności fizyko-mechanicznych gruntów przeznaczonych na statyczne nasypy budowanych wówczas w Polsce zapór ziemnych, takich jak Dobczyce, Klimkówka, Słup, Wisła Czarne, Czorsztyn, Świnna Poręba i Dobromierz.

W zakładzie zorganizowano pierwsze w Polsce laboratorium aparatury wielkowymiarowej do określenia fizyko-mechanicznych własności gruntów gruboziarnistych. Wyposażenie laboratorium w nietypową, prototypową aparaturę wymagało niejednokrotnie zastosowania nowych, oryginalnych rozwiązań konstrukcyjnych. Przykładem może być zgłoszony do Urzędu Patentowego i zarejestrowany pod nr P-162636 projekt wynalazczy na „Urządzenie do badania wytrzymałości na ścinanie i odkształcalność gruntów i materiałów gruntopodobnych” autorstwa dr. inż. Janusza Żurka, mgr inż. Ireny Rogowskiej i mgr inż. Bogusława Rzadkowskiego.

Obok prac realizowanych w związku z budową nowych obiektów hydrotechnicznych, w zakładzie wykonywano badania geotechniczne dla innych rodzajów inwestycji, m.in. prace badawczo-kontrolne nasypów na Wisłostradzie i Trasie Łazienkowskiej. Wspólnie z geologami analizowano możliwości zastosowania metod geofizycznych w badaniach podłoża i korpusów zapór ziemnych, jak również fotointerpretacji geologicznej fotogrametrycznych zdjęć lotniczych do prognozowania zmian w zboczach zbiorników wodnych. W wyniku tych ostatnich badań powstało m.in. studium stateczności Góry Zamkowej w czasie budowy zapory w Dobzycach i geologiczno-inżynierska ocena stanu zboczy Góry Żar w pierwszym roku

eksploatacji zbiornika Porąbka-Żar. W tym czasie zakład był jednym z czołowych ośrodków badawczych budowlı ziemnych w Polsce.



Wielkowymiarowy aparat trójosiowy do badań gruntów gruboziarnistych (fot. M. Skup, IGW – informator, 1970 r.).

W późniejszym okresie, w związku z ograniczeniami finansowymi i wstrzymaniem realizacji nowych obiektów hydrotechnicznych, podstawową działalnością zakładu były prace badawczo-kontrolne dla potrzeb już istniejących budowli ziemnych, w tym zapór, obwałowań przeciwpowodziowych i składowisk materiałów odpadowych. Do najważniejszych osiągnięć należy zaliczyć badania wykonane dla elektrowni szczytowo-pompowej w Dychowie, na zaporze ziemnej stopnia wodnego we Włocławku, badania osuwiska w Samociążku i badania dla potrzeb modelu hydraulicznego wód gruntowych terenu Elektrociepłowni Toruń.

Od 2007 roku, po zmianach organizacyjnych w IMGW, prace badawcze i pomiary dla potrzeb ocen stanu technicznego i bezpieczeństwa budowli hydrotechnicznych w zakresie geotechniki prowadził Zakład Geotechniki, Filtracji i Badania Jakości Betonów Hydrotechnicznych OTKZ. W komórce kontynuowano prac realizowane w Zakładzie Dynamiki Wód Podziemnych (Pracowni Hydrogeotechniki) i Zakładzie Geotechniki z siedzibą w Borowej Górze k. Serocka. Nowo utworzona jednostka należała do prekursorów rozwoju i wdrażania do krajowej praktyki inżynierskiej iniekcyjnych metod wzmacniania i uszczelniania gruntów materiałami pochodzenia mineralnego i chemicznego.

Aktualnie, po kilku kolejnych zmianach organizacyjnych, działa Biuro Geotechniki, Filtracji i Jakości Betonów Budowli Piętrzących, w którym realizowane są głównie badania i pomiary dla potrzeb ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli hydrotechnicznych. Biuro obejmuje trzy wydziały zlokalizowane w Krakowie, Gorzowie Wielkopolskim i w Legionowie oraz sekcję w Katowicach.

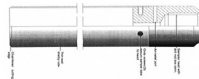
Badania geotechniczne obejmują wiercenia geotechniczne, sondowania dynamiczne, inne badania geotechniczne, badania laboratoryjne, analizy i obliczenia oraz badania geofizyczne.



Wiertnica H 20 P5 (fot. archiwum CTKZ).



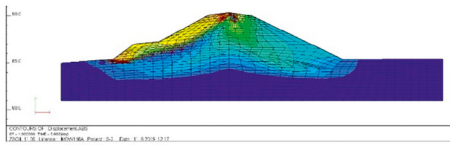
Aparat bezpośredniego ścinania w laboratorium w Legionowie (fot. archiwum CTKZ).



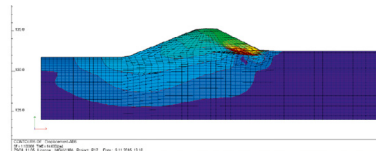
Próbnik Shelby do poboru NNS (archiwum CTKZ).

Badania geotechniczne stanowią podstawę dla przeprowadzenia obliczeń przy wykorzystaniu Metody Elementów Skończonych i określenia:

- stanu zagęszczenia gruntów;
- stateczności skarp;
- ryzyka powstania przebicia hydraulicznego;
- gradientów hydraulicznych;
- podatności gruntów na sufozję;
- czasu przesiąku przez korpus wału.



Wykorzystanie MES w modelowaniu numerycznym (archiwum CTKZ).



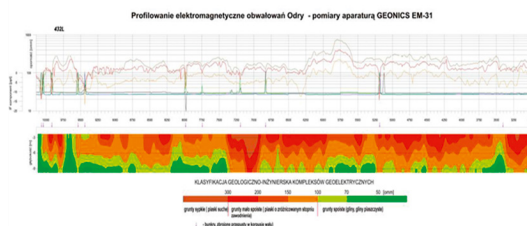
Analiza stateczności (archiwum CTKZ).

Po kilku latach doświadczeń w stosowaniu metod geofizycznych, obecnie metodę konduktometryczną, której celem jest znalezienie anomalii na długich odcinkach wałów niewyposażonych w przesłonę ze ścianki szczelnej, wykorzystuje się na co dzień. Metoda ta świetnie sprawdza się w problematyce związanej z diagnostyką płytkiego podłoża. Zwykle jest stosowana do rozpoznawania płytkiej budowy geologicznej, do określenia stref występowania utworów przepuszczalnych związanych z piaskami i żwirami, utworów nieprzepuszczalnych związanych z ilami i glinami, a także stref uskokowych, stref spękanych i obiektów metalowych.

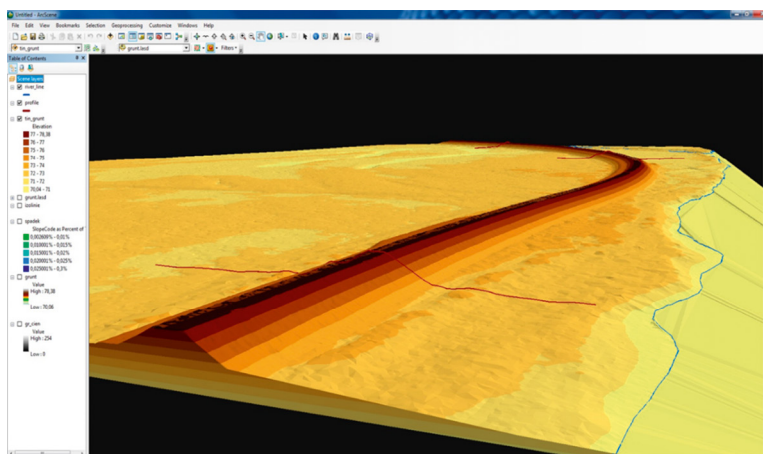
Kolejnym przykładem zastosowanej w praktyce nowoczesnej metody pomiarów geometrii budowli jest fotogrametryczna metoda pomiarowa oparta na skaningu laserowym, pozwalająca



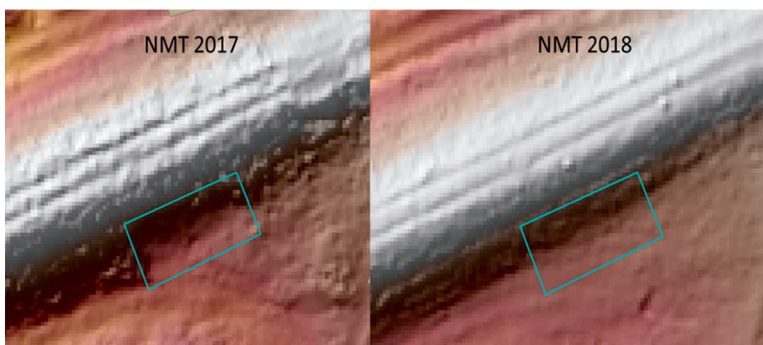
Zastosowanie konduktometrii do oceny wałów (fot. archiwum CTKZ).



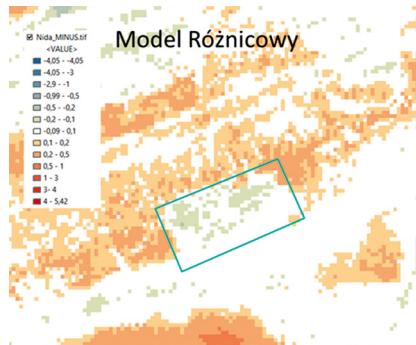
Przykład profilu elektromagnetycznego wału przeciwpowodziowego (archiwum CTKZ).



Przykład wizualizacji danych pomiarowych (archiwum CTKZ).



Generowanie numerycznych modeli terenu i analiza pozyskanych danych (archiwum CTKZ).



Tworzenie różnicowych modeli terenu (archiwum CTKZ).

jąca na pozyskanie danych w postaci chmury punktów stanowiących reprezentację terenu. Badanie polega na emisji wiązki laserowej (nadajnik), wykryciu i rejestracji powracającego sygnału (odbiornik), a następnie kalkulacji uzyskanych parametrów: odległości, czasu powrotu odbicia, intensywności powracającego sygnału. Po obróbce danych można generować numeryczne modele terenu pozwalające na analizę zmian geometrii (deformacji) budowli.

Biuro Geotechniki, Filtracji i Jakości Betonów Budowli Piętrzących zdecydowaną większość swojej działalności poświęca realizacji celów państwowej służby ds. bezpieczeństwa budowli piętrzących określonej w ustawie Prawo Wodne. Są to m.in. badania stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa ok. 600 km wałów przeciwpowodziowych, będących zgodnie z ustawą budowlami I lub II klasy administrowanymi przez Skarb Państwa. Poza tym wykonywane są również badania i pomiary dla ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli stale piętrzących wodę (zapory, jazy, śluzy itp.) realizowanych przez Biuro Ocen CTKZ. Jednostką kierowali kolejno: prof. dr hab. inż. Bolesław Jacenków, dr inż. Andrzej Wita, mgr inż. Andrzej Piętak, mgr inż. Andrzej Balcerzak, a od 2019 r. – mgr inż. Piotr Śliwiński. Biuro dysponuje wysoko wykwalifikowanym zespołem z wieloletnią praktyką i odpowiednim sprzętem technicznym niezbędnym do realizacji badań i pomiarów inżynierskich. Pracownicy biura są też autorami kilku patentów, biorą aktywny udział w konferencjach branżowych i publikują.

7. BADANIA BETONÓW

Badania betonów, głównie hydrotechnicznych, rozpoczęto w Samodzielnej Pracowni Betonów utworzonej w 1967 r. i mieszczącej się w Technikum Budowlanym Nr 1 przy ul. Górnośląskiej w Warszawie. Na początku lat 80. pracownię przeniesiono na ul. Odyńca 71a, a później do Borowej Góry. Obecnie jej zadania wykonują pracownicy Biura Geotechniki Filtracji i Jakości Betonów Budowli Piętrzących. W pracowni prowadzono badania nad łączeniem konstrukcji betonowych, technologią betonów konstrukcyjnych, w tym modyfikowanych, a także badania jakości produkowanych w Polsce cementów, kruszyw i ich przydatności do mieszanek betonowych. Ponadto projektowano betony hydrotechniczne o określonej jakości i wytrzymałości. Prace te, zwłaszcza badania nad określeniem przydatności kruszyw naturalnych z różnych regionów kraju, umożliwiły opracowanie technologii wykonania betonu dla zapory w Czorsztynie, charakteryzującego się dobrymi parametrami technicznymi. W pracowni przygotowano również wytyczne stosowania Klutanitu i Abiesodu D-1 – środków poprawiających właściwości fizyko-mechaniczne betonu. Prowadzono studia nad możliwością zastosowania przy produkcji cementów pyłów dymnicowych oraz nieniszczące i niszczące badania jakości i trwałości betonu na realizowanych obiektach hydrotechnicznych, m.in.: Chańcza, Czorsztyn, Dobczyce, Mietków, Słup i Jeziersko. Projektowano i badano betony konstrukcyjne Trasy Łazienkowskiej, dla potrzeb poligonowej produkcji prefabrykatów PBWiM „Wodmel” w Warszawie czy budowy stacji pomp w rejonie rzeki Breń .

W połowie lat 70. w Samodzielnej Pracowni Betonów podjęto również badania asfaltów i asfaltobetonów. Wspólnie z Centralnym Ośrodkiem Badawczo-Rozwojowym Budownictwa Hydrotechnicznego, na doświadczalnym odcinku kanału Żerańskiego, przeprowadzono próby rozruchowe prototypowej rozkładarki do mas bitumicznych RAB-25c wykonanej przez CBKHD „MADRO” w Krakowie. Po ułożeniu asfaltu wykonano ocenę



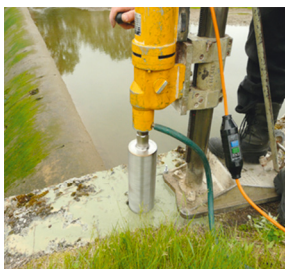
Odwiercone rdzenie na śluzie Nakło Wschodnie (fot. archiwum CTKZ).



Młotek Schmidt'a (fot. archiwum CTKZ).



Maszyna wytrzymałościowa ELE (fot. archiwum CTKZ).



Pobór próbek rdzeniowych (fot. archiwum CTKZ).



Próbka betonu (fot. archiwum CTKZ).

stateczności skarp odcinka doświadczalnego. Opracowano również receptury technologiczne mieszanek asfaltobetonowych na wykonanie warstw ekranu uszczelniającego zapory w Dobczycach.

Obecnie Biuro Geotechniki, Filtracji i Jakości Betonów Budowli Piętrzących kontynuuje działalność badawczą i kontrolną związaną z betonami hydrotechnicznymi zgodnie z nowymi normami dostosowanymi do wymagań Unii Europejskiej (metodami nieniszczącymi i na rdzeniach odwierconych z konstrukcji). Zakres badań obejmuje określanie zarówno cech fizyczno-chemicznych betonów: karbonatyzacji, gęstości objętościowej, nasiąkliwości i porowatości efektywnej, jak i właściwości fizyczno-mechanicznych: jednorodności – przy wykorzystaniu młotków Schmidta zgodnie z normą PNEN 125042:2002 (Badania betonu w konstrukcjach. Część 2: Badania nieniszczące. Oznaczanie liczby odbicia) i wytrzymałości na ściskanie – przy wykorzystaniu maszyn wytrzymałościowych ELE i ZD 10/90 zgodnie z normami PN-EN 12504-1:2001 (Badania betonu w konstrukcjach. Część 1: Odwierty rdzeniowe – Wycinanie, ocena i badanie wytrzymałości na ściskanie) oraz PN-EN 13791:2008 (Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach i prefabrykowanych wyrobach betonowych).

8. BADANIA PODWODNE

Inicjatorem badań podwodnych obiektów hydrotechnicznych był mgr inż. Wiesław Wachowski – hydrotechnik o bogatym doświadczeniu zarówno w nurkowaniu rekreacyjnym, jak i w nurkowaniu zawodowym w zakresie podwodnych prac inspekcyjnych. Zadania te rozpoczęto w IMGW w 1978 r. wraz z powstaniem Zakładu Technicznej Kontroli Zapór.

Podwodne badania podejmowano, kiedy konieczne było uzyskanie pogłębionej wiedzy na temat stanu bezpieczeństwa budowli piętujących, a w szczególności:

- do oceny stanu technicznego różnego rodzaju hydrotechnicznych konstrukcji betonowych, z uwzględnieniem nieniszczących pomiarów wytrzymałości betonu i lokalizacji ewentualnych przecieków;
- do określenia warunków filtracji w ziemnych elementach konstrukcyjnych budowli piętujących, często z uwzględnieniem infiltracji w dno zbiornika zaporowego w celu oceny skuteczności działania ścianek szczelnych w gruncie.

Ponadto, od 1994 r. i wejścia w życie ustawy Prawo budowlane badania podwodne stały się obligatoryjnym elementem okresowej 5-letniej kontroli obiektów budowlanych.

Badania w podanym zakresie wymagają specjalistycznego przygotowania do podwodnej inspekcji budowli wodnych i odpowiedniego sprzętu pomiarowego. W CTKZ prace te zawsze wykonywali przeszkoleni i doświadczeni nurkowie pod bezpośrednim nadzorem inżyniera hydrotechnika, co umożliwiało wiążącą ocenę stanu bezpieczeństwa badanego obiektu już w trakcie robót podwodnych. Badania realizuje się praktycznie przez cały rok, przy czym większość z nich w miesiącach letnio-jesiennych. Tylko w przypadku niektórych obiektów usytuowanych na rzekach nizinnych, z uwagi na znacznie lepszą widzialność pod wodą, obserwacje prowadzone są w okresie zimowym.

Badania podwodne w CTKZ były rozwijane w kierunku opracowania najbardziej efektywnej metodyki oceny bezpieczeństwa zanurzonych części konstrukcji betonowych oraz metodyki badań umożliwiających określenie wpływu procesów filtracyjnych na bezpieczeństwo budowli ziemnych. Zdefiniowano rodzaje, zakres i częstotliwość badań podwodnych, a także zasady dokumentowania ich wyników. Określono sposoby przygotowania nurków do pracy na konkretnym obiekcie, zasady poruszania się pod wodą i inwentaryzacji znalezionych uszkodzeń wraz z określeniem ich stopnia zagrożenia dla budowli. Oprócz metodyki w zakresie wizualnej oceny stanu technicznego konstrukcji betonowych, wdrożono metodę podwodnych badań sklerometrycznych, tj. dla określenia wytrzymałości betonu wg zasad opracowanych przez ITB. W tym celu skonstruowano wodoszczelną obudowę standardowego młotka Schmidta, umożliwiającą wykonywanie wspomnianych pomiarów do głębokości ok. 20 m. Prace sklerometryczne realizowano na kilku obiektach, m.in. w Elektrowni Wodnej Smukała i na ujściu wodnym w Bronisławowie.

Innym rodzajem badań specjalnych wykonywanych przez CTKZ jest kontrola szczelności betonowych elementów konstrukcyjnych, polegająca na obserwacji ruchu barwnika wprowadzonego do wody w pobliżu miejsca podejrzanego o nieszczelność. Zadaniem nurka jest dokonanie iniekcji barwnika, przesledzenie kierunku jego przemieszczania się i wskazanie lokalizacji przecieku. Tego typu badania wykonywano zazwyczaj wzdłuż dylatacji łączących elementy betonowe budowli oraz w miejscu głębokich pęknięć lub ubytków monolitu. Metoda pozwoliła wykryć miejscowe uszkodzenia połączeń dylatacyjnych na kilkunastu obiektach. Stwierdzano je zazwyczaj na połączeniach płyt ekranu lub w uszkodzeniach samych płyt. W dwóch przypadkach (Jeziorsko i Głębinów) lokalne nieszczelności wykryto w dylatacji filarów jazu. Znacznikiem stosowanym w CTKZ do poszukiwań nieszczelności w konstrukcji jest fluoresceina lub uranina – fluorescencyjne barwniki niepowodujące skażenia środowiska wodnego.

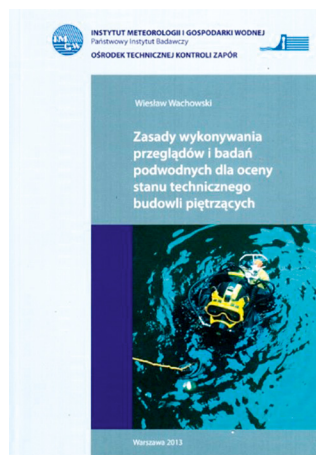
Oprócz metodyki badań w zakresie wizualnej oceny stanu technicznego budowli hydrotechnicznych przez nurków, w CTKZ opracowano metodykę określania warunków filtracji w ziemnych elementach konstrukcyjnych budowli piętrzących, która łączy badania podwodne z techniką pomiarów filtracji metodą znacznikową. Stosowano ją, gdy na podstawie metod pośrednich stwierdzano wzmoczoną filtrację przez budowlę, a obserwacje ruchu barwnika nie przynosiły rezultatu. Wówczas nurek umieszczał w wybranym miejscu skarpy lub dna zbiornika rurę dozującą, przez którą pompowano do gruntu barwnik z powierzchni. Przemieszczanie się barwnika w gruncie kontrolowano za pomocą systemu pomiarowego zaprojektowanego w CTKZ. Stosowano też wprowadzanie barwnika „metodą chmury” wytworzonej przez nurka nad badaną powierzchnią budowli.

Do określenia prędkości infiltracji w dno zbiornika stosowano, opracowaną w Centrum Technicznej Kontroli Zapor, metodę wykorzystującą urządzenie pokazane na rysunku. Nurek instalował aparaturę w wybranym miejscu na dnie zbiornika i wprowadzał do wnętrza barwnik. W wyniku infiltracji wody w podłoże zmieniało się stężenie znacznika wewnątrz stożka. Wartość stężenia w czasie rejestrowano za pomocą czulej sondy pomiarowej i na tej podstawie oceniano prędkość filtracji w badanym miejscu.

Od 1979 roku pracownicy Centrum Technicznej Kontroli Zapor wraz z nurkami wykonali różnorodne badania podwodne na ponad stu obiektach hydrotechnicznych – było to dwadzieścia pięć stopni wodnych, dwadzieścia sześć elektrowni wodnych, dwadzieścia siedem śluz, dwa ujęcia wody i sześć zbiorników zaporowych. Należy dodać, że z uwagi na pojawiające się podczas eksploatacji problemy, wiele z wymienionych obiektów badano dwa lub więcej razy – tak było na stopniach wodnych Jeziorsko i Dębe, na niektórych śluzach, w kilku elektrowniach wodnych eksploatowanych przez ZEW Dychów oraz na zbiornikach Chańcza i Czaniec. Analiza wyników badań podwodnych każdego obiektu, w formie opisu, wchodzi w skład oceny stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli wodnych monitorowanych przez Centrum Technicznej Kontroli Zapor IMGW-PIB.



Certyfikat niezbędny przy wykonywaniu badawczych prac podwodnych (fot. archiwum CTKZ).



Publikacja wydana w 2004 r., dotycząca zasad wykonywania badań podwodnych.

Do końca lat 80. mało precyzyjne państwowe przepisy w zakresie prac podwodnych umożliwiały wykonywanie badań podwodnych w CTKZ osobom bez formalnego tytułu nurka zawodowego. Z początkiem lat 90. nastąpiła zmiana wykładni obowiązujących przepisów i wszystkie osoby wykonujące prace podwodne w CTKZ (tzn. nurkowie i nadzór inżynierski) musiały zweryfikować posiadane uprawnienia i uzyskać zawodowe dyplomy kwalifikacyjne wydane przez Urząd Morski w Gdyni. W 2008 roku, zgodnie z postanowieniem ustawy o wykonywaniu prac podwodnych, Centrum poddało się auditowi potwierdzającemu spełnienie wymagań systemu zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy zgodnie z normą PN-N 18001:2004 i uzyskało certyfikat niezbędny przy wykonywaniu badawczych prac podwodnych.

Zgodnie z wymaganiami wspomnianej normy, prace badawcze w CTKZ wykonywane były przez osoby wyposażone w odpowiedni sprzęt oddechowy, a z uwagi na stosowaną metodykę badań i bezpieczeństwo pracy ekipa nurkowa zawsze była wyposażona w pełnotwarzowe maski nurkowe, umożliwiające zachowanie przewodowej łączności głosowej między nurkiem pod wodą a pracownikiem CTKZ nadzorującym jego pracę z powierzchni.

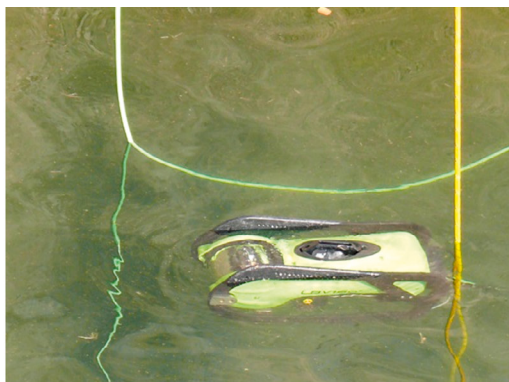
Wieloletnie doświadczenia badań podwodnych pozwoliły stworzyć ogólną metodykę wykonywania tego typu prac dla potrzeb eksploatacji budowli wodnych. Już w 1981 roku wykonano pierwsze opracowanie dotyczące metod inwentaryzacji urządzeń podwodnych w ramach Rządowego Programu Badawczo-Rozwojowego PR-7. W 1995 roku, w ramach tematu badawczego „Z-1 Metody wykrywania uszkodzeń i określania stref zagrożeń”, opracowano „Ramową instrukcję podwodnych przeglądów budowli i urządzeń hydrotechnicznych” określającą metodykę, zakres i częstotliwość prac inspekcyjnych oraz sposób dokumentowania wyników badań.

Kontynuacją prac w zakresie tej tematyki była publikacja *Zasady wykonywania badań podwodnych dla oceny stanu technicznego budowli piętrzących* wydana w 2004 r. ze środków Ministerstwa Środowiska.

W 2013 roku wspomniana publikacja została w wysokim stopniu znowelizowana i ponownie wydana w większym nakładzie przez IMGW pod tytułem *Zasady wykonywania przeglądów i badań podwodnych dla oceny stanu technicznego budowli piętrzących*. Głównym celem było wdrożenie standaryzacji w metodyce różnorodnych badań stosowanych przy inspekcji podwodnej obiektów hydrotechnicznych regionalnych zarządów gospodarki wodnej, w tym wykonywania podwodnych prac inspekcyjnych i opracowywania wyników tych prac w odniesieniu do obiektów będących przedmiotem okresowych ocen stanu technicznego i bezpieczeństwa. Autorem wszystkich wymienionych wyżej opracowań był mgr inż. Wiesław Wachowski – wieloletni pracownik CTKZ.

W 2011 roku metodyka badań podwodnych uległa znaczącej ewolucji za sprawą urządzenia ROV, czyli zdalnie kierowanego pojazdu do prowadzenia wizualnej oceny stanu technicznego obiektów podwodnych przy pomocy kamery o wysokiej rozdzielczości. Urządzenie może poruszać się w toni wodnej samodzielnie w trzech kierunkach i przekazywać obraz każdego, wybranego przez operatora, elementu konstrukcyjnego.

Od 2012 roku przy pomocy ROV wykonano podwodne „ogłędziny” na ponad czterdziestu różnych obiektach hydrotechnicznych. Dokumentacja wideo sporządzana podczas tych inspekcji jest nieodzownym elementem każdej kompleksowej oceny stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli hydrotechnicznej wykonywanej w CTKZ. Badania podwodne na obiektach o szczególnie dużym znaczeniu prowadzone są z zasady jednocześnie przy pomocy pojazdu ROV i nurków inspekcyjnych – tak było np. w przypadku kompleksowych badań ściany odwodnej zapory betonowej w Solinie w 2013 roku. Takie podejście umożliwiło udokumentowanie przez ROV całościowego przebiegu i stanu szczelin dylatacyjnych



ROV – zdalnie kierowany pojazd podwodny LBV 150-4 (fot. W. Wachowski, CTKZ).

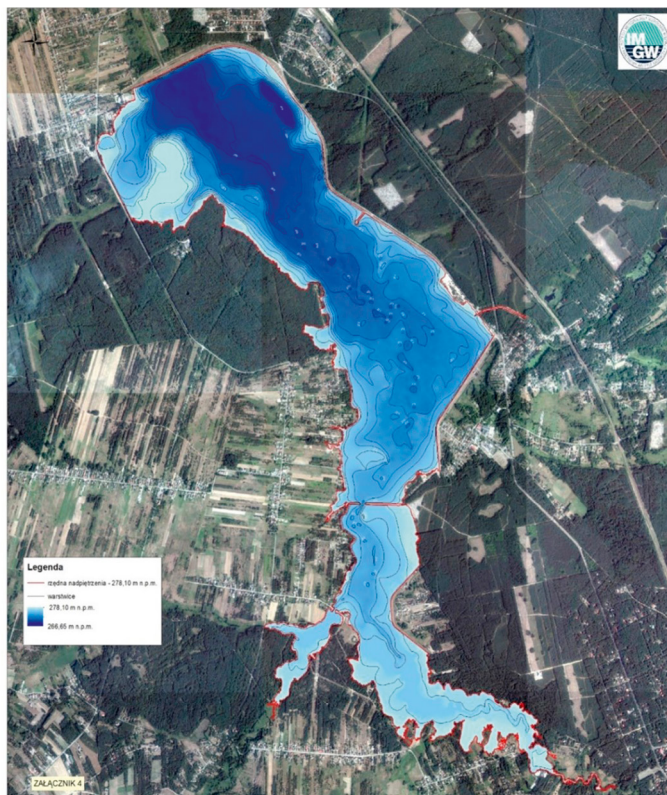
ściany piętrzącej na tzw. fotogramach mozaikowych, a następnie wykonanie bardziej szczegółowych oględzin stanu technicznego tych dylatacji przez nurków.

Podsumowaniem 40 lat prac nad metodyką i doborem specjalistycznego sprzętu do badań podwodnych jest finalne unormowanie zasad prowadzenia tych badań. Realizowane przez CTKZ oceny budowli piętrzących, w odniesieniu do ich części podwodnych, wykonywane są obecnie zgodnie z *Zasadami wykonywania przeglądów i badań podwodnych dla oceny stanu technicznego budowli piętrzących*, z częstotliwością określoną w *Wytocznych wykonywania badań, pomiarów, ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę*, tzn. jeden raz w ciągu 5 lat na budowlach I, II, III klasy ważności (kontrola 5-letnia), jeden raz w ciągu 10 lat na budowlach IV klasy ważności (co druga kontrola 5-letnia) i każdorazowo dla potrzeb kontroli nadzwyczajnej lub kontroli rocznej.

9. BADANIA I POMIARY BATYMETRYCZNE

Od samego początku przy opracowywaniu w IMGW procedur kontroli stanu technicznego obiektów piętrzących wodę bardzo duży nacisk kładziono na pomiary batymetryczne. Regularnie wykonywane pomiary i obliczenia pozwalają zaobserwować niepokojące zjawiska związane z transportem rumowiska, które mogą mieć pośredni lub bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo budowli wodnych. Duże znaczenie ma też określenie trendu zmian, który pozwala na lepsze zarządzanie i zapobieganie wystąpieniu zjawisk niekorzystnych lub niebezpiecznych.

Sedymentacja rumowiska w zbiornikach prowadzi do zmniejszenia pojemności rezerwy podziowej, ale może być również przyczyną katastrofalnego nadpiętrzenia podczas wezbrania. Innym następstwem tego zjawiska jest osadzanie się materiału transportowanego przez rzekę w cofce zbiornika. Powoduje to spływanie i intensywne zarastanie tego obszaru, co jest często przyczyną powstawania zatorów lodowych, a w konsekwencji podnoszenia się zwierciadła wody ponad korony obwałowań. Akumulowane w zbiorniku rumowisko może też stwarzać kłopoty eksploatacyjne, utrudniając obsługę zamknięć upustów dennych, a nie-raz wręcz je blokując. Innym rodzajem zjawisk wpływających w istotny sposób na bez-



Plan batymetryczny zbiornika Poraj (archiwum CTKZ).



Plan batymetryczny śluzy Dwory (archiwum CTKZ).

pieczeństwo budowli piętrzących wodę są powstające na dolnym stanowisku, a niekiedy i powyżej przegrody, miejscowe rozmycia dna przybierające formę wybojów osiagających nawet kilkunastometrowe głębokości. Najlepszym sposobem monitorowania takich zjawisk są cykliczne pomiary batymetryczne. Prowadził je wyspecjalizowany zespół wchodzący w skład kolejnych jednostek organizacyjnych, poczynając od Zakładu Hydrotechniki, a kończąc na Centrum Technicznej Kontroli Zapór. W Zakładzie Hydrotechniki trzon tego zespołu stanowili mgr inż. Bronisław Wiśniewski, mgr inż. Władysław Stefański, mgr inż. Jerzy Kloze, mgr inż. Andrzej Sowiński i tech. Ryszard Szuffladowicz. W latach następnych skład zespołu ulegał modyfikacji. Dołączyli do niego mgr inż. Andrzej Dołęgowski, mgr inż. Jerzy Mroziński i mgr inż. Wojciech Leszczyński oraz inż. Jakub Pawuła. Kolejną dekadę zespół rozpoczyna w składzie inż. Jakub Pawuła, mgr Zbigniew Dmitruk i inż. Karol Rzeczycki.

W latach 1960–2020 wykonano 76 pomiarów czasz 39 zbiorników: Besko, Brody Iłżeckie, Bukówka, Chańcza, Czaniec, Czchów, Dobczyce, Dobromierz, Goczałkowice, Jeziorsko, Klimkówka, Kozielno, Kuźnica Warężyńska, Leśna, Lubachów, Łąka, Mietków, Myczkowce, Nysa, Otmuchów, Pakość, Pogoria III, Poraj, Porąbka, Przeczyce, Rożnów, Rybnik, Rzeszów, Słup, Solina, Sosnówka, Sulejów, Topola, Tresna, Turawa, Wióry, Wisła Czarne, Włocławek, Złotniki. Zebrane podczas pomiarów dane umożliwiły opracowanie tabel pojemności, które wykorzystuje się w instrukcjach gospodarowania wodami zbiorników, a także szczegółowych map batymetrycznych.

Drugim kierunkiem działania zespołu zajmującego się pomiarami batymetrycznymi było dokumentowanie zmian zachodzących w ukształtowaniu otoczenia budowli piętrzących wodę. Zakłócenie przez stopień wodny lub zapórę naturalnego charakteru transportu rumowiska powoduje dwa rodzaje zjawisk. Pierwsze z nich to tzw. rozmycia miejscowe występujące

głównie poniżej budowli, powodujące uszkodzenia, a nieraz wręcz zniszczenie ubezpieczeń dna i prowadzące w skrajnych przypadkach do zagrożenia stateczności samej budowli i brzegów cieku. Drugim zjawiskiem jest, występująca nieraz nawet na kilkudziesięciokilometrowym odcinku rzeki, przyspieszona erozja, która prowadzi do obniżania się zwierciadła wody na dolnym stanowisku i skutkuje wzmożoną filtracją przez budowlę oraz trudnościami eksploatacyjnymi, takimi jak kawitacja turbin w elektrowni lub zbyt mała głębokość na dolnym progu śluży. Przez lata wykonano wiele prac pomiarowych związanych bezpośrednio z bezpieczeństwem budowli hydrotechnicznych, m.in. badania rozmyć stanowisk jazów (np. Dębe, Lubicz, Nielisz, Smolice, Sulejów, Włocławek), badania rozmyć stanowisk w okolicach podpór mostów, badania batymetryczne i oceny stanu kanałów żeglownych, sondowanie kanałów derywacyjnych elektrowni wodnych, pomiary śluz rzecznych, pomiary batymetryczne poniżej i powyżej progów wodnych i wiele innych.

Zmieniały się oczywiście metodyka pomiarów i używany do nich sprzęt. Szczególnie duże znaczenie dla prowadzonych w IMGW badań batymetrycznych miały ostatnie lata, w których dokonano dużych inwestycji w nowy sprzęt pomiarowo-badawczy i jednostki pływające. Dzięki temu Instytut dokonał najwięcej tego rodzaju pomiarów w Polsce i z powodzeniem zrealizował badania 16 największych algierskich zbiorników retencyjnych.

10. BADANIA CHEMICZNE WODY I OSADÓW DENNYCH

Wydział Chemii przez wiele lat funkcjonował w IMGW w Pionie Inżynierii i Gospodarki Wodnej pod nazwą Zakład Chemii i Biologii Wody. Kierownikami zakładu byli kolejno prof. dr hab. inż. Jan Dojlido, mgr Barbara Taboryska, a od 2009 r. dr inż. Urszula Dmitruk.

W 2008 roku zakład został włączony w strukturę OTKZ i zaczął realizować zadania ściśle związane z działalnością ośrodka. Po ostatniej reorganizacji w 2019 r. zmieniono jego nazwę i obecnie funkcjonuje jako Wydział Chemii w Centrum Technicznej Kontroli Zapór.

Wydział dysponuje wysoko wykwalifikowaną kadrą z wieloletnią praktyką. W latach 2005-2017 przeprowadzono i obroniono trzy przewody doktorskie, z czego dwa dotyczyły badania i oceny jakości środowiska wodnego zbiorników Włocławek i Klimkówka.

W Wydziale Chemii funkcjonuje profesjonalnie wyposażone laboratorium chemiczne, na stanie którego znajdują się m.in. chromatograf gazowy, spektrometr absorpcji atomowej,



Spektrometr absorpcji atomowej AAAnalyst 800 (fot. archiwum CTKZ).



Certyfikat akredytacji (fot. archiwum CTKZ)

analizator przepływowy, analizator węgla organicznego, spektrofotometry, pehametry, konduktometry.

W 2012 roku Wydział uzyskał certyfikat akredytacji Polskiego Centrum Akredytacji (AB 1388) jako laboratorium badawcze w zakresie pobierania i wykonywania analiz chemicznych wody powierzchniowej, podziemnej i ścieków.

Od wielu lat w wydziale realizowane były liczne zadania związane z tematyką zbiorników zaporowych. W latach 70. i 80. ubiegłego wieku badano jakość osadów dennych zalegających w czaszach Jeziora Żegrzyńskiego i zbiorników Włocławek oraz Wióry, a w późniejszym okresie także obiektów na południu Polski. W 2006 roku rozpoczęto również badania związane z oceną wpływu jakości wód powierzchniowych i jej agresywności chemicznej na stan budowli hydrotechnicznych.

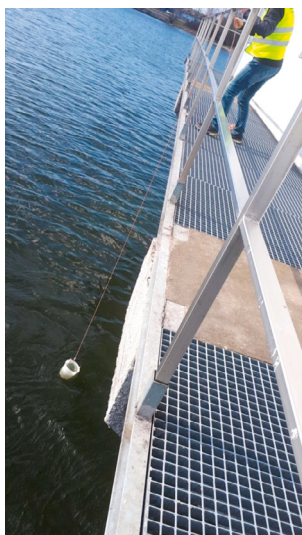
10.1. Agresywność wody

Budowle hydrotechniczne wykonane z betonu narażone są na stałe lub czasowe oddziaływanie wód powierzchniowych stojących lub płynących, w wyniku czego powstają uszkodzenia, których rozmiar zależy od stopnia agresywności wody i rodzaju betonu.

Metodyka oceny stopnia agresywności chemicznej środowiska wodnego na beton, opracowana i stosowana w wydziale, opiera się na:

- Ocenie agresywności wód miękkich z zastosowaniem indeksu nasycenia Langeliera LI. Indeks ten określa niekorzystny wpływ wody na beton i oblicza się go na podstawie stężeń wskaźników (temperatura, odczyn, twardość wapniowa, zasadowość, substancje rozpuszczone) uzyskanych w wyniku przeprowadzonej analizy chemicznej. Wartość wskaźnika $LI < 0$ świadczy o agresywności wody, $LI < -1,5$ oznacza wodę bardzo agresywną, natomiast $LI \geq 0$, że woda jest stabilna i nie ma charakteru agresywnego.
- Ocenie agresywności powodowanej obecnością dwutlenku węgla i pojedynczych jonów odpowiedzialnych za właściwości korozyjne. Agresję chemiczną wyznacza się przez porównanie wartości stężeń CO_2 i jonów oznaczonych podczas analizy chemicznej z przyjętymi normami określonymi w obowiązującej normie PN-EN 206. Norma wprowadza klasę ekspozycji betonu na agresywność chemiczną środowiska wodnego i gruntów:
 - XA1 – środowisko chemiczne mało agresywne,
 - XA2 – środowisko chemiczne średnio agresywne,
 - XA3 – środowisko chemiczne silnie agresywne.

Dla każdego stopnia przyjęto graniczne wartości stężeń następujących czynników agresywnych: pH, agresywnego CO_2 , jonów siarczanowych (SO_4^{2-}), amonowych (NH_4^+) i magnezowych (Mg^{2+}).



Pobieranie próbek wody do oceny stopnia agresywności środowiska wodnego w stosunku do betonu
(fot. archiwum CTKZ).

W latach 2008-2020 w Wydziale Chemii wykonano badania chemiczne wody i ocenę jej agresywności w stosunku do betonu na następujących zespołach budowli hydrotechnicznych (ZBH):

- Zbiorniki wodne: Wisła Czarne, Przeczyce, Łąka, Dzierżno Duże, Kuźnica Warężyńska, Dobromierz, Topola, Mietków, Nysa, Chańcza, Dobczyce, Świnna Poręba, Porąbka, Czaniec, Tresna, Besko, Klimkówka, Jeziorsko, Poraj, Włocławek, Dębe, Sulejów, Brody Iłżeckie, Wióry.
- Śluzy i jazy: hydrowęzeł Bydgoszcz, Okole, Czyżkówko, Pakość, Morzysław, Koszewo, Gawrony, Pątnów, Józefinki, Wieleń, Nakło wschodnie i zachodnie, Mikołajewo, śluzy Kanału Gliwickiego, SW Dwory, SW Smolice, SW Dąbie, SW Przewóz, SW Łączany, hydrowęzeł Borek Szlachecki, jazy: Franciszkański, Bernardyński i Rypinkowski, Nieporęt.

10.2. Badanie osadów dennych

Zbiorniki zaporowe stanowią naturalny obszar sedymentacji materii organicznej i mineralnej oraz zanieczyszczeń transportowanych przez rzekę i spływających ze zlewni – stąd szybkie tempo ich degradacji i zamulania. Efektem jest utrata pojemności, a także pogorszenie jakości środowiska wodnego ze względu na zawarte w osadach substancje, takie jak metale ciężkie i trwałe zanieczyszczenia organiczne, czyli m.in.: wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), polichlorowane bifenyle (PCB) oraz środki ochrony roślin – pestycydy.

Sedymentacja zmniejsza pojemność retencyjną zbiorników i wymusza konieczności ich pogłębiania, a co za tym idzie wydobywania znacznych ilości urobku, którego



Pobieranie osadów dennych próbnikiem rdzeniowym Nurek do badań chemicznych (fot. archiwum CTKZ).

unieszkodliwianie lub zagospodarowanie może stanowić poważny problem dla środowiska. Na podstawie przeprowadzonej oceny jakości chemicznej osadów dennych i posiadanej wiedzy na temat terenów, gdzie planuje się ich składowani, można przystąpić do badań pod kątem geotechnicznego wykorzystania materiału w różnego rodzaju pracach ziemnych np.: do wykonywania uszczelnień nasypów hydrotechnicznych, do budowy nasypów drogowych lub do wykonywania okrywy rekultywacyjnej na składowiskach odpadów.

Do 2013 roku ocena stanu zanieczyszczenia osadów dennych wykonywana była w odniesieniu do kryteriów przyjętych w *Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 16.04.2002 roku w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony*. Rozporządzenie zostało uchylone w 2013 r., w wyniku czego powstała luka prawna, częściowo tylko wypełniona przez zapisy *Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 11 maja 2015 roku w sprawie odzysku odpadów poza instalacjami i urządzeniami*, w którym określone są warunki odzysku urobku z pogłębiania. W rozporządzeniu podano graniczne wartości stężeń metali ciężkich, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych i polichlorowanych bifenyli, które nie mogą być przekroczone, jeżeli urobek z pogłębiania miałby być wykorzystany np. do budowy, rozbudowy i utrzymania budowli hydrotechnicznych.

Do pobierania osadów dennych ze zbiorników zaporowych pracownicy Wydziału Chemii wykorzystują następujący sprzęt:

- Próbnik rdzeniowy Nurek systemu Kajak – umożliwia pobieranie prób osadów o nienaruszonej strukturze z głębokości do 25 m.
- Próbniki osadu dennego typu Ekmann i typu Van Veen – służą do pobierania osadów dennych powierzchniowych z dna zbiorników. Głębokość pobierania do 25 m.

W latach 2008-2020 w Wydziale Chemii wykonano badania chemiczne osadów dennych i oceniono ich jakość dla następujących zbiorników wodnych: Besko, Brody Iłżeckie, Bukówka, Chańcza, Jezioro Zegrzyńskie, Dobczyce, Jeziorsko, Klimkówka, Lubachów, Łąka, Mietków, Nielisz, Nysa, Poraj, Porąbka, Rybnik, Rzeszów, Sulejów, Tresna, Wióry, Złotniki.

11. DZIAŁANIA W ZAKRESIE APARATURY KONTROLNO-POMIAROWEJ

Prace dla potrzeb technicznej kontroli zapór obejmowały:

- Zagadnienia teoretyczne związane z potrzebami eksploatacyjnymi (bezpieczeństwa budowli) i projektowo-wykonawczymi, w tym porównywanie rzeczywistych charakterystyk stateczności i wytrzymałości budowli oraz ich podłoża, uzyskanych z pomiarów za pomocą zainstalowanej aparatury kontrolno-pomiarowej, z założeniami projektu.
- Wykonanie nowych rodzajów aparatury kontrolno-pomiarowej. Prace w tym zakresie prowadziła Samodzielna Pracownia Aparatury Pomiarowo-Kontrolnej, którą kierował inż. Janusz Butlewski, a następnie mgr inż. Henryk Płocharski, i w której m.in. wykonywano sondy do piezoreperów magnetycznych, magnetyczne repery wgłębne czy aparaturę do badań właściwości fizyko-mechanicznych folii.

W końcu lat 70. ubiegłego wieku, we współpracy ze Szkołą Główną Gospodarstwa Wiejskiego i CBSiPBW „Hydroprojekt”, opracowano i wydano *Instrukcję wykonania i odbioru urządzeń kontrolno-pomiarowych budowli wodnych*. W tym okresie w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów (MERA-PIAP), przy ścisłej współpracy ze służbą technicznej kontroli zapór Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, były prowadzone prace konstrukcyjno-badawcze nad aparaturą strunową i czujnikami pomiarowymi dla potrzeb technicznej kontroli zapór.

11.1. Czujniki strunowe, ultradźwiękowe, indukcyjne i optyczne

Prace nad czujnikami, prowadzone w ramach realizowanych programów badawczych, można podzielić na trzy rodzaje:

- prace konstrukcyjno-badawcze w zakresie opracowywania i wykonywania prototypowej aparatury kontrolno-pomiarowej,
- prace badawcze i testujące nowe programy i metody,
- prace organizacyjne, przygotowujące i tworzące podstawy oraz bazę techniczną dla realizacji prac konstrukcyjno-badawczych.

Powstała dokumentacja konstrukcyjna i technologiczna dla ponad 20 typów różnych czujników strunowych, kilku mierników odbiorczych i systemów pomiarowych oraz stworzono bazę produkcyjną w postaci wyspecjalizowanego zakładu (Zakład Aparatury Naukowej Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie). Po wycofaniu się MERA-PIAP podjęto decyzję o kontynuowaniu działalności i prowadzeniu prac konstrukcyjno-badawczych w IMGW w Ośrodku Technicznej Kontroli Zapór, w Pracowni Aparatury Pomiarowej. Kierownikiem tej pracowni został dr inż. Edward Golonka.

Podjęmowane w pracowni zagadnienia dotyczyły testowania czujników na obiektach, opracowania nowych czujników, przyrządów, systemów i metod pomiarowych, a także zorganizowania i przygotowania bazy technicznej dla ich wdrażania. Działania konstrukcyjno-badawcze miały charakter kompleksowy – począwszy od koncepcji i opracowania, a skończywszy na wykonaniu przyrządów w metalu oraz opracowaniu dokumentacji konstrukcyjnej pozwalającej na wielokrotne ich powielanie. W latach 90. zrealizowano m.in.:

- oprzyrządowanie i oprogramowanie dla celów eksploatacyjnych zestawu do testowania aparatury w automatycznych systemach technicznej kontroli zapór;
- opracowanie i wykonanie serii prototypowej pochyłomierzy dwustronnych różnicowych;
- wykonanie prototypowych klinometrów ultradźwiękowych wraz z systemem komputerowym i uruchomienie systemu pomiarów klinometrycznych;
- wykonanie prototypowego przenośnego miernika temperatury z dwoma sondami do pomiaru temperatury wody oraz termometrów systemowych współpracujących z magistralą czujników ultradźwiękowych;
- wykonanie modelu bezdotykowego dwuosioowego czujnika przemieszczeń względnych i jego adaptacja do współpracy z magistralą systemu czujników ultradźwiękowych;
- opracowanie i wykonanie płytek elektronicznych do modułów konstrukcyjno-pomiarowych dla mikroprocesowego systemu pomiarowego czujników strunowych ze strunami o drganiach niegasnących;
- wykonanie serii prototypowej czujników strunowych do pomiaru ciśnienia wody typu SCC-05, o zakresie pomiarowym 0,5 atm i rozdzielczości 2-3 cm H₂O oraz zmodernizowanych czujników strunowych typu SCCwp-2-3 wraz z instrukcją obsługi i użytkowania;
- modernizacja konstrukcji i wykonanie prototypów niektórych czujników strunowych opracowanych w latach 70. (dotyczyło to głównie czujników strunowych do pomiarów ciśnienia wody w piezometrach otwartych i zamkniętych); skonstruowano nowy typ czujnika strunowego do pomiaru przemieszczeń liniowych typu SCPL-50;
- badania laboratoryjne prototypowego zestawu mikroprocesorowego systemu pomiarowego czujników strunowych i jego elementów.

Powyższe prace umożliwiły wdrożenie dziesięciu różnego rodzaju czujników, przyrządów i urządzeń.

W końcu lat 80. i na początku 90. istniejące przy Ośrodku Technicznej Kontroli Zapór IMGW Laboratorium Optoelektroniki wzięło udział w realizacji Centralnego Programu Badawczo-Rozwojowego nr 11.10 „Gospodarka wodna” w grupie tematycznej „Aparatura dla potrzeb systemu technicznej kontroli zapór”, w zakresie tzw. celu wyprzedzającego nr 70 pt. „Opracowanie czujników elastoptycznych dla automatycznej kontroli zapór”. Podjęte we współpracy z Instytutem Fizyki Politechniki Warszawskiej (dr inż. Joanna Hrabowska) prace badawczo-wdrożeniowe doprowadziły m.in. do opracowania polaryzatora budowlanego i zbudowania laboratoryjnego modelu szczelinomierza rastrowego.

Równoległe z pracami nad czujnikami elastooptycznymi prowadzono badania nad czujnikami ultradźwiękowymi do pomiaru przemieszczeń (we współpracy z firmą Ultrasystem; dr inż. Jacek Ornoch i mgr inż. Leszek Ornoch). Ultradźwiękowa metoda pomiaru przemieszczeń była zbliżona do metody stosowanej w echosondzie. Jednak dzięki modyfikacji polegającej na zastosowaniu impulsu cyrkulującego i pewnym rozwiązaniom technicznym uzyskano unikatową możliwość pomiaru z dokładnością submikronową. Prototypowy system kontrolno-pomiarowy (ULT2) pozwalał w sposób ciągły kontrolować przemieszczenia poszczególnych elementów obiektu, a odpowiednie oprogramowanie umożliwiało wykrywanie przekroczenia zadanych wielkości granicznych i stwierdzenie stanów alarmowych. System składał się z ultradźwiękowych czujników pomiarowych, równoległej linii transmisyjnej (magistrali) i systemu komputerowego. Opracowano ultradźwiękową, precyzyjną poziomice do wyznaczania odchyłeń (o zakresie pomiarowym 1° i czułości $0,1 \mu\text{m/m}$) i niwelator hydrostatyczny do mierzenia względnych przesunięć pionowych (o zakresie pomiarowym 50 mm i czułości $1 \mu\text{m}$).

Z uwagi na ograniczenia finansowe i trudności z dostępem do światłowodów, będących podstawowymi elementami przesyłowymi, prace w obu tematach zostały przerwane na etapie badań laboratoryjnych. Obszerne sprawozdania z wykonanych zadań przedstawiono na V Konferencji Technicznej Kontroli Zapór zorganizowanej w Międzybrodziu Żywieckim w czerwcu 1992 roku. Większość zrealizowanych prac charakteryzowała się wysokim stopniem innowacyjności, a niektóre z nich miały potencjał patentowy.

Na początku lat 90. Pracownia Aparatury Pomiarowej, wspólnie z innymi firmami (Narodowa Fundacja Gospodarki Wodnej, PRO-OMNIA – przemianowana później na Olbrysz Electronic s.c. oraz Ultrasystem i Ekomet), zmodernizowała i uruchomiła Automatyczny System Technicznej Kontroli Zapór (ASTKZ) na stopniu wodnym Dębe. Ze strony pracowni brali w tym udział dr inż. Edward Golonka i mgr inż. Sławomir Selerski. W systemie zainstalowano krajowej produkcji czujniki strunowe, indukcyjne i ultradźwiękowe. Dla potrzeb systemu opracowano program komputerowy sterujący pomiarami oraz tabelaryzujący wyniki i sporządzający wykresy. Na stopniu wodnym Dębe zainstalowano czujniki mierzące poziomy WG i WD, poziomy wody w piezometrach, zmiany szczelin dylatacyjnych i pochyłeń konstrukcji. Zainstalowano również stację METEO z czujnikami do pomiaru prędkości i kierunku wiatrów, temperatury powietrza, wody i betonu oraz barometr i deszczomierz. ASTKZ Dębe obejmował elektrownię, jaz i zaporę ziemną.

Po uruchomieniu systemu rozpoczęto przygotowania do opracowania i zainstalowania ASTKZ na stopniu wodnym Włocławek (tylko w części podległej ówczesnemu ODGW Warszawa – elektrownia nie była wówczas zainteresowana automatyzacją pomiarów). Ze strony pracowni w przedsięwzięciu brali udział dr inż. Edward Golonka, mgr inż. Sławomir Selerski i mgr Leszek Opyrczał. W ramach wspólnych prac IMGW, NFGW, firm Olbrysz

Electronic s.c. i Ultrasystem powstał system ASTKZ Włocławek, który uruchomiono w 1997 roku. W systemie zainstalowano krajowe czujniki do pomiaru poziomu i temperatury wody w piezometrach, zmian szczelin dylatacyjnych i pochyleń na śluzie, jazie i murze oporowym, poziomów WG, WD i w śluzie WS oraz temperatury powietrza w pobliżu szczelinomierzy i pochylomierzy automatycznych. Zainstalowano również stację METEO z czujnikami do pomiaru prędkości i kierunku wiatru, temperatury wody, temperatury i wilgotności względnej powietrza oraz barometr i opadomierz. Dla potrzeb ASTKZ Włocławek opracowano specjalny program komputerowy sterujący pomiarami i tabelaryzujący wyniki, z bardzo dobrą wizualizacją wyników w postaci różnych wykresów i map oraz sygnalizacją alarmową, z możliwością eksportu wyników pomiarów do innych programów komputerowych. Większość czujników strunowych przed instalacją na obiektach była poddana badaniom laboratoryjnym w Pracowni Aparatury Pomiarowej.

Dr inż. Edward Golonka i mgr inż. Sławomir Selerski opracowali również konstrukcję dwustrunowego czujnika do pomiaru zmian pochyleń konstrukcji (SCKR) i czujnika do pomiaru zmian dylatacji (SCPL-50). Pochylomierze te zainstalowano w systemie ASTKZ Włocławek.

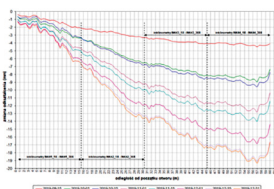
ASTKZ Dębe, w którym czujniki były instalowane w latach 80., a część z nich była prototypami wykonanymi jeszcze w MERA-PIAP, na początku XXI w. zastąpiono nowym systemem nieobejmującym elektrowni. W 2015 roku wymieniono ASTKZ Włocławek, a w 2019 r. ASTKZ w Elektrowni Wodnej Dębe.

Ponieważ obecnie wszystkie instalacje i modernizacje systemów ASTKZ podlegają procedurom przetargowym, a o wszystkim decydują właściciele obiektów hydrotechnicznych i systemów na nich instalowanych, IMGW nie bierze już udziału w tych pracach. Instytut najczęściej jest proszony o doradztwo lub opracowanie wytycznych dla systemów (np. określenie zakresów i dokładności czujników pomiarowych).

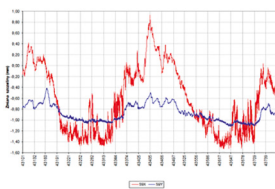
W kolejnych latach działalności OTKZ w Pracowni Aparatury Pomiarowej rozpoczęto weryfikację wyników pomiarów i ocenę stanu systemów ASTKZ zainstalowanych na obiektach hydrotechnicznych. Prace te prowadzono nadal, po reorganizacji OTKZ, w Zakładzie Ocen Stanu Technicznego i Stanu Bezpieczeństwa Budowli Piętrzących.

Wykonano oceny systemów zainstalowanych na obiektach: Besko, Dobczyce, Porąbka, Tresna, Czaniec, Dychów, Jeziorsko, Wisła-Czarne, Dębe, Włocławek i Wióry. Prace realizowali dr inż. Edward Golonka, mgr inż. Sławomir Selerski i w początkowym okresie mgr Leszek Opyrchał. Do weryfikacji wyników pomiarów automatycznych wykorzystuje się wyniki pomiarów – najczęściej dokonywanych przez pracowników OTKZ lub obsługę obiektów – klasycznymi przyrządami pomiarowymi (gwizdkami, elektronicznymi sondami pomiarowymi, suwmiarkami, pochylomierzami itd.).

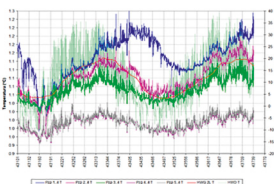
Od kilku lat Centrum Technicznej Kontroli Zapór (po zmianie nazwy z OTKZ) dokonuje również ocen aparatury pomiarowej funkcjonującej w ASTKZ na obiektach podległych elektrowniom wodnym (np. EW Dychów, EW Dębe, EW Solina, EW Myczkowce). W systemach tych zainstalowane zostały czujniki mierzące poziom i temperaturę wody w piezometrach, zmiany szczelin dylatacyjnych i zmiany pochylenia konstrukcji budowlanych oraz stacje METEO mierzące ciśnienie, temperaturę i wilgotność względną powietrza, temperaturę wody w zbiorniku, prędkość i kierunek wiatru oraz opady atmosferyczne. W systemie ASTKZ Elektrowni Wodnej Dębe zainstalowano również sondy inklinometryczne dla oceny wglębnych przemieszczeń poziomych i pionowych gruntu. W tym celu wykonano trzy otwory pionowe o głębokości 25 m, w których zainstalowano również czujniki do pomiaru ciśnienia i temperatury wody porowej oraz jeden poziomy o długości 60 m wzdłuż pasa drogowego od strony WD. W systemie ASTKZ zainstalowano również oprogramowanie ZSoil służące do analizy stateczności skarpy na dolnym stanowisku elektrowni. Zostało to poprzedzone badaniami i analizą wyników opracowaną przez Instytut Badań Stosowanych Politechniki Warszawskiej.



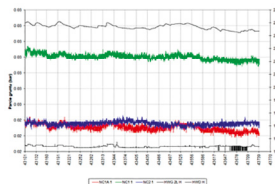
ASTKZ – wykres wyników automatycznych pomiarów inklinometriami INK41_1 – INK44_30 w poziomym otworze INK4 (numeracja od WD) (archiwum CTKZ).



ASTKZ – wykres wyników pomiarów szczelinomierzami automatycznymi S9X i S9Y (archiwum CTKZ).



ASTKZ – wykres wyników pomiarów temperatury wody w piezometrach zamkniętych Pzp-1_4 (galeria segment G2), Pzp-2_4 (G3), Pzp-3_4 (G4), Pzp-4_4, (G5) Pzp-5_4 (G6) Prawa oś – temperatura WG i WD oC (archiwum CTKZ).



ASTKZ – wykres wyników pomiarów parcia gruntu w rdzeniu gliniowym czujnikami NC1A_1 (poziom 193 m n.p.m.), NC1_1 (189 m n.p.m.), NC2_1 (189m n.p.m.). Prawa oś – poziom WG i WD (m n.p.m.) (archiwum CTKZ).

11.2. Inne urządzenia kontrolno-pomiarowe

W latach 70. patenty uzyskały, opracowane i wykonane w IMGW, magnetyczne repery wglębne do badań zapór ziemnych, zwane w skrócie MRW (inż. Janusz Bublewski, mgr

inż. Klemens Tarnowski), i magnetyczny reper wgłębnny wciskany MRWW (dr inż. Henryk Płocharski, mgr inż. Klemens Tarnowski). Urządzenia odznaczały się prostotą konstrukcji, łatwością montażu, niezawodnością działania w różnych warunkach (również w wodzie) i pozwalały na uzyskiwanie wartości przemieszczeń z dużą dokładnością. Użytkowano je na wielu zaporach ziemnych, m.in. Wisła-Czarne, Rybnik, Sulejów, Dobczyce, Klimkówka, Wióry. Repery były instalowane po stabilizacji płyt, w trakcie normalnego wznoszenia zapór, łącznie z mechanicznym zagęszczaniem gruntu.

Magnetyczny reper wgłębnny wciskany MRWW służył do wyznaczenia wartości przemieszczeń poszczególnych warstw gruntu rodzimego (np. podłoża pod zaporą) i gruntu w istniejącej zaporze ziemnej, w odróżnieniu od MRW, który mógł być stosowany przy realizacji obiektu. Repery wciskane mogą być także użyte m.in. do określenia wartości odprężeń gruntu w wykopach.

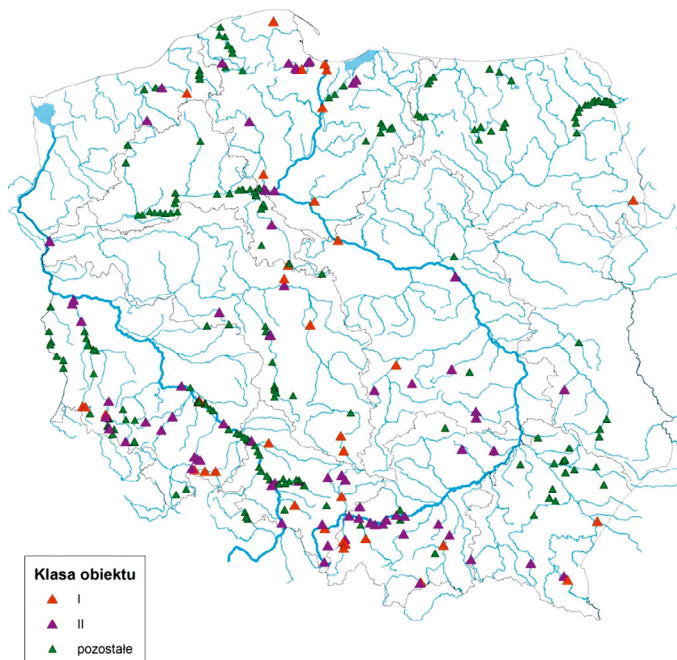
12. OCENY STANU TECHNICZNEGO I STANU BEZPIECZEŃSTWA BUDOWLI PIĘTRZĄCYCH

Zakres prac związanych z techniczną kontrolą zapór w IMGW-PIB ma na celu finalnie wykonanie oceny stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa kontrolowanych budowli – w zdecydowanej większości stale i okresowo piętrzących wodę, w mniejszym zakresie innych rodzajów obiektów hydrotechnicznych. Oceny wykonuje się dla budowli stanowiących własność Skarbu Państwa, spółek Skarbu Państwa i prywatnych właścicieli.

12.1. Zakres i zasady sporządzania ocen

Zakres prac związanych ze sporządzaniem ocen obejmuje m.in.: przeglądy obiektów i budowli, zebranie wyników wykonywanych na obiektach pomiarów, ich komputerową obróbkę i weryfikację oraz analizę i interpretację.

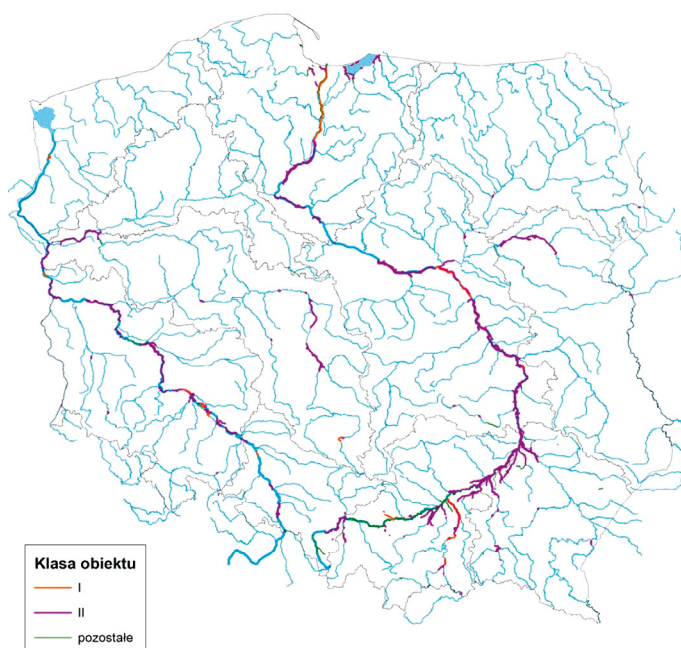
Zgodnie z przyjętą w CTKZ metodyką, na ocenę budowli piętrzących wodę stale (wykonywanych w Biurze Ocen) i okresowo (wykonywanych w Biurze Geotechniki, Filtracji i Jako-



Lokalizacja budowli stale piętrzących wodę wg klas (archiwum CTKZ).

ści Betonów Budowli Piętrzących) składają się oceny cząstkowe następujących elementów: podłoża, korpusu, urządzeń przeciwfiltracyjnych i drenażowych, urządzeń do przepuszczania wody, aparatury kontrolno-pomiarowej, najbliższego otoczenia budowli.

Oceny stanu technicznego i bezpieczeństwa oraz protokoły z kontroli okresowych są wykonywane zgodnie z opracowanymi w IMGW-PIB *Wytycznymi wykonywania badań, pomiarów, ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę*, opublikowanymi po raz pierwszy w 2008 r., a następnie uaktualnionymi w latach 2015 i 2020. Wytyczne szczegółowo określają zawartość ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa, a także metodykę wykonywania pomiarów geodezyjnych, badań geotechnicznych, geofizycznych, skaningu laserowego i innych. W skład ocen wchodzi m.in.: podstawowe informacje dotyczące kontrolowanego obiektu, wykaz materiałów będących podstawą oceny, wyniki pomiarów i obserwacji przedstawione w formie syntetycznych wykresów, przekrojów, profili podłużnych oraz planów z naniesionymi izoliniami, analiza inżynierska stanu technicznego poszczególnych budowli wchodzących w skład obiektu wykonana na podstawie pomiarów, obserwacji i badań specjalistycznych oraz ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa poszczególnych budowli składających się na ocenę całego obiektu. Badania i pomiary dodatkowe, w tym pomiary przemieszczeń, badania geotechniczne, badania betonów, badania drożności piezometrów, badania batymetryczne oraz badania chemiczne wody oraz osadów, wykonywane są w wyspecjalizowanych biurach lub wydziałach Centrum Technicznej Kon-



Lokalizacja budowli okresowo piętrzących wodę wg klas (archiwum CTKZ).

troli Zapór, a następnie przekazywane do Biura Ocen Stanu Technicznego i Stanu Bezpieczeństwa Budowli Piętrzących.

Protokoły z kontroli okresowych wykonywane są na podstawie wzorów wypracowanych we współpracy z Głównym Urzędem Nadzoru Budowlanego. Protokoły określają stan techniczny i stan przydatności do użytkowania budowli, zalecenia w zakresie bieżącej eksploatacji, zalecenia w zakresie niezbędnych prac remontowych i modernizacyjnych oraz ewentualne zalecenia ograniczające eksploatację obiektu, a przede wszystkim ewentualne nieprawidłowości, które mogą powodować lub powodują zagrożenie życia lub zdrowia ludzi, bezpieczeństwa mienia bądź środowiska, a w szczególności katastrofę budowlaną, pożar, wybuch, porażenie prądem elektrycznym albo zatrucie gazem.

12.2. Analizy wyników pomiarów i zachowania budowli

Analiza i interpretacja wyników pomiarów, w tym wyników z niezbędnych badań specjalistycznych, stanowi podstawę do wypracowania modelu pracy budowli w warunkach normalnej eksploatacji, a także w warunkach oddziaływania zewnętrznych czynników ekstremalnych (np. w czasie przejścia fali wezbraniowej).

Podstawowe grupy pomiarów, których wyniki są analizowane w celu rozpoznania ewentualnych zagrożeń, to pomiary procesów filtracji zachodzących w budowli, podłożu i jej bezpośrednim otoczeniu (przyczółki, dolne stanowisko), pomiary przemieszczeń wynikających ze stałych i zmiennych obciążeń oraz pomiary oddziałujących na obiekt czynników zewnętrznych. W normalnych warunkach obserwacjom podlegają:

- poziomy górnej i dolnej wody;
- temperatura powietrza, wody i wysokość opadu;
- ciśnienia i poziomy wód filtrujących;
- wydatki filtracji (drenażu);
- przemieszczenia liniowe i kątowe, względne i bezwzględne.

W przypadku analizy danych pomiarowych, określających zarówno model filtracji, jak i model przemieszczeń, powszechnie stosowanymi metodami, również w CTKZ, są analizy porównawcze. Ich uproszczona forma polega na interpretacji materiałów graficznych w postaci:

- wykresów w funkcji czasu;
- przekrojów i planów z naniesionymi izoliniami;
- graficznych modeli przestrzennych.

Analiza wykonywana jest przy zachowaniu porównywalności wyników, tj. uwzględnieniu bądź eliminacji czynników wpływających na pomiar, mianowicie zmian piętrzenia i zmian

temperatury otoczenia, ale także czasu ich trwania, a w przypadku pomiarów piezometrycznych wysokości opadów, długości drogi filtracji, zmiany właściwości filtracyjnych podłoża.

Zaawansowane analizy porównawcze, wykorzystujące funkcje analityczne uwzględniające wpływ czynników zewnętrznych i zjawisk reologicznych, były prowadzone z zastosowaniem metod statystycznych. Do analizy przemieszczeń budowli piętrzących wdrożono korelację wielokrotną, znaną jako metoda *Électricité de France*. Z doświadczeń wynikało, że to właśnie rozwiązanie najdokładniej odwzorowywało model pracy wysokich zapór betonowych. Metoda pozwalała również uzyskiwać zadowalające wyniki w przypadku mniejszych betonowych budowli piętrzących, elementów stopni wodnych czy betonowych konstrukcji w zaporach ziemnych.

Określone w procesie analizy zachowania budowli zależności korelacyjne, uwzględniające wpływ zmian nieodwracalnych (reologii), sezonowych zmian temperatury i zmian piętrzenia, pozwalały na:

- ustalenie modelu pracy budowli i jej bieżącą kontrolę;
- sporządzenie prognozy przemieszczeń na kolejne lata;
- wyznaczenie dopuszczalnych wartości przemieszczeń.

Szczegółową analizę przemieszczeń z zastosowaniem metody *Électricité de France*, wraz z określeniem dopuszczalnych przedziałów zmian i prognozowanego zachowania, wykonywano m.in. dla zapór Dobczyce, Besko, Porąbka, Pilchowice, Złotniki oraz stopni wodnych Dąbie, Przewóz i Bobrowice.

Inną metodą stosowaną do badania zachowania budowli piętrzących było modelowanie numeryczne, pozwalające na wielowariantowe symulacje zachowania w różnych etapach budowy i eksploatacji oraz prognozę bezpiecznych przemieszczeń. Do modelowania wykorzystywano program HYDRO-GEO opracowany wspólnie przez Politechnikę Warszawską i IMGW, a także program komputerowy SIATKA, służący do wygenerowania siatki obliczeniowej, który powstał w CTKZ. Przy użyciu tych narzędzi badano zachowanie i analizowano parametry związane z bezpieczeństwem 9 dużych obiektów hydrotechnicznych, wśród których były: Włocławek, Nysa, Jeziorsko, Besko, Dobczyce, Mietków, Chańcza i Wisła-Czarne.

W ostatnim dziesięcioleciu, z uwagi na zmieniające się uwarunkowania formalne oraz prawne, CTKZ odchodzi od zaawansowanych analiz porównawczych, zostawiając prace badawcze ośrodkom naukowym, predystynowanym do tego typu działalności, na rzecz wdrażania nowoczesnych technik pomiarowych. Jedną z nich jest termomonitoring. Metoda ta pozwala na wykrywanie i monitoring zjawisk filtracyjno-erozyjnych przy pomocy punktowych lub liniowych czujników do pomiaru temperatury wewnątrz korpusu budowli hydrotechnicznej.

Dane uzyskane z czujników umożliwiają wykonanie modelu statycznego i statyczno-fizycznego, a także opracowanie symulacji numerycznej, umożliwiających szczegółową analizę procesów zachodzących w korpusie i podłożu budowli.

12.3. Jakość ocen

Złożoność zagadnień związanych z oceną stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa obiektów piętrzących sprawia, że istotną kwestią jest poprawność i precyzyjność zawartych w ocenach wniosków. Opisując rzeczywisty stan budowli i przyczyny nieprawidłowości lub uszkodzeń, nie można pominąć analizy materiałów związanych z rozwiązaniami projektowymi, wykonawstwem i eksploatacją obiektu. Często przyczyn powstawania nieprawidłowości lub uszkodzeń należy szukać w jednej z trzech wymienionych faz lub we wszystkich naraz, co wymaga żmudnego prześledzenia historii powstawania i użytkowania budowli. Uszkodzenia mogą wynikać z wielu nakładających się czynników, dlatego do ich określenia konieczna jest współpraca specjalistów z różnych dziedzin. Poprawna ocena przyczyn i rozmiarów nieprawidłowości, a także prawidłowe określenie ich możliwych następstw, to dopiero część wykonanej pracy. W ocenie stanu technicznego powinny znaleźć się również sposoby doraźnego zabezpieczenia obiektu i metodyka dalszego postępowania.

Wszelkie nieudokumentowane i mało precyzyjne sformułowania wykonawców ocen mogą podważyć ich wiarygodność. Stąd podstawowym warunkiem samodzielnej pracy w Centrum Technicznej Kontroli Zapór jest wiedza i doświadczenie, którą można nabyć jedynie przez lata aktywności zawodowej w tej trudnej specjalności technicznej. Zgodnie z przyjętą praktyką osoby biorące odpowiedzialność za treść ocen powinny nie tylko mieć odpowiednie uprawnienia budowlane, ale także być członkami Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa. Poza wykształceniem kandydaci do PIIB muszą udokumentować swój dorobek w danej dziedzinie wiedzy. Nie należy bowiem zapominać, że chociaż za bezpieczeństwo obiektu odpowiada jego właściciel, to autorzy ocen i osoby podpisujące prawidłowość ich wykonania stają się także za to bezpieczeństwo współodpowiedzialni. Zespół zatrudniony obecnie w Biurze Ocen Centrum Technicznej Kontroli Zapór spełnia te wymagania. Kierownikami Biura Ocen byli kolejno: dr inż. Włodzisław Hrabowski, mgr inż. Bogusław Rządkowski, mgr inż. Anna Żebrowska, inż. Aneta Krawczyk.

13. ARCHIWIZACJA DANYCH

13.1. Baza danych

Prace związane z budową bazy danych o budowlach piętrzących podjęto w specjalistycznym Zakładzie Badań i Pomiarów Budowli Wodnych IMGW już w latach 1973-1978. Ich inicjatorem i wieloletnim koordynatorem był ówczesny kierownik zakładu doc. dr inż. W. Hrabowski. Pierwszym etapem, stanowiącym podstawę dla kontynuacji działań w przyszłości, było opracowanie *Charakterystyk technicznych budowli piętrzących wodę w Polsce* spełniających kryteria $H \geq 5$ m i $V \geq 1,0$ mln m³. Na podstawie danych zebranych od użytkowników i właścicieli powstał rejestr zawierający informacje o 293 budowlach piętrzących składających się na 205 obiektów.

W kartach informacyjnych budowli zgromadzono informacje ogólne: o rodzaju budowli, jej lokalizacji, przeznaczeniu, użytkowniku, roku oddania do eksploatacji; podstawowych parametrach technicznych, tj. wysokości piętrzenia, pojemności zbiornika, rodzaju konstrukcji, jej wymiarów, kubaturze, warunkach hydrogeologiczne, danych hydrologicznych oraz informacje o ilości i rodzaju urządzeń upustowych; dane o rodzaju badań i pomiarów kontrolnych, a także o wyposażeniu w aparaturę kontrolno-pomiarową, sprawności urządzeń i informacje o badaniach specjalistycznych. Ponadto udokumentowano szkodliwe zjawiska zaobserwowane w czasie eksploatacji i informacje dotyczące klasy budowli.

Materiał opracowany w latach 1974-1975 przez zespół w składzie inż. S. Ziółkowski, mgr inż. A. Żebrowska, z konsultacją naukowo-techniczną doc. dra inż. W. Depczyńskiego, był podstawą dla kolejnego etapu – opracowania *Katalogu budowli piętrzących* realizowanego w ramach Programu Rządowego PR-7 „Kształtowanie i wykorzystanie zasobów wodnych”. Katalog budowli piętrzących stanowił zbiór oddzielnych opracowań zawierających pełną informację o 53 najważniejszych obiektach piętrzących w Polsce, w zakresie: lokalizacji, charakterystyki zbiornika, geologii podłoża, charakterystycznych przepływów, szczegółowego opisu budowli hydrotechnicznych, urządzeń do przepuszczania wody, urządzeń kontrolno-pomiarowych, a także danych o użytkowniku i właścicielu. Integralną część opracowań stanowiły materiały graficzne, tj. szkice, plany i przekroje budowli piętrzących. Obok osób wymienionych wcześniej w opracowaniu katalogów uczestniczyli: mgr inż. E. Beynar-Czczot, mgr M. Cwetschek-Wiśniewska, dr inż. B. Kłosowicz, inż. J. Mrozowski, mgr inż. K. Roguski, mgr M. Spaleny, mgr inż. K. Śledziak, tech. M. Bogucki, tech. A. Held, tech. W. Mazurkiewicz i tech. T. Wilk.

Równolegle zbierano informacje o mniejszych obiektach. Dzięki temu w pierwszym informatycznym systemie rejestracji budowli piętrzących, autorstwa dra inż. B. Kłosowicz, obok budowli o parametrach $H \geq 5$ m i $V \geq 1$ mln m³ znalazły się informacje o obiektach z piętrzeniem 1-5 m i pojemności zbiorników od 100 tys. do 1 mln m³ (w tym o 70 zbiornikach

sztucznych, 31 jeziorach napiętrzonych, 78 zbiornikach przemysłowych i 898 stawach rybnych). Zgromadzony materiał praktycznie do dzisiaj stanowi najpełniejszy rejestr informacji o budowlach piętrzących w Polsce. W kolejnych latach dane były na bieżąco aktualizowane i uzupełniane, a rozwój technik komputerowych umożliwił ich archiwizację.

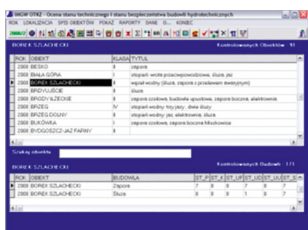
Od wielu lat w Centrum Technicznej Kontroli Zapór IMGW opracowywany jest raport o stanie technicznym i stanie bezpieczeństwa obiektów hydrotechnicznych. Dla usprawnienia czynności związanych z przygotowaniem raportu, niezbędne dane gromadzone w Bazie Obiektów Hydrotechnicznych. Do obsługi tej bazy opracowano programy komputerowe służące do zarządzania danymi i umożliwiające przygotowanie zestawień tabelarycznych i opisowych.

Oprócz ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli w bazie gromadzone są dane administracyjne i techniczne poszczególnych obiektów, m.in. dotyczące lokalizacji obiektu, roku oddania do eksploatacji, budowlach wchodzących w skład obiektu, typie budowli (rodzaju), klasie, właścicieli i administratorze budowli oraz podstawowe dane techniczne. W zestawieniu znajdują się informacje o:

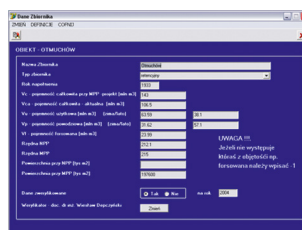
- obiektach kontrolowanych na bieżąco przez pracowników CTKZ,
- obiektach będących w budowie,
- innych obiektach piętrzących wodę w Polsce, zwłaszcza klasy I-III.

Powstała również baza zawierająca dane kontaktowe instytucji, osób funkcyjnych i osób odpowiedzialnych za poszczególne obiekty i budowle, która służy jako narzędzie wspomagające komunikację z zarządzającymi budowlami piętrzącymi na wypadek sytuacji nadzwyczajnych.

W trakcie działań kontrolnych wykonywanych przez pracowników CTKZ zgromadzono obszerną dokumentację fotograficzną budowli piętrzących, której głównym celem była rejestracja występujących nieprawidłowości. Dodatkowo wykonywano szkice i rysunki poszczególnych obiektów i budowli. Dla uporządkowania i udostępnienia części dokumentacji graficznej powstała baza plików graficznych, udostępniająca je za pomocą przeglądarki internetowej pra-



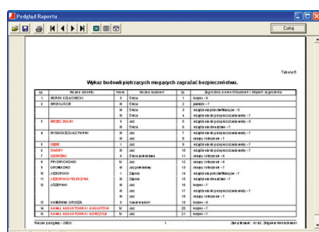
Oprogramowanie bazy obiektów hydrotechnicznych – widok ekranu ocen.



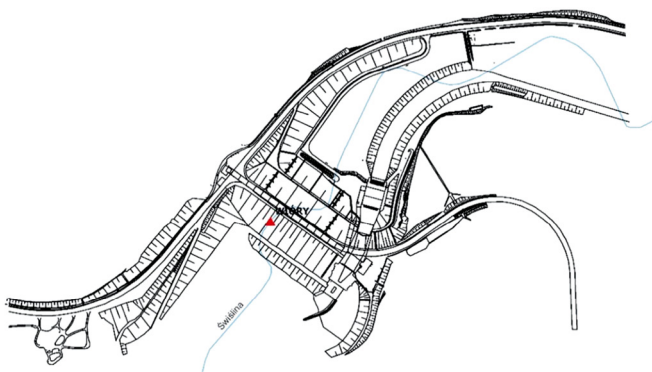
Oprogramowanie bazy obiektów hydrotechnicznych – widok ekranu danych obiektu.

cownikom CTKZ. Zbierane są również wyniki pomiarów geodezyjnych i piezometrycznych, a także innych pomiarów i badań wykonywanych przez CTKZ oraz służby eksploatacyjne właścicieli i administratorów poszczególnych obiektów. Częściowo dane te były gromadzone w bazie pomiarów (pomiarów piezometrycznych) i archiwizowane przez wykonawców pomiarów oraz ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa poszczególnych zapór.

W latach 2004-2007 zrealizowano projekt pt. „Mapa cyfrowa. Budowle piętrzące”, finansowany przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Jego celem było stworzenie narzędzia wspomagającego zarządzanie bezpieczeństwem budowli piętrzących. Przy realizacji projektu posłużono się oprogramowaniem System ArcGIS firmy ESRI. W pierwszym etapie zgromadzono i wprowadzono dane o budowlach klasy I, II, III i IV, administrowanych przez jednostki podległe Prezesowi Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej. Wyróżniono cztery podstawowe grupy danych: identyfikujące budowlę, administracyjne, techniczne i dokumentację fotograficzną. System uzupełniono opracowaniami na temat skutków ewentualnych katastrof dla wybranych zapór w Polsce, wykorzystując dokumentację kartograficzną stref zagrożenia powodziowego będącą w dyspozycji Ministerstwa Środowiska. Dokumentacja ta pochodzi z różnych okresów wielolecia 1960-1990. Przy określaniu stref posłużono się zarządzeniem nr 135 Ministra Rolnictwa z 20 grudnia 1979, w którym w p. 3.1 jest mowa o określeniu na mapie: „...stref zagrożonych falą powstałą na skutek awarii...” oraz „...prędkości i wysokości fali oraz czasu dotarcia jej do określonych miejsc...”.



Oprogramowanie bazy obiektów hydrotechnicznych – widok ekranu z podglądem raportu.



Mapa cyfrowa „Budowle piętrzące” – widok ekranu ze szkicem obiektu.

W operatach wykonywanych zgodnie z zarządzeniem 135 znajdują się mapy z wykreślonymi strefami, które zostaną zalane w wyniku katastrofy zapory (strefy zalewu). W niektórych opracowaniach analizy wykonano dla kilku scenariuszy – warianty różnią się najczęściej wysokością piętrzenia w chwili katastrofy, przy założeniu, że katastrofa następuje gwałtownie w wyniku zniszczenia całej zapory lub powstania wyrwy o określonej długości.

Wskutek rozszerzania się zakresu i objętości informacji przetwarzanej w CTKZ oraz konieczności szerszego jej udostępniania (poza CTKZ) niezbędne stało się zintegrowania wszystkich baz danych oraz zasobów Centrum.

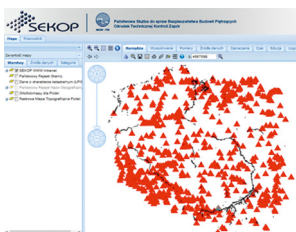
13.2. System Ewidencji i Kontroli Obiektów Piętrzących

W roku 2010 Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór przystąpił do realizacji projektu pt. „System Ewidencji i Kontroli Obiektów Piętrzących” – SEKOP. W tworzeniu tego narzędzia wzięli udział mgr inż. Małgorzata Zielińska i mgr Zbigniew Dmitruk. System wdrożono i uruchomiono w lutym 2012 r., a następnie przekazano do dyspozycji uprawnionych zewnętrznych i wewnętrznych użytkowników.

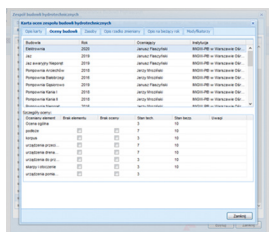
System składa się z trzech aplikacji:

- SEKOP Desktop – aplikacja typu desktop GIS służąca do analizowania danych, administrowania danymi, zarządzania użytkownikami i konfiguracji systemu.
- SEKOP WWW wewnętrzna – aplikacja typu Geoportal działająca w sieci wewnętrznej IMGW-PIB, służąca do przeglądania danych GIS przez autoryzowanych pracowników OTKZ i IMGW oraz do wprowadzania corocznych ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa obiektów piętrzących, a także generowania raportów i zestawień.
- SEKOP WWW zewnętrzna – aplikacja typu Geoportal działająca w Internecie, służąca do przeglądania danych o obiektach piętrzących i generowania raportów przez autoryzowanych użytkowników zewnętrznych.

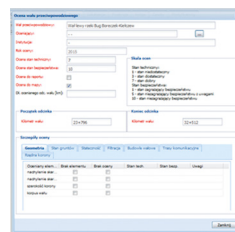
SEKOP wspiera działania Centrum Technicznej Kontroli Zapór w zakresie gromadzenia, analizowania i przetwarzania danych związanych z oceną stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa obiektów stale i okresowo piętrzących wodę w Polsce. Należy też wspomnieć, że ustawa Prawo Wodne, uchwalona 20 lipca 2017 r., nakłada na państwową służbę do spraw bezpieczeństwa budowlani piętrzących (PSBBP) obowiązek prowadzenia bazy danych, dotyczącej budowlani piętrzących zaliczonych zgodnie z przepisami ustawy z dnia 7 lipca 1994 roku – Prawo budowlane do XXVII kategorii, zawierającej dane techniczne oraz informacje o lokalizacji, stanie prawnym, stanie technicznym i stanie bezpieczeństwa tych budowli (art. 377 ust. 3), (...) stanowiącą jednolite źródło informacji dla organów administracji rządowej (art. 371). W związku z tym w SEKO-Pie gromadzone są dane praktycznie o wszystkich budowlach piętrzących wodę w Polsce.



System Ewidencji i Kontroli Obiektów
Piętrzących – strona WWW.



Karta ocen budowli
stałe piętrzących wodę.



Karta ocen wałów
przeciwpowodziowych.

Na dzień 31 grudnia 2020 r. w systemie zgromadzono dane o:

- 787 Zespołów Budowli Hydrotechnicznych;
- 1761 budowlach;
- 167 zbiornikach;
- 1229 wałach przeciwpowodziowych, których sumaryczna długość wynosi 5562,934 km.

13.3. Archiwizacja opracowań

Ewidencję opracowań oraz monitoring terminów ich przekazywania do kontrahentów i urzędów centralnych prowadzi Wydział Koordynacji Badań, Pomiarów i Ocen Budowli Piętrzących. Na podstawie art. 377, ust. 2, pkt. 1 ustawy Prawo wodne opracowane oceny stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa przekazywane są właściwym administratorom obiektów, tj. regionalnym zarządom gospodarki wodnej. Opracowania dotyczące budowli piętrzących, wałów przeciwpowodziowych, raporty z monitoringu składowisk odpadów, ekspertyzy sporządzone na podstawie pomiarów, badań i analiz prowadzących do wydania ekspertyzy, a także protokoły z kontroli okresowych są archiwizowane w formie elektronicznej na specjalnej macierzy dyskowej. Archiwizowana dokumentacja jest ewidencjonowana dla danego roku kalendarzowego.

Od roku 2019 w Wydziale Koordynacji archiwizowane są skany protokołów z kontroli okresowych sporządzonych przez kontrolujących na podstawie art. 62 ustawy Prawo budowlane i prowadzony jest ich rejestr. Ewidencja protokołów sporządzana jest osobno dla danego roku kalendarzowego, a skany protokołów umieszcza się na dysku, w odpowiednich podkatalogach dla konkretnego kontrolującego.

Docelowo, dokumentacja wytworzona przez CTKZ będzie ewidencjonowana chronologicznie i przechowywana w formie elektronicznej dla każdego roku kalendarzowego na specjalnie przeznaczonej do tego celu macierzy dyskowej. Wszystkie opracowania, ekspertyzy i protokoły z kontroli okresowej podlegać będą archiwizacji.

14. RAPORT O STANIE BEZPIECZEŃSTWA BUDOWLI PIĘTRZĄCYCH WODĘ W POLSCE

Zgodnie z ustawą Prawo wodne Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy (IMGW-PIB) pełni obowiązki państwowej służby do spraw bezpieczeństwa budowli piętrzących, które realizuje Centrum Technicznej Kontroli Zapór. Do obowiązków PSBBP należy m.in. przygotowanie corocznego *Raportu o stanie bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę w Polsce* według stanu na ostatni dzień kalendarzowy roku poprzedzającego czas opracowania raportu.

Do roku 1995 raport obejmował wszystkie kontrolowane w danym okresie budowle, a w latach następnych dotyczył budowli eksploatowanych przez jednostki podległe Ministrowi Środowiska. Kolejny etap to raport obejmujący budowle Skarbu Państwa klasy I lub II, budowle oceniane komercyjnie przez Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór (OTKZ) i budowle, których oceny zostały sporządzone przez inne instytucje i przekazane do CTKZ.

W raporcie omawia się w sposób syntetyczny stan techniczny i stan bezpieczeństwa Zespołów Budowli Hydrotechnicznych (ZBH), stale i okresowo piętrzących wodę oraz budowli wchodzących w ich skład. Podstawą do opracowania raportu są karty ocen zawierające charakterystykę stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa poszczególnych ZBH. Ocena stanu poszczególnych budowli wchodzących w skład ZBH wynika z oceny ich elementów, tj.:

- podłoża,
- korpusu,
- urządzeń przeciwfiltracyjnych,
- urządzeń drenażowych,
- urządzeń do przepuszczania wody,
- skarp i otoczenia,
- urządzeń pomiarowych.

Metodyka sporządzania ocen budowli stale i okresowo piętrzących wodę począwszy od 2008 r. oparta jest na *Wytycznych kontroli bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę*¹ (wytyczne 2008). W roku 2015 wytyczne te zostały zaktualizowane przez OTKZ i opublikowane jako *Wytyczne wykonywania badań, pomiarów, ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę*² (wytyczne 2015). Przy ich opracowaniu kierowano się wymogami rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie.

Raport zawiera również mapy przedstawiające rozmieszczenie i stan bezpieczeństwa poszczególnych ZBH analizowanych w danym okresie.

¹ *Wytyczne kontroli bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę*, W. Jankowski, IMGW-PIB, Warszawa 2008.

² *Wytyczne wykonywania badań pomiarów, ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę* pod redakcją E. Sieińskiego i P. Śliwińskiego, IMGW-PIB, Warszawa 2015.

Nieodłącznym elementem raportu są dane zgromadzone w tabelach, zawierające m.in.:

- statystykę ocenianych ZBH i budowli wchodzących w ich skład;
- statystykę ocenianych wałów przeciwpowodziowych;
- wykaz budowli niezagrażających bezpieczeństwu;
- wykaz budowli niezagrażających bezpieczeństwu z uwagami;
- wykaz budowli zagrażających bezpieczeństwu;
- wykaz budowli wyłączonych z eksploatacji;
- stan techniczny i stan bezpieczeństwa ZBH oraz tworzących je budowli;
- stan techniczny i stan bezpieczeństwa wałów przeciwpowodziowych;
- wykaz opracowań ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa uwzględnionych w raporcie, wykonanych poza CTKZ.

Na bazie przeprowadzonych badań, pomiarów, analiz i ocen określone są:

- najczęściej występujące uszkodzenia budowli piętrzących;
- podstawowe przyczyny niedostatecznego stanu technicznego budowli piętrzących;
- wnioski w zakresie poprawy stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących.

Dodatkowymi załącznikami do raportu są:

- Załącznik nr 1 z tabelami wykazu ocenianych ZBH i tworzących je budowli oraz wałów przeciwpowodziowych, zawierającymi również informację o stanie bezpieczeństwa tych obiektów;
- Załącznik nr 2 z kartami ocen ZBH i wałów przeciwpowodziowych;
- Załącznik nr 3 z dokumentacją fotograficzną.

Raport w wersji drukowanej zawiera tylko część opisową i Załącznik 1, natomiast wersja elektroniczna na CD pełne zestawienie (opis i wszystkie ww. załączniki).

W myśl ustawy Prawo wodne aktualny raport corocznie przekazywany jest ministrowi właściwemu do spraw gospodarki wodnej, Wodom Polskim oraz Głównemu Inspektorowi Nadzoru Budowlanego nie później niż do dnia 30 kwietnia każdego roku.



ROZMIESZCZENIE ZESPOŁÓW BUDOWLI HYDROTECHNICZNYCH OCENIANYCH W OKRESIE 2015 - 2019

Legenda
Zespoły budowli hydrotechnicznych, określonych klas, administracyjne przez:

Klasa I	Klasa II	Pozostałe klasy
△	△	△ RZGW
○	○	○ inne podmioty

Zespoły budowli hydrotechnicznych, w skład których wchodzi budowle oceniane jako:

- zagrożające bezpieczeństwu (linie z parawanami)
- niezagrożające bezpieczeństwu z uwagami (linie z parawanami)
- niezagrożające bezpieczeństwu

Państwowy układ współrzędnych geodezyjnych 1992
rod. techn. inż. Jakub Paweła

Przykład mapy zawierającej rozmieszczenia zespołów budowli hydrotechnicznych ocenianych w okresie 2015-2019.



ROZMIESZCZENIE WAŁÓW PRZECIWPOWODZIOWYCH OCENIANYCH W OKRESIE 2015 - 2019

Legenda
Wąły przeciwpowodziowe oceniane jako:

- zagrożające bezpieczeństwu
- niezagrożające bezpieczeństwu z uwagami
- niezagrożające bezpieczeństwu

Państwowy układ współrzędnych geodezyjnych 1992
rod. techn. inż. Jakub Paweła

Przykład mapy zawierającej rozmieszczenie wałów przeciwpowodziowych ocenianych w okresie 2015-2019.

15. PRACE BADAWCZO-WDROŻENIOWE

Od początku działań kontrolnych prowadzono w CTKZ działalność naukową. Obejmowała ona głównie problematykę związaną z bezpieczeństwem budowli piętrzących. Rezultaty prac badawczych były w większości wprowadzone do praktyki inżynierskiej. Dotyczy to w szczególności metodyki wykonywania prac kontrolno-pomiarowych, interpretacji danych pomiarowych, automatyzacji pomiarów, aparatury kontrolno-pomiarowej, prowadzenia i wykorzystania baz danych i in.

Poniżej przedstawiono zakres działalności naukowo-badawczej CTKZ w ostatnich dwudziestu latach. Wykaz zawiera ważniejsze prace badawczo-rozwojowe i aplikacyjne realizowane w ramach programów rządowych, resortowych i ze środków własnych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej.

1991

- Opracowanie metodyki pomiarów i ocen stanu bezpieczeństwa budowli wodnych. W ramach opracowania określono niezbędny zakres i rodzaj pomiarów, zasady ich wykonywania, wymagane dokładności oraz zasady analizy i interpretacji pomiarów dla potrzeb ocen stanu technicznego i bezpieczeństwa wszystkich rodzajów budowli piętrzących wodę w Polsce. Przygotowano ogólne wymagania dla kompleksowych stacji kontrolno-pomiarowych i sterujących.

1992

- Minimalizacja ryzyka wystąpienia katastrofy budowli piętrzących. Przygotowano oprogramowanie dla skomputeryzowanego centrum dyspozytorskiego analizującego i kierującego akcją przeciwpowodziową na terenie kraju, regionu, zlewni oraz opracowano i przetestowano zintegrowany system pomiarowo-obliczeniowy określający wielkość rozmyć poniżej budowli piętrzących.

1993

- Określenie niezawodności i użyteczności automatycznych systemów kontroli stanu technicznego (ASTKZ) budowli piętrzących dla wybranych obiektów. Pracę podjęto dla stopnia wodnego Dębe i po uzyskaniu pozytywnych wyników wdrożono do rutynowej eksploatacji.

1994

- Opracowanie modelu prognostycznego stateczności zboczy i intensywności abrazji strefy brzegowej zbiornika Czorsztyn.
- Opracowanie rozwiązania technicznego ograniczającego negatywne zjawiska filtracji w korpusie i podłożu zapory Chańcza. Do dziś stanowi doskonały przykład łączenia rutynowej działalności kontrolnej z pracami badawczymi OTKZ i praktycznym wykorzystaniem

niem ich wyników. W czasie okresowej kontroli stwierdzono na obiekcie wzmoczoną filtrację wody przez korpus zapory ziemnej, co uniemożliwiało napełnienie zbiornika do jego normalnej rzędnej piętrzenia. Zespół pracowników ośrodka wykonał szczegółowe badania zjawiska, ustalił jego przyczyny i opracował koncepcję remontu zapory. Po remoncie zbiornik spiętrzone, a jego budowle piętrzące są pod stałą kontrolą OTKZ.

- Opracowanie modelu numerycznego zapory Mietków.
- Opracowanie i zastosowanie po raz pierwszy w Polsce technologii Globalnego Systemu Pozycyjnego (GPS) do wykonywania pomiarów batymetrycznych.
- Opracowanie programu komputerowego umożliwiającego szybką ocenę bezpieczeństwa wału przeciwpowodziowego przy określonym poziomie wody oraz zmiennych parametrach geotechnicznych korpusu i podłoża wału.

1995

- Opracowanie metod kontroli stanu technicznego budowli piętrzących opartych na nowoczesnych technikach pomiarowych, w tym metod: wykrywania uszkodzeń i określenia stref zagrożenia; pomiarów i prognoz przemieszczeń; badań podwodnych; pomiarów i prognoz zmian w pojemności i otoczeniu zbiorników wodnych; prognozy procesów starzenia się elementów budowli hydrotechnicznych w aspekcie wyznaczania wartości dopuszczalnych dla kontroli ich bezpieczeństwa oraz unowocześnianie metod pomiarowych w zakresie zwiększenia ich dokładności, możliwości sterowania pomiarami i gromadzenia danych.
- Testowanie nowych technologii wzmacniania i uszczelniania podłoża i budowli hydrotechnicznych przy użyciu, specjalnych technologii iniekcyjnych i mikropalowania.
- Udoskonalenie metody numerycznego modelowania anomalii budowli piętrzących.

1996

- Prognozowanie przebiegu filtracji w wałach przeciwpowodziowych i zaporach ziemnych z zastosowaniem przygotowanego wcześniej modelu i programu komputerowego umożliwiającego obliczenie filtracji z uwzględnieniem strefy nienasyconej i dowolnie ukształtowanej fali powodziowej.
- Opracowanie modelu numerycznego zapory Wisła-Czarne i osuwiska na prawym jej przyczółku.

1997

- Zebranie i usystematyzowanie zasad klasyfikacji budowli hydrotechnicznych stosowanych w krajach Unii Europejskiej.
- Sprawdzenie stateczności i bezpieczeństwa stopnia wodnego Włocławek dla różnych schematów jego pracy z wykorzystaniem opracowanego modelu numerycznego.
- Opracowanie modelu numerycznego umożliwiającego symulację pracy lewego przyczółka stopnia wodnego Dębe i skarpy w rejonie tzw. zamka wodnego elektrowni Dychów.
- Rozpoczęcie prac nad bazą plików graficznych zdjęć obiektów hydrotechnicznych będących pod kontrolą OTKZ.

1998

- Opracowanie metody określania efektywności zabezpieczeń przeciwfiltracyjnych dla wałów przeciwpowodziowych z zastosowaniem analizy numerycznej przepływu wody przez ich korpus i podłoże. Praca otrzymała nagrodę Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa.
- Rozpoznanie przyczyny i wielkości degradacji konstrukcji śluz Kanału Ślesińskiego i opracowanie metody ich rekonstrukcji. Przeanalizowano stan śluz Kanału Ślesińskiego oraz opracowano i wdrożono zabiegi powstrzymujące proces starzenia się komór śluzowych. Zrealizowanie kompleksowego programu badań pozwoliło na racjonalizację programu remontu i rekonstrukcji śluz żeglugowych oraz przywrócenie tym konstrukcjom pełnego bezpieczeństwa, co przyczyniło się do znacznej redukcji kosztów związanych z ich funkcjonowaniem.

1999

- Wyznaczenie na podstawie symulacji numerycznych współczynników stateczności zapór zbiorników Mietków i Jeziorsko.
- Opracowanie I wersji projektu „Warunków technicznych użytkowania obiektów budowlanych inżynierii wodnej”. Temat został podjęty do realizacji przez OTKZ IMGW 2 czerwca 1995 roku. Wynikało to z konieczności wypełnienia luki w ustawie z 7 lipca 1994 – Prawo budowlane (Dz. U. Nr 89 z 25.08.1994), w której w art. 7, ust. 1 wymieniono „Warunki ...” jako należące do przepisów techniczno-budowlanych obejmujących obiekty hydrotechniczne. „Warunki ...” były przepisami pilnie oczekiwanymi zarówno przez użytkowników budowli piętrzących, jak i służby nadzoru budowlanego oraz projektantów. Miały zastąpić zdezaktualizowane *Wytyczne opracowania instrukcji utrzymania budowli piętrzących wodę oraz eksploatacji mającej wpływ na ich bezpieczeństwo* wprowadzone do stosowania zarządzeniem nr 49 Prezesa CUGW z 18 listopada 1969. Zakres tematyczny prac był uzgadniany z jednostką przygotowującą rozporządzenie, tj. z Departamentem Gospodarki Wodnej MOŚZNiL i kilkakrotnie weryfikowany. Przygotowany projekt nowych warunków użytkowania, po poddaniu ocenie doświadczonych specjalistów i dokonaniu poprawek wynikających z ankietyzacji w jednostkach i instytucjach związanych z ich stosowaniem, spełniał ówczesne standardy dotyczące obiektów hydrotechnicznych wypracowane i uznawane przez międzynarodowe zespoły specjalistów.

2000

- Opracowanie komputerowej metody symulacji awarii uszczelnień przeciwfiltracyjnych budowli piętrzących.
- Wprowadzenie interaktywnego systemu ostrzegania przed awarią na przykładzie zapory Wisła-Czarne.
- Określenie stopnia zagrożenia, jakie stanowią budowle piętrzące Międzygórze i Czaniec przy użyciu modeli numerycznych tych budowli.

2001

- Opracowanie metodyki wyznaczenia wartości granicznych wskazań piezometrów za pomocą modelu numerycznego filtracji przez korpus i podłoże zapory ziemnej.
- W ramach stosowania nowych technik i materiałów do budowy i napraw hydrotechnicznych budowli ziemnych przeprowadzono badania aplikacyjne nowych środków iniekcyjnych do chemicznego wzmocnienia i uszczelnienia gruntów niespoistych.
- Opracowanie scenariusza katastrof budowli piętrzących stwarzających zagrożenie bezpieczeństwa. Opracowano systematykę istniejących matematycznych metod służących do oceny bezpieczeństwa budowli wraz z wyborem metody mającej zastosowanie w analizie ryzyka. Opracowano założenia i program komputerowy wspomagający eksperta w ocenie stanu technicznego. Dokonano wyboru zapory i opracowano drzewa zdarzeń dla zjawisk inicjujących katastrofę. Wykonano wstępne obliczenia numeryczne sprawdzające przyjęte schematy i parametry obliczeniowe.

2002

- Doskonalenie metod oceny stanu technicznego budowli piętrzących i wałów dla zmniejszenia ryzyka katastrof. Uzyskano m.in. możliwość szacowania nowoczesnych i zobiektywizowanych miar zagrożenia dla ochrony środowiska przed skutkami katastrof budowli piętrzących i wprowadzono do praktyki ocen stateczności tych budowli metody probabilistyczne, uwzględniające zmienność cech fizycznych gruntów w zależności od ich położenia.
- W ramach nowych technik i materiałów do budowy i napraw hydrotechnicznych budowli ziemnych opracowano wytyczne stosowania iniektu krzemianowego SORT i wdrożono do praktyki inżynierskiej przy wzmocnieniu fundamentów budynku mieszkalnego w Warszawie. Rozpoczęto prace nad modyfikowanymi zaczynami ilowymi do iniekcyjnego uszczelniania podłoża gruntowego.

2003

- W ramach kontynuacji doskonalenia metod oceny stanu technicznego budowli piętrzących:
- Określenie wpływu zmienności parametrów gruntu na współczynnik stateczności skarpy i kształt krzywej poślizgu.
- Opracowanie pierwszego w kraju interdyscyplinarnego studium na temat przyczyn i skutków katastrof budowli piętrzących, zasad obserwacji i technicznej kontroli oraz oceny ich stanu, a także systemów ostrzegania przed zagrożeniami. Pozwoliło to na poprawę bezpieczeństwa zapór w Polsce i umożliwiło racjonalne planowanie i wykonywanie remontów i napraw.

2004

- Opracowanie receptury zaczynu ilowego na bazie materiałów z cegielni „Kosowo”, umożliwiającą uszczelnienie remontowanych budowli ziemnych na terenie Mazowsza.

2005

- Udoskonalenie ocen stanu technicznego i bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę przez rozszerzenie rozpoznania zjawisk filtracyjnych.
- Weryfikacja wyników uzyskanych z Automatycznych Systemów Technicznej Kontroli Zapór (ASTKZ) przez porównanie z wynikami pomiarów wykonanych metodami klasycznymi dla obiektów Dębe i Włocławek, w celu opracowywania wiarygodnych analiz stanu bezpieczeństwa tych budowli.

2006

- Analiza możliwości zastosowania metod statystycznych do identyfikacji współczynników przewodności hydraulicznej dla modeli numerycznych filtracji w rejonie obiektów hydrotechnicznych.
- Weryfikacja i aktualizacja parametrów wytrzymałościowych konstrukcji ziemnych i ich podłoża dla wybranych obiektów hydrotechnicznych na podstawie geotechnicznych badań terenowych, analizy materiałów obserwacyjnych i badawczych z okresu eksploatacyjnego na tle założeń projektowych.

2007

- Na podstawie badań i analiz zaproponowano metodę oceny agresywności chemicznej wód rzecznych opartą na porównaniu wyników analizy fizyko-chemicznej wskaźników jakości miarodajnych dla poszczególnych rodzajów korozji betonu z wartościami granicznymi czynnika agresywnego przyjętymi z PN-EN 206-1-2003.
- Przygotowanie dokumentacji technicznej i skierowanie do Państwowego Zakładu Higieny w Warszawie wniosku o udzielenie atestu higienicznego dla zawiesziny iniekcyjnej EKOGROUT; opracowano wstępne wytyczne dotyczące stosowania tego materiału w praktyce inżynierskiej.
- Wydano monografię pt. *Awarie i katastrofy zapór; zagrożenia, ich przyczyny i skutki oraz działania zapobiegawcze*. Na podstawie wieloletnich prac studialnych i badawczych prowadzonych w Ośrodku Technicznej Kontroli Zapór (IMGW), własnego dorobku i około 300 źródłowych publikacji zespół autorski z OTKZ (dr inż. Krzysztof Fiedler, mgr inż. Jerzy Gamdzyk, mgr inż. Władysław Jankowski, dr inż. Leszek Opyrchał, mgr inż. Sławomir Selerski, dr inż. Andrzej Wita, mgr inż. Marek Wróblewski) zaprezentował wnioski i opisał działania zmierzające do zabezpieczenia przed katastrofą lub zminimalizowania jej skutków. Zaprezentowano m.in. współczesne narzędzia umożliwiające ocenę zagrożeń, metody obserwacji, zasady ostrzegania i alarmów, organizację kontroli stanu bezpieczeństwa zapór, a także propozycje koniecznych zmian dla poprawienia skuteczności technicznej kontroli takich budowli w Polsce. Treść monografii:
 - Statystyka katastrof zapór.
 - Przykłady katastrof – przyczyny i skutki.
 - Katastrofy spowodowane błędami posadowienia, przelaniem wody przez koronę, błędami konstrukcyjnymi, działaniami wojennymi, zjawiskami sejsmicznymi; awarie urządzeń upustowych, katastrofy ciekłych składowisk odpadów.

- Teoria bezpieczeństwa i jej aksjomaty.
- Metody określania stanu bezpieczeństwa.
- Analiza ryzyka w ocenie stanu bezpieczeństwa i działaniach zabezpieczających.
- Analiza wstecz – przykłady zastosowań w hydrotechnice.
- Techniczna kontrola i ocena stanu zapór.
- Pomiar i obserwacje.
- Systemy ostrzegania – zadania i zasady funkcjonowania.
- ASTKZ – doświadczenia światowe, aparatura i urządzenia stosowane w Polsce.
- Organizacja technicznej kontroli zapór.

O wartości pracy może świadczyć fragment jej recenzji zamieszczonej w listopadzie 2007 r. w miesięczniku Inżynier Budownictwa w dziale Literatura fachowa: „Z treścią książki powinni się zapoznać nie tylko projektanci, wykonawcy i służby nadzorujące zapory wodne, ale także adepci studiów magisterskich i doktoranci w dziedzinie inżynierii wodnej, a także budowniczowie wałów przeciwpowodziowych”.

2008

- Opracowanie i wydanie przez IMGW *Wytycznych kontroli bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę*. Celem ich przygotowanie było wprowadzenie jednolitych zasad wykonywania kontroli bezpieczeństwa budowli piętrzących w Polsce. Wytyczne powinny umożliwiać zainteresowanym instytucjom i jednostkom opracowanie standardów kontroli dla poszczególnych rodzajów budowli.
- Rozpoczęcie prac badawczych przy studium wykonalności projektu „Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo”, zadanie 8 pt. „Przeciwdziałanie degradacji polskich zbiorników retencyjnych”.

2009

- Realizacja etapów zadania w projekcie „Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo”:
 - Ocena możliwości retencyjnych polskich zbiorników zaporowych.
 - Pomiar pojemności wybranych zbiorników, opracowanie modeli numerycznych czasz zbiorników.
 - Badanie dynamiki zamulania zbiorników zaporowych oraz przestrzennego rozkładu osadów wraz z określeniem ich wpływu na pojemność zbiornika.
- Opracowanie i wydanie przez IMGW *Zasad wykonywania badań podwodnych dla oceny stanu technicznego budowli piętrzących*. Są one uzupełnieniem wydanych w 2008 r. *Wytycznych kontroli bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę* i cel tego opracowania jest analogiczny.
- Podjęto realizację projektu PL 0456 pt. „Zagrożenia powodziowe powstałe w wyniku katastrof budowli piętrzących” dofinansowanego ze środków Norweskiego Mechanizmu

Finansowego. Projekt był realizowany wspólnie przez Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie (beneficjent wiodący) i Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór IMGW (partner). Wyniki projektu mogą być pomocne przy tworzeniu scenariuszy awarii lub katastrof zapór (o wysokości większej niż 15 m), przy sporządzaniu projektów planów zagospodarowania przestrzennego oraz studiów uwarunkowań i kierunków zabudowy zarówno szczebla wojewódzkiego, jak i gminnego.

2010

- Kontynuacja prac badawczych w tematach: „Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo” oraz „Zagrożenia powodziowe powstałe w wyniku katastrof budowlanych”.

2011

- Opracowanie metodyki badania i oceny jakości osadów dennych. Metodykę wdrożono na przykładzie osadów dennych pobranych ze zbiornika Klimkówka.
- Opracowanie metodyki mineralizacji osadów dennych w celu oznaczenia stężenia metali ciężkich w urobku pochodzącym z pogłębienia zbiorników.

2012

- Opracowanie metodyki ekstrakcji osadów dennych w celu oznaczenia trwałych związków organicznych (WWA, PCB, pestycydy) w urobku pochodzącym z pogłębienia zbiorników.

Warto dodatkowo szerzej omówić wykonane w Instytucie prace naukowo-badawcze, które w okresie ich podjęcia miały w Polsce pionierski charakter. Należały do nich prace związane z iniekcją gruntu, technologią betonów piaskowych, wykorzystaniem folii polimerowych do uszczelnienia zapór i analizą ryzyka w hydrotechnice.

W ramach projektu pn. „Określenie skuteczności różnych rozwiązań technicznych zabezpieczających wody podziemne przed zanieczyszczeniami”, realizowanego przez Zakład Hydrodynamiki Wód Podziemnych IMGW pod patronatem Agencji Ochrony Środowiska, zespół pod kierownictwem prof. dra hab. inż. Bolesława Jacenkowa (mgr inż. Andrzej Balcerzak, mgr inż. Witold Giżyński, mgr inż. Marek Gnatowski, mgr inż. Andrzej Piętaś, mgr inż. Andrzej Wita) wykonał w latach 1970-1975 prace obejmujące trzy rodzaje działań:

- badania chemiczne i fizyko-mechaniczne;
- analizę teoretyczną;
- badania na modelach w laboratorium i na obiektach w terenie.

Badania chemiczne i fizyko-mechaniczne dotyczyły doboru optymalnych warunków syntezy żywic mocznikowo-formaldehadowych produkowanych w kraju do iniekcyjnej stabilizacji gruntu. Zbadano właściwości optymalnych żywic oraz wytrzymałości i przepuszczalności

stabilizowanych nimi gruntów. Prześlędzono proces starzenia się gruntów stabilizowanych żywicami na próbkach gruntu zeskalonego wykonanych w laboratorium oraz pobranych z elementów wykonanych w terenie. Opracowano model matematyczny opisujący filtrację iniektu. Badania laboratoryjne polegały na uzyskaniu różnych kształtów zeskalonych brył gruntu za pomocą iniekcji. Zbadano trzy zasadnicze rodzaje brył zeskalonych: bulwa/pal, pierścień i płyta pozioma. Przeprowadzono 38 doświadczeń w terenie w gruncie niezawodnionym i zawodnionym, wykonując pojedyncze bryły w formie pali i pionowych ekranów. Wyniki badań wykorzystano przy opracowywaniu wniosków dla potrzeb praktycznych, m.in. do wykonywania przesłon przeciwnfiltracyjnych. Całość prac została pozytywnie oceniona przez U.S.A. Environmental Protection Agency z Oklahoma – organizacji współpracującej i wiodącej w tej dziedzinie. Wynikiem projektu było m.in. uruchomienie w 1978 r. produkcji doświadczalnej dwóch żywic syntetycznych oznaczonych symbolami MS-10 i AF-3 oraz zastosowanie ich w budownictwie hydrotechnicznym. Działania inżynierskie w tym zakresie omówiono w rozdziale: „Wykonawstwo robót”.

W związku z deficytem kruszyw do produkcji betonów w Polsce, w latach 1980-1983 podjęto badania możliwości zastosowania w budownictwie hydrotechnicznym betonów piaskowych modyfikowanych żywicami syntetycznymi produkcji krajowej (mgr inż. Władysław Jankowski, dr inż. Adolf Gondowicz). Badania prowadzone we współpracy z Instytutem Materiałów Budowlanych Politechniki Warszawskiej dotyczyły wykonania betonów, zapraw i porowatych kompozycji piaskowo-żywicznych modyfikowanych żywicami epoksydowymi, poliestrowymi i acetonowo-formaldehydowymi typu AF-3 produkowanymi w Polsce. Wykonano badania podstawowe obejmujące dobór kierunkowych składów betonów piaskowych modyfikowanych tymi żywicami. Prace zostały zakończone wdrożeniami. Filtry z kompozycji piaskowo-żywicznych zastosowano do odwodnienia terenu w czasie budowy bazy surowcowej Energo-pol-1 w Plebance koło Płocka, a betonów modyfikowanych użyto do naprawy uszkodzonych elementów żelbetowych akweduktu melioracyjnego w miejscowości Krowie Bagno.

W latach 80. podjęto w IMGW metodyczne badania właściwości produkowanych w Polsce folii polimerowych pod względem ich przydatności do uszczelnienia zapór ziemnych. Część badań charakterystyk technicznych wraz z opracowaniem prototypowych aparatów badawczych (na przebicie, rozciąganie, przepuklenie folii itp.) została wykonana ze środków na programy badawcze Instytutu (dr inż. Henryk Płocharski), m.in. na specjalnie zbudowanym na terenie IMGW stanowisku doświadczalnym. Badano współczynnik tarcia gruntu po folii (dr inż. Zbigniew Ambrożewski).

Wyniki prac badawczych posłużyły dr inż. Zbigniewowi Ambrożewskiemu do opracowania normy branżowej BN-87/8955-02, Budownictwo hydrotechniczne, uszczelnienie zbiorników wodnych folią polimerową, projektowanie, warunki techniczne wykonania i odbioru (Dz. Norm. i Miar Nr 14/1987, poz. 36 oraz Nr 5/1988 poz. 12).



Stanowisko terenowe do badania poślizgu gruntu po folii (fot. archiwum CTKZ).

W latach 1998-2002 wykonano prace badawcze, w których po raz pierwszy w hydrotechnice polskiej podjęto próbę określenia ryzyka katastrofy z uwzględnieniem prawdopodobieństwa zdarzeń stanowiących zagrożenie dla bezpieczeństwa budowli piętrzącej. Były to prace za-tytułowane „Ustalania wskaźnika zagrożenia dla budowli piętrzących wodę i środowiska celem określenia stref podwyższonego zagrożenia powodzią i monitoringu bezpieczeństwa budowli” oraz „Scenariusz katastrof budowli piętrzących stwarzających zagrożenie bez-pieczństwa” (dr inż. Leszek Opyrchał, dr inż. Włodzisław Hrabowski, dr inż. Przemysław Stenzel, dr inż. Krzysztof Fiedler, mgr inż. Władysław Jankowski, mgr inż. Andrzej Mazur-czyk, mgr inż. Sławomir Selerski). W pierwszej z prac po analizie dostępnych materiałów zagranicznych, przy uwzględnieniu warunków polskich, opracowano algorytm wyznaczania wskaźnika zagrożenia, którego estymacja opierała się na ocenie prawdopodobieństwa zniszczenia budowli i powstania strat ludzkich oraz materialnych. Stosując opracowany algorytm wykonano obliczenia wskaźników zagrożenia dla wszystkich zapór w Polsce od klasy I do IV, administrowanych przez jednostki podległe Ministrowi Środowiska. Pozwoliło to na ustalenie list rankingowych budowli, poczynając od stwarzających największe zagrożenie aż po „najbezpieczniejsze”. Listy te zostały zweryfikowane przez poszczególne ODGW, które w ten sposób uzyskały obraz najpilniejszych potrzeb w zakresie remontów i modernizacji obiektów. Analiza rozkładu wartości wskaźników pozwoliła na sformułowanie zaleceń co do wyposażenia budowli w zautomatyzowane urządzenia kontrolno-pomiarowe, częstotliwości dokonywania pomiarów oraz przeprowadzania analiz stanu technicznego i bezpieczeństwa budowli w zależności od wartości wskaźnika.

Innowacyjność drugiej z wymienionych prac wykorzystującej metodę drzewa zdarzeń po-legała na wprowadzaniu do praktyki ocen stateczności budowli piętrzących metod proba-bilistycznych uwzględniających zmienność cech fizycznych gruntów w zależności od ich położenia, pokazując również metodę oceny wpływu tej zmienności na ocenę zagrożenia.

W pracy przedstawiono ponadto metodykę obliczeń sprawdzających zdolność wydatku urzędzeń upustowych z uwzględnieniem losowości nie tylko dopływu do urzędzeń, ale również ich wydatku.

16. PROJEKTY BADAWCZE I NAUKOWE

Począwszy od 1991 r. pracownicy technicznej kontroli zapór prowadzili intensywną działalność badawczo-naukową. Specjaliści pozyskiwali środki na realizację projektów zarówno o zasięgu ogólnopolskim, jak i lokalnym. Poniżej przedstawiono wykaz najważniejszych lub najciekawszych prac realizowanych na przestrzeni ostatnich 10 lat.

16.1. Projekt KLIMAT

W latach 2007-2012 IMGW-PIB realizował projekt „Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo” (zmiany, skutki i sposoby ich ograniczenia, wnioski dla nauki, praktyki inżynierskiej i planowania gospodarczego), w skrócie KLIMAT, finansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka. Specjaliści związani z techniczną kontrolą zapór w latach 2009-2012 (koordynator mgr inż. Edmund Sieński), zrealizowali Zadanie 8 projektu pn. „Przeciwdziałanie degradacji polskich zbiorników retencyjnych”. Główne cele zadania były następujące:

- aktualizacja możliwości retencyjnych polskich zbiorników zaporowych;
- ustalenie sposobów odzyskiwania utraconej pojemności zbiorników oraz możliwości technicznych i ekonomicznych zagospodarowania osadów w nich akumulowanych;
- opracowanie zasad i programu systematycznej kontroli batymetrycznej zbiorników.

W realizowanym zadaniu osiągnięto najistotniejsze rezultaty:

- utworzenie bazy danych zbiorników retencyjnych (51 zbiorników, dane administracyjne, lokalizacja, parametry techniczne);
- utworzenie bazy danych pomiarów batymetrycznych (terminy, wykonawcy, metody pomiarów, wyniki – pojemności zbiorników, powierzchnia zalewu);
- utworzenie bazy danych dotyczących jakości osadów zakumulowanych w zbiornikach retencyjnych (16 zbiorników, zakres danych: odczyn pH, materia organiczna, biogeny, metale główne, metale ciężkie, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, polichlorowane bifenyle, pestycydy chloro organiczne);
- ustalenie bądź oszacowanie aktualnych pojemności 51 zbiorników retencyjnych;
- ocena zanieczyszczenia i klasyfikacja osadów dennych zbiorników retencyjnych;
- analiza sposobów eksploatacji osadów dennych, możliwości ich wykorzystania oraz związanych z tym kosztów;
- wymagania techniczne wykonywania pomiarów batymetrycznych (sprzęt, metodyka, dokładności);
- wieloletni harmonogram kontroli pomiarami batymetrycznymi pojemności zbiorników retencyjnych.

16.2. Projekt SAFEDAM

Od grudnia 2015 r. ówczesne Centrum Technicznej Kontroli Zapór brało udział w projekcie SAFEDAM finansowanym przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Celem projektu było opracowanie systemu monitorującego wały przeciwpowodziowe z użyciem bezzałogowej platformy pomiarowej oraz zobrazowań lotniczych i satelitarnych. System monitoringu opiera się na najnowocześniejszych technologiach fotogrametrycznych i teledetekcyjnych. Platforma pomiarowa wyposażona jest w skaner laserowy i wysokorozdzielcze sensory optyczne. Kompleksowy zbiór narzędzi i algorytmów umożliwia automatyczną analizę danych w systemie IT, zarówno 2D, jak i 3D, oraz ich wizualizację i jest przeznaczony dla służb hydrologicznych i specjalistów zarządzania kryzysowego. W projekcie uwzględniono społeczne gromadzenie danych i wysyłanie komunikatów za pomocą dedykowanej aplikacji mobilnej. Wdrożenie systemu SAFEDAM umożliwi efektywne zarządzanie ryzykiem powodziowym, a całość jest uzupełnieniem dotychczasowych projektów ochrony przeciwpowodziowej kraju.

Projekt podzielono na 5 etapów, z których część realizowano jednocześnie. Wykonywano poniższe prace:

Etap I. Powstały koncepcje wykorzystania danych i wytyczne do stworzenia narzędzi umożliwiających przetwarzanie danych geoprzestrzennych, służące kartowaniu i weryfikacji stanu zabezpieczeń przeciwpowodziowych wraz z oceną ruchu masy gruntu. Prace zakończyły się powstaniem platformy pomiarowej (bezzałogowej latającej wyposażonej w skaner i sensory optyczne) poprzez implementacje znanych sensorów na nowej platformie latającej o większej wydajności i odporności na warunki atmosferyczne. Do tego powstała dokumentacja techniczna opisująca procedury realizacji pomiarów stanu wałów przeciwpowodziowych przy wykorzystaniu UAV i zintegrowanych sensorów. Powstała również metodyka wykorzystania zobrazowań satelitarnych i dostępnych obrazów lotniczych w celu wielkoobszarowej weryfikacji stanu wałów, a także koncepcja struktury bazy danych zabezpieczeń przeciwpowodziowych i metodyk oceny zagrożenia i tworzenia map zagrożenia i ryzyka powodziowego.

Etap II. Powstał system informacji przestrzennej dotyczący wałów przeciwpowodziowych z dostępnych rejestrów, a także zintegrowane z nim moduły współtworzące. Stworzono aplikację internetową i mobilną. Na tym etapie przeprowadzona została również wewnętrzna walidacja demonstratora, której efektem jest raport rekomendacji korekt systemu.

Etap III. Powstały wytyczne operacyjne, scenariusze założenia do ćwiczeń oraz działań przeciwpowodziowych dla służb zarządzania kryzysowego i ochrony ludności oraz metodyki i program szkoleń przyszłych użytkowników demonstratora technologii monitorującego wały przeciwpowodziowe z użyciem systemu SAFEDAM w kon-

figuracji prewencyjnej i interwencyjnej. Stworzono również demonstrator systemu odzwierciedlającego planowane funkcje systemu IT, poprzedzone przeprowadzeniem procedury pełnej integracji wszystkich zdefiniowanych w projekcie komponentów i modułów. Istotnym elementem etapu III były testy systemu w warunkach operacyjnych. Weryfikacja i walidacja funkcjonowania systemu w warunkach operacyjnych nastąpiło poprzez wykorzystanie demonstratora w trakcie ćwiczeń zorganizowanych przy udziale i uczestnictwie przedstawicieli Służb (PSP, ZK, OC) statutowo zajmujących się problemami powodziowymi i zabezpieczeniem przeciwpowodziowym.

- Etap IV. Wykonano finalne testy systemu w warunkach kameralnych i dokumentację techniczną systemu. Szczegółowa dokumentacja wygenerowanego systemu zawiera m.in.: szczegółowe dane i parametry techniczne poszczególnych komponentów wchodzących w skład modułów funkcjonalnych systemu, instrukcję serwisową, zawierającą informacje dotyczące instalacji, uruchomienia i eksploatacji systemu, instrukcje obsługi dla poszczególnych komponentów systemu, dokumentację szkoleniową dla użytkowników profesjonalnych (realizujących prace kameralne) odpowiedzialnych za działania związane z przeciwdziałaniem zagrożeniu powodziowemu oraz dla operatorów narzędzi wykorzystywanych w terenie, dokumentację opisującą procedury wdrożeniowe systemu.
- Etap V. Prace koncentrowały się na korektach i rozbudowie istniejącego systemu oraz przeprowadzeniu szkoleń mających na celu zapoznanie potencjalnych użytkowników z możliwościami wykorzystania systemu w warunkach rzeczywistych. W ramach projektu opracowano nową strukturę plików, a następnie wykonano rozbudowę systemu SEKOP, która miała na celu ułatwienie procesu automatycznej wymiany danych z bazą SAFEDAM. Opracowano dokładniejszą metodykę interpolacji wysokości wody z pomiarów wodowskazowych z uwzględnieniem spadków. Wprowadzone zostały zmiany w warstwie dotyczącej ryzyka przelania wody przez koronę wału (ISOK).

Projekt SAFEDAM został zakończony w czerwcu 2020 roku.

16.3. Międzynarodowy panel ekspertów w sprawie budowy zbiornika przeciwpowodziowego Racibórz Dolny

Mgr inż. Edmund Sieński został powołany w skład międzynarodowego panelu ekspertów, który dokonał oceny projektu budowlanego budowy zbiornika przeciwpowodziowego Racibórz Dolny oraz oceny zasad utrzymania i użytkowania poszczególnych komponentów projektu.

16.4. Opracowanie rekomendacji dotyczącej zakresu i możliwości aplikacji systemu pomiarowego termodetekcji przecieków wałów przeciwpowodziowych

W 2020 roku Centrum Technicznej Kontroli Zapór wykonało opracowanie, obejmujące wykonanie oceny stanu technicznego wału będącego przedmiotem prowadzonych badań, ale przede wszystkim analizę wykonanych badań termomonitoringu oraz koncepcję metodologii i standardów ocen i monitoringu wałów przeciwpowodziowych.

Sama idea wprowadzenia monitoringu stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa wałów przeciwpowodziowych z wykorzystaniem termomonitoringu jest jak najbardziej słuszną. Należy jednak zwrócić uwagę na czynniki determinujące możliwość jej zastosowania, czas (okres w odniesieniu do procesu inwestycyjnego) wykonania systemu monitorującego i wybór monitorowanych odcinków.

Ważnym elementem termomonitoringu wałów przeciwpowodziowych jest możliwość realizacji przedsięwzięcia w zależności od aktualnego etapu, na którym znajduje się budowla (budowa, przebudowa, eksploatacja), poprzez zastosowanie odpowiedniego rodzaju monitoringu.

Bardzo istotną kwestią jest możliwość wykorzystania tej metody szczególnie w budowlach eksploatowanych, w których system urządzeń pomiarowych nie pozwala na dostateczne rozpoznanie i zlokalizowanie miejsc filtracji przez korpus i podłoże. Należy pamiętać, że wały przeciwpowodziowe nie są wyposażone w system do pomiarów filtracji, więc taka metoda może być bardzo przydatna, tym bardziej, że nie wymaga ona ingerencji w korpus, polegającej na ich rozkopaniu i umieszczeniu w przygotowanym wykopie urządzeń pomiarowych.

Równie ważnym elementem zainstalowania systemu jest możliwość monitorowania filtracji w podłożu budowli. Istotny jest tu również element pozwalający na wcześniejsze wykrycie zmian filtracji w korpusie zapory. Odpowiednie rozmieszczenie czujników, nie tylko w obrębie stopy skarpy odpowietrznej, ale również pod korpusem budowli, pozwoli na pozyskanie informacji o wielkości odbywającej się filtracji pod budowlą, w czasie kiedy jeszcze nie dochodzi ona do stopy skarpy budowli, a nasila się pod korpusem budowli, choć dalej „skrywa” się na tyle głęboko w okolicach stopy skarpy, że nie jest widoczna.

Na podstawie analizy wykonanych pomiarów i badań należy stwierdzić, że metoda termomonitoringu jest interesującym narzędziem do wykonywania pomiarów szczególnie w zakresie zjawisk filtracyjnych w budowlach piętrzących. Wykonywanie tego typu badań powinno odbywać się oczywiście przy wysokich stanach wód, na przykład przy przejściu wezbrania powodującego wyższe stany wody w obrębie badanego wału przeciwpowodziowego.

Pod kątem wykorzystania metody w ocenie stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzącej, szczególnie wału przeciwpowodziowego, należy stwierdzić, że może ona być stosowana do analizy zachowania się budowli i podłoża w czasie przejścia kolejnych wezbrań, które wystąpiły pomiędzy poszczególnymi ocenami lub kontrolami. Będzie ona również bardzo cennym materiałem do analizy stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa przy wykonywaniu ocen oraz kontroli „doraźnych” w sytuacji zaistnienia nadzwyczajnych warunków pracy budowli spowodowanych ekstremalnymi warunkami atmosferycznymi. W tym przypadku należy mieć na uwadze wezbranie, dla którego rzędna wody wezbranej przekroczy rzędna określona jako bezpieczną dla obwałowania o określonej klasie.

Istotną kwestią jest brak możliwości stwierdzenia potencjalnego zagrożenia wodą filtrującą przez korpus, w czasie kiedy budowla nie pracuje pod obciążeniem wody. Z tego względu stosowanie tej metody w takim okresie nie da żadnych wyników. Wówczas należy sięgnąć po inne metody pozwalające określić stan korpusu budowli. Zostało to szczegółowo opisane w *Wytycznych wykonywania badań, pomiarów, ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących*. Należy pamiętać, że wykonanie pomiarów z wykorzystaniem termomonitoringu w warunkach pozwalających uzyskać wiedzę o badanej budowli może być zbyt późne z uwagi na zmiany, jakie zaszły w korpusie budowli w okresie od ostatniego wezbrania.

Wyniki badań potwierdzają słuszność kontynuacji prac, szczególnie w zakresie zapewnienia właściwego rozmieszczenia czujników w zależności od rodzaju gruntu budującego korpus budowli, podłoża budowli, typowania miejsc charakterystycznych (starorzecza, przetamowania itp.), co pozwoli na poszerzenie wiedzy o procesach zachodzących w korpusie budowli i jej podłożu, wpływających na jej stan techniczny i stan bezpieczeństwa. Należy również rozbudować metodykę wykonywania pomiarów z wykorzystaniem termomonitoringu dla określania filtracji przez korpus i podłoże budowli stale piętrzących wodę. Metoda ta z dużym skutkiem, w kwestii określania dróg i natężeń filtracji, będzie służyła ocenom stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli stale piętrzących wodę.

17. WSPÓŁPRACA MIĘDZYNARODOWA

W latach 60., w ramach porozumień zawartych w RWPG (Rada Wzajemnej Pomocy Gospodarczej), Instytut prowadził doraźną współpracę z poszczególnymi krajami tzw. „obozu socjalistycznego” we wspólnych pracach naukowo-badawczych. W obszarze związanym z techniczną kontrolą zapór dotyczyło to tematów koordynowanych przez Stałą Komisję Energetyczną badań w zakresie filtracji w wałach i nasypach ziemnych oraz związanych z urządzeniami i wykorzystaniem zbiorników wodnych. Ponadto, brano udział w naradach i konferencjach oraz wymianie doświadczeń i materiałów naukowo-badawczych oraz stażystów w innych dziedzinach związanych z techniczną kontrolą zapór, m.in. współpracując z Niemiecką Republiką Demokratyczną w badaniach aparatury kontrolno-pomiarowej.

Na szczególną uwagę zasługuje rozpoczęta w latach 60. bezpośrednia współpraca z Węgierskim Instytutem Gospodarki Wodnej (VITUKI) w Budapeszcie obejmująca:

- kontrolę filtracji w hydrotechnicznych budowlach ziemnych;
- kontrolę osiadań budowli nasypowych;
- aparaturę kontrolno-pomiarową: rodzaje, zasady rozmieszczania, pomiary.

Regularna współpraca z VITUKI, polegająca na okresowej wymianie specjalistów i doświadczeń w dziedzinach związanych z techniczną kontrolą zapór, trwała do roku 1983.

W roku 1974 rozpoczęła się wieloletnia, efektywna współpraca z Czechosłowacką Służbą Technicznej Kontroli Zapór (TBD). Służba ta, obejmująca swoją działalnością cały obszar ówczesnej Czechosłowacji, dzieliła się faktycznie na dwie organizacje, z których jedna sprawowała nadzór nad zaporami znajdującymi się na obszarze obecnej Słowacji, a druga zajmowała się zaporami zlokalizowanymi na obszarze Czech i Moraw. Współpracę IMGW z tymi organizacjami regulowały podpisywane na 3 lub 5 lat umowy. Obejmowały one takie działania jak: wyjazdy szkoleniowe, wymianę ciekawszych wyników prac naukowo-badawczych, wymianę publikacji, udział w konferencjach i seminariach organizowanych przez współpartnera. Okres współpracy objęty umową był podsumowywany protokołem formułowanym na wspólnym posiedzeniu, który zwykle zawierał też plan dalszych działań. Warto podkreślić, że kilkakrotnie przeprowadzono wspólnie analizy i szczegółowe dyskusje nad ocenami stanu technicznego konkretnych obiektów piętrzących, np. Zapory Orawskiej i Zapory Rożnów.

Szczególnie dużym zainteresowaniem strony czechosłowackiej cieszyły się zagadnienia dotyczące stosowanych w Polsce metod pomiarowych i aparatury kontrolno-pomiarowej. Najbardziej spektakularnym efektem współpracy było zawarcie i zrealizowanie w latach 1985-1989 umowy komercyjnej na dostawę i montaż polskiej aparatury strunowej na budowanym wówczas na Dunaju stopniu wodnym Gabčíkovo.

Po powstaniu niezależnych krajów Słowacji i Czech współpracę w zakresie technicznej kontroli zapór rozpoczęła wizyta przedstawicieli IMGW w listopadzie 2007 r. w Vodni Dila – TBD a.s. w Pradze, czeskim odpowiedniku OTKZ. Ustalono wówczas wstępnie zasady stałej współpracy, polegającej na wymianie doświadczeń w zakresie technicznej kontroli i bezpieczeństwa budowli piętrzących w obu krajach. Miała ona obejmować m.in. dwukrotne w ciągu roku wizyty i rewizyty specjalistów, w tym pobyty na obiektach piętrzących, a także udział w krajowych konferencjach specjalistycznych. Podobne uzgodnienia dokonano ze stroną słowacką w czasie spotkania przedstawicieli Vodohospodárska Výstavba, š.p. Zavod TBD w Polsce we wrześniu 2008 roku. Wstępne porozumienia zaowocowały wymianą specjalistów i udziałem w konferencjach. W czasie wymian specjalistów omawiano przepisy prawne regulujące działania kontrolne w poszczególnych krajach, rodzaje czynności kontrolnych i sprawozdań oraz szczegóły organizacyjne dotyczące jednostek technicznej kontroli zapór. Dotychczas, obok regularnej wymiany specjalistów, przedstawiciele jednostek technicznej kontroli zapór z Polski, Słowacji i Czech spotkali się na następujących konferencjach: XXXI Prehradni Dni w Brnie (9-13 czerwca 2008 r.), XXXII Prehradni Dni w Bańskiej Bystrzycy (8-10 czerwca 2010 r.) oraz międzynarodowej konferencji bezpieczeństwa budowli piętrzących (International Professional Conference on Safety of Hydraulic Structures) zorganizowanej przez stronę słowacką w Bratysławie (12-14 października 2010 r.). Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej był jednym z głównych partnerów na tej konferencji, a przedstawiciele strony polskiej byli członkami komitetu programowego. Podczas konferencji podpisano formalne porozumienie o współpracy w zakresie bezpieczeństwa zapór i innych budowli piętrzących pomiędzy służbami technicznej kontroli zapór Słowacji, Czech i OTKZ IMGW. Zgodnie z tym dokumentem prowadzona ma być wymiana doświadczeń, organizacja warsztatów doskonalących umiejętności zawodowe pracowników instytucji nadzorujących bezpieczeństwo budowli piętrzących, wymiana literatury fachowej i wspólne działania na forum Międzynarodowej Komisji Wielkich Zapór.



Seminarium polsko-słowackie. Iwonicz, 1992 r. (fot. archiwum CTKZ).

W ramach warsztatów doskonalących w latach 2012-2013 odbyły się trzy spotkania „Młodych Inżynierów” na terenie Czech, Słowacji i Polski. Uczestnicy wymieniali się swoimi doświadczeniami, a także omawiali problemy dotyczące obiektów hydrotechnicznych, dla których sporządzali opracowania dotyczące stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa.

Z istotnych dokonań wynikających z dotychczasowej współpracy należy wymienić ustalenia dotyczące wspólnego projektu opublikowania słownika terminów hydrotechnicznych w językach angielskim, czeskim, słowackim i polskim. W 2019 roku zakończono prace nad słownikiem. Został on wydany w wersji papierowej, a w 2020 r. udostępniono wersję elektroniczną pozwalającą na wykonywanie tłumaczeń w dowolnej konfiguracji.

18. SEMINARIA, SZKOLENIA I KONFERENCJE KRAJOWE

Zgodnie z ustawą Prawo wodne jednym z zadań państwowej służby do spraw budowlń piętrzących jest organizowanie szkoleń i seminariów dotyczących bezpieczeństwa budowlń piętrzących. Podczas spotkań przedstawiciele ministerstw właściwych do spraw gospodarki wodnej, regionalnych zarządów gospodarki wodnej, służb eksploatacyjnych obiektów hydroenergetycznych, Głównego Urzędu Nadzoru Budowlanego, administracji związanej z gospodarką wodną, pracowników CTKZ i innych osób zainteresowanych tematyką wymienia się doświadczeniami i uwagami na temat działalności technicznej kontroli zapór oraz poglądami na temat aktualnej wiedzy technicznej. Podczas spotkań poruszane są kwestie związane z najciekawszymi obiektami ocenianymi przez CTKZ, a także omawiane są wątpliwości wynikające z zapisów ustawy Prawo wodne.

Wykorzystywane są różne formy i sposoby przekazywania wiedzy i informacji na temat bezpieczeństwa budowlń piętrzących:

1. Seminaria dla pracowników administratorów budowlń piętrzących i nadzoru budowlanego,
2. Organizacja i współorganizacja konferencji i seminariów, realizacja projektów partnerskich oraz uczestnictwo w innych wydarzeniach związanych z tematyką stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowlń piętrzących,
3. Współpraca międzyinstytucjonalna,
4. Spotkania seminaryjne dla pracowników CTKZ IMGW-PIB.

Co roku CTKZ organizuje trzydniowe seminaria mające na celu przybliżenie planowanych i prowadzonych prac dotyczących wykonywania ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowlń piętrzących. Omawia się także problemy związane z budową i eksploatacją budowlń piętrzących. W ostatnich latach omawiane były również zmiany ustawy Prawo wodne w odniesieniu do funkcjonowania państwowej służby do spraw bezpieczeństwa budowlń piętrzących oraz aktualizacja wytycznych wykonywania ocen stanu technicznego budowlń piętrzących. Seminaria cieszą się dużym zainteresowaniem zarówno administratorów budowlń piętrzących, jak również przedstawicieli nadzoru budowlanego stopnia wojewódzkiego i centralnego. Podobnie jak w latach poprzednich dyskutowano zagadnienia prezentowane podczas seminariów, wymieniono poglądy i doświadczenia.

W związku z wejściem w życie z dniem 1 stycznia 2018 r. nowej ustawy Prawo wodne, istniała potrzeba organizowania dodatkowych spotkań informujących o funkcjonowaniu PSBBP w świetle nowych przepisów prawnych. Dodatkową przesłanką ku temu była nowa organizacja instytucjonalna gospodarki wodnej tj.: utworzenie nowych regionalnych zarządów gospodarki wodnej oraz połączenie wojewódzkich zarządów melioracji i urzędów wodnych z regionalnymi zarządami gospodarki wodnej.

W trakcie spotkań przedstawione zostały prezentacje dotyczące:

1. Funkcjonowania państwowej służby ds. bezpieczeństwa budowli piętrzących w kontekście obowiązywania nowej ustawy Prawo wodne,
2. Zarządzania zbiornikami w okresach zagrożeń.
3. Protokołów z kontroli rocznych i pięcioletnich.
4. Zdefiniowania sytuacji limitujących konieczność przeprowadzenia kontroli doraźnych wynikających z warunków atmosferycznych.

Uczestnikami spotkań byli pracownicy regionalnych zarządów gospodarki wodnej, zajmujący się w szczególności utrzymaniem budowli hydrotechnicznych i ich remontami.

Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór organizuje również co roku spotkania seminaryjne będące podsumowaniem prac wykonanych w danym roku, omówieniem aktualnej i planowanej działalności PSBBP, spraw organizacyjnych oraz poruszające interesujące zagadnienia merytoryczne.

Przedstawiane są prezentacje zarówno dotyczące funkcjonowania PSBBP w kontekście obowiązywania Ustawy Prawo wodne, jak również dotyczące znaczenia kontroli okresowych wymaganych ustawą Prawo budowlane, formy protokołów z kontroli stanu technicznego budowli w odniesieniu do art. 62 oraz art. 66 ustawy Prawo budowlane oraz charakterystyczne kwestie związane z bieżącą działalnością CTKZ.

Podczas spotkań seminaryjnych odbywają się wycieczki techniczne do najciekawszych obiektów hydrotechnicznych. W ostatnich latach były to kolejno: Zapora Świnna-Poręba, Elektrownia Szczytowo-Pompowa Porąbka-Żar, Elektrownia Szczytowo-Pompowa Solina wraz z Elektrownią Wodną Myczkowce w Zwierzyniu, Zapora Wodna na Zalewie Sulejowskim w Smardzewicach, Zapora na rzece Witka w Niedowie oraz śluza Paniewo i śluza Kurzyniec na Kanale Augustowskim.

Pracownicy związani z techniczną kontrolą zapór brali również udział w szeregu innych szkoleń, konferencji czy seminariów służących wymianie doświadczeń, poglądów i podnoszących kwalifikacje.

Co dwa lata organizowana jest, wcześniej krajowa a obecnie międzynarodowa, Konferencja Technicznej Kontroli Zapór. W skład komitetu organizacyjnego wchodzi obecni i byli pracownicy IMGW-PIB, którzy swoim doświadczeniem wspierają organizację od strony przede wszystkim merytorycznej. Konferencje, w których ze strony polskiej udział biorą przedstawiciele różnych szczebli administracji państwowej, użytkownicy obiektów, przedstawiciele przedsiębiorstw wykonawczych, instytutów naukowych i wyższych uczelni, stanowią dla specjalistów doskonałe forum wymiany wiedzy, doświadczeń i poglądów w dziedzinie technicznej kontroli zapór i ich bezpieczeństwa.

Pierwsza konferencja odbyła się w 10-12 listopada 1983 r. w Warszawie i była konferencją krajową. Zorganizowane w 2011 r. spotkanie w Książu było już konferencją międzynarodową. Ostatnią w cyklu była XVIII Międzynarodowa Konferencja Technicznej Kontroli Zapór zorganizowana we wrześniu w 2019 r. w miejscowości Biała Woda.

19. NAGRODY, WYRÓŻNIENIA I PATENTY

Szczegółowy wykaz otrzymanych nagród, wyróżnień i zdobytych patentów został przedstawiony w *Monografii – 50 lat TKZ*. Począwszy od 1978 r. specjaliści związani z techniczną kontrolą zapór zdobyli zarówno nagrody zespołowe, jak również indywidualne wyróżnienia przyznane przez ministerstwa i branżowe jednostki.

W ostatnich 10 latach działalności technicznej kontroli zapór pracownicy zdobyli przede wszystkim srebrne i złote odznaki za zasługi dla IMGW, wręczane przez ówczesnych dyrektorów Instytutu.

Złote odznaki IMGW otrzymali dotychczas:

Andrzej Balcerzak	Andrzej Krochmal	Krzysztof Stachurski
Jerzy Bogdański	Wiesława Łapińska-Noworyta	Paweł Stańczyk
Dorota Boros-Mainke	Andrzej Mazurczyk	Wiesław Wachowski
Dimitris Cimirakis	Andrzej Mieszkowski	Beata Wajda
Ewa Dąbkowska	Jerzy Mroziński	Kinga Wiewiórka
Urszula Dmitruk	Marianna Narkiewicz	Tamara Wilk
Zbigniew Dmitruk	Bożena Ordys	Krzyszyna Wiśniewska
Danuta Dudek	Janusz Orzepowski	Marek Wróblewski
Jerzy Gamdzyk	Barbara Podhalańska	Teresa Zań
Robert Gil	Krzysztof Roguski	Małgorzata Zarychta
Witold Giżyński	Małgorzata Sapuła	Witold Ziółkowski
Władysław Jankowski	Sławomir Selerski	Anna Żebrowska
Jerzy Kloze	Edmund Sieński	

Srebrne odznaki IMGW otrzymali dotychczas:

Barbara Belka	Stefan Lewkut	Maciej Sieński
Jakub Chmielewski	Jacek Mikulski	Elwira Sikora
Janusz Flaczyński	Marzena Murawska	Urszula Stawicka
Roman Górecki	Janusz Orzepowski	Maciej Szymański
Agnieszka Jancewicz	Jakub Pawuła	Piotr Śliwiński
Grażyna Kawecka	Adrian Pilecki	Zbigniew Ślizowski
Bogdan Kurzyński	Ryszard Piwoński	Agnieszka Zajac
Anna Kwiatkowska	Bożena Sądag	

20. PERSPEKTYWA DZIAŁAŃ CENTRUM TECHNICZNEJ KONTROLI ZAPÓR IMGW-PIB

Zgodnie z celem, dla którego stworzono Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór, a obecnie Centrum Technicznej Kontroli Zapór, w dalszym ciągu będzie ono realizowało zadania związane z wykonywaniem pomiarów i badań pozwalających wykonywać oceny stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących. Istotnym elementem działania CTKZ jest i będzie tworzenie wytycznych związanych z wykonywaniem ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących, a także ich upowszechnianie i wprowadzanie do praktyki codziennej.

Ustawa o zmianie ustawy Prawo wodne z 5 stycznia 2011 r. (Dz.U. Nr 32, poz. 159) powołała do życia Państwową Służbę ds. Bezpieczeństwa Budowli Piętrzących. Jako właściwy do realizacji zadań opisanych w ustawie wskazano Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy w Warszawie. Zgodnie z regulaminem IMGW-PIB zadania Państwowej Służby ds. Bezpieczeństwa Budowli Piętrzących wykonuje Centrum Technicznej Kontroli Zapór. Tak więc w znacznej części zakres zadań CTKZ będzie wynikał z obowiązków nałożonych ustawą Prawo wodne na Państwową Służbę ds. Bezpieczeństwa Budowli Piętrzących.

Do niezbędnych perspektywicznych działań Centrum Technicznej Kontroli Zapór należy zaliczyć m.in.:

1. Doskonalenie i uzupełnianie kadry specjalistów i pozyskiwanie nowoczesnego sprzętu pomiarowo-obliczeniowego wraz z odpowiednim oprogramowaniem.
2. Wykorzystywanie do wykonywania pomiarów, badań i ocen nowoczesnego sprzętu i technologii, pozwalających uzyskać pełne dane o badanych budowlach i ich otoczeniu.
3. Śledzenie światowych technologii wykonywania pomiarów i badań, pozwalających lepiej rozpoznać procesy zachodzące w korpusach budowli piętrzących, a tym samym poprawić jakość wykonywanych ocen stanu technicznego oraz stanu bezpieczeństwa tych budowli.
4. Przekazywanie za pomocą łączy komputerowych danych pomiarowych bezpośrednio z obiektów do ośrodka opracowującego na ich podstawie oceny stanu bezpieczeństwa;
5. Zapewnienie odpowiednich środków łączności, sprzętu informatycznego, oprogramowania i opracowanie odpowiednich procedur działania, umożliwiających szybką interpretację i graficzną prezentację danych, a także szybkie przekazywanie wynikających z interpretacji wniosków do administratorów obiektów, władz lokalnych, komitetów przeciwpowodziowych, nadzoru budowlanego itp.
6. Utrzymywanie i uaktualnianie bazy danych zawierającej pełną informację o wszystkich budowlach piętrzących w Polsce. Dostęp do bazy będzie możliwy niezależnie od czasu i miejsca korzystania z niej, a utworzone ścieżki dostępu pozwolą na korzystanie z określonych informacji służbom administracji rządowej i samorządowej. Baza ta może stanowić narzę-

dzie wspomagające podejmowanie decyzji w sytuacjach kryzysowych w czasie przejścia wezbrań powodziowych i w czasie niedoboru wody w okresach suszy hydrologicznej.

7. Doprowadzenie do ujednoczenia zasad wykonywania i zawartości ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących niezależnie od wykonawców. Obecnie, oceny stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa wykonywane przez różne podmioty wykazują istotne rozbieżności zarówno co do zakresu oceny, jak i zawartości opracowań.
8. Utrzymywanie bieżących kontaktów z Głównym Urzędem Nadzoru Budowlanego w kwestii ustaleń dotyczących kontroli okresowych i protokołów z tych kontroli, zgodnie z wymogami ustawy Prawo budowlane.
9. Wykonywanie ocen stanu bezpieczeństwa obiektów hydrotechnicznych z uwzględnieniem wpływu ewentualnej katastrofy budowli związanej ze zbiornikiem na tereny przyległe.
10. W związku ze zmianami przepływów wody w rzekach, wynikającymi z zabudowy zlewni oraz zmian infrastruktury w zasięgu oddziaływania zbiornika, wypracowanie zasad określenia klasy budowli odniesieniu do faktycznych parametrów budowli piętrzących.
11. Aktywność w działaniach prowadzących do przedstawienia właściwym organom administracji rządowej przepisów prawa, pozwalających w sposób właściwy prowadzić zagadnienia związane z budownictwem hydrotechnicznym (np. warunków technicznych użytkowania budowli hydrotechnicznych).
12. Kontynuowanie ścisłej współpracy z Państwowym Nadzorem Budowlanym, w szczególności w zakresie opracowywania rocznych raportów o stanie technicznym i bezpieczeństwie budowli piętrzących w Polsce.
13. Stała współpraca z uczelniami technicznymi w zakresie nowoczesnej metodyki wykonywania ocen stanu technicznego i bezpieczeństwa budowli piętrzących przez udział w seminariach, konferencjach i szkoleniach tematycznych oraz wymianę specjalistów.

21. WYKAZ OSÓB ZATRUDNIONYCH W INSTYTUCIE W LATACH 1960-2020, ZWIĄZANYCH Z TECHNICZNĄ KONTROLĄ ZAPÓR

Barbara Adamczyk

Roman Adamski

dr inż. Zbigniew Ambrożewski

tech. Jarosław Anuszewski

mgr inż. Andrzej Balcerzak

mgr inż. Michał Balcewicz

mgr inż. Agata Bartczak

mgr inż. Barbara Belka

tech. Daniela Bereza

mgr inż. Matylda Bestyńska

dr inż. Zbigniew Bestyński

mgr inż. Ewa Beynar-Czczot

mgr inż. Anna Bloch

tech. Jerzy Bogdański

tech. Marek Bogucki

mgr inż. Rafał Borek

mgr inż. Dorota Boros-Meinike

mgr Magdalena Boryka

mgr inż. Jerzy Bródkowski

inż. Janusz Bublewski

inż. Marcin Charzewski

mgr inż. Iwona Chmielewska

mgr inż. Jakub Chmielewski

mgr inż. Andrzej Chmielowski

inż. Maciej Chromiński

mgr inż. Dimitris Cirmirakis

tech. Dariusz Cis

dr inż. Krzysztof Ciuchak

mgr Julian Ciżyński

mgr Mariola Cwetschek-Wiśniewska

mgr inż. Wojciech Czaczkowski

Piotr Czerepowski

mgr inż. Stefan Czernik

Tomasz Cwiejkowski

mgr inż. Jerzy Dargiewicz

mgr inż. Ewa Dąbkowska

mgr inż. Michał Dąbrowski

mgr Hubert Dąbrowski

doc. dr inż. Wiesław Depeczyński

inż. Jędrzej Dębowski

dr inż. Urszula Dmitruk

mgr Zbigniew Dmitruk

dr inż. Andrzej Dobrowolski

mgr inż. Janusz Dobrowolski

prof. dr hab. inż. Jan Dojlido

mgr inż. Andrzej Dołęgowski

tech. Krystyna Drozdowicz

inż. Feliks Drzazgowski

mgr Krzysztof Drzewiecki

mgr Hanna Dubois

Danuta Dudek

mgr inż. Maria Elektorowicz

mgr inż. Bogumiła Faber Kubica

Zofia Fajkowska

prof. dr hab. inż. Konstanty Fanti

dr inż. Krzysztof Fiedler

tech. Kacper Filipowicz

inż. Janusz Flaszynski

dr inż. Mieczysław Gadkowski

tech. Maria Gajewska

mgr inż. Tadeusz Gajewski

Bogusław Galant

dr inż. Ewa Galińska

Sebastian Gałązka

mgr inż. Jerzy Gamdzyk

Marek Gąsiorek

Michał Gąsiorek

mgr Robert Gil

mgr inż. Witold Giżyński

lic. Weronika Głąb

mgr inż. Jacek Głowacki

mgr inż. Andrzej Główkowski

dr inż. Marek Gnatowski
doc. dr inż. Bohdan Godlewski
dr inż. Edward Golonka
dr inż. Adolf Gondowicz
mgr inż. Roman Górecki
mgr inż. Karolina Górską
prof. dr hab. inż. Zbigniew Grabowski
mgr inż. Gerard Graczyk
Aleksander Grochowiak
mgr inż. Leon Grzegory
mgr Maciej Grzeszczak
mgr inż. Stanisław Grzęda
tech. Anna Held
dr inż. Włodzisław Hrabowski
tech. Zbigniew Hryczanik
Krzysztof Hryniuk
mgr inż. Robert Hunik
mgr inż. Paulina Idźkowska
mgr inż. Stefan Ichnatowicz
mgr inż. Zygmunt Jabłoński
prof. dr hab. inż. Bolesław Jacenków
mgr Jacek Jacyna
dr inż. Agnieszka Jancewicz
mgr inż. Władysław Jankowski
mgr inż. Michał Jasiński
dr inż. Jacek Jaśkiewicz
mgr inż. Mateusz Jaworski
mgr Michał Jędraszczak
mgr Piotr Judek
mgr inż. Grzegorz Jurkiewicz
tech. Wojciech Kaczyński
mgr Anita Kaput
Grażyna Kawecka
inż. Monika Kawka
mgr Witold Kenig
mgr Ewa Kijkowska
inż. Andrzej Kitel
inż. Seweryn Klafczyński
doc. dr inż. Jerzy Kłozę
dr inż. Barbara Kłosowicz

mgr inż. Paweł Kocik
tech. Lesław Kopeć
dr inż. Zdzisław Kornacki
mgr inż. Andrzej Korwin-Szymanowski
mgr Anna Kosik
mgr inż. Zbigniew Kot
tech. Tomasz Kowalski
mgr inż. Sławomir Kozyra
mgr inż. Andrzej Kramarz
inż. Aneta Krawczyk
tech. Andrzej Krochmal
mgr Paweł Kryszczuk
mgr inż. Katarzyna Kubicz
mgr inż. Jacek Kucharski
mgr Stanisław Kupidłowski
mgr Bogdan Kurzyński
mgr inż. Angelina Kutrowska
tech. Bogdan Kuźnicki
mgr inż. Anna Kwiatkowska
inż. Piotr Lebiecki
tech. Ewa Lepieszka
mgr inż. Wojciech Leszczyński
mgr inż. Stefan Lewkut
lic. Piotr Lewkut
mgr inż. Jan Linkiewicz
mgr inż. Andrzej Lubosiewicz
mgr inż. Wiesława Łapińska-Noworyta
prof. dr hab. inż. Wojciech Majewski
mgr inż. Piotr Mankiewicz
mgr inż. Kamil Mańk
tech. Adam Matura
mgr inż. Andrzej Mazurczyk
tech. Witold Mazurkiewicz
mgr inż. Wojciech Mazurkiewicz
mgr inż. Maria Merkel
mgr inż. Andrzej Mieszkowski
mgr inż. Ryszard Mikiciuk
mgr inż. Jacek Mikulski
Andrzej Milewski
mgr inż. Tadeusz Milewski

dr inż. Dorota Mirosław-Świątek
mgr inż. Ewa Mitrega
mgr inż. Adrian Moczulski
mgr inż. Sabina Morel
mgr inż. Jerzy Mroziński
inż. Jan Mrozowski
mgr inż. Jerzy Mrówka
tech. Marzena Murawska
mgr inż. Piotr Musiał
mgr inż. Tadeusz Nagłowski
tech. Marianna Narkiewicz
mgr inż. Leszek Nojszewski
mgr inż. Jacek Okurowski
mgr inż. Stanisław Ołdakowski
mgr inż. Paweł Opaliński
dr hab. inż. Leszek Opyrchal
Bożena Ordys
mgr Janusz Orzepowski
mgr inż. Andrzej Ozga
mgr inż. Maciej Pawlak
mgr inż. Stanisław Pawlak
inż. Jakub Pawula
mgr inż. Zygmunt Piątkowski
mgr Piotr Piech
mgr inż. Andrzej Piętak
tech. Jan Piętka
inż. Łukasz Pilarski
mgr inż. Adrian Pilecki
mgr inż. Ryszard Piwoński
dr inż. Henryk Płocharski
Barbara Podhalańska
dr inż. Antoni Podniewski
mgr Łukasz Polonius
mgr inż. Andrzej Połyjkiś
dr inż. Hanna Ponikiewska
dr inż. Wojciech Popławski
tech. Tadeusz Przybyszewski
mgr inż. Gabriela Puchalska
mgr inż. Hanna Raczyńska
tech. Krzysztof Rapacz

tech. Romuald Regeńczuk
mgr inż. Tadeusz Reszka
mgr inż. Irena Rogowska
mgr Barbara Roguska
mgr inż. Krzysztof Roguski
tech. Tomasz Ryfa
mgr inż. Krystyna Rynkiewicz
tech. Tomasz Ryszewski
dr inż. Ryszard Ryżak
mgr inż. Bogusław Rzadzowski
inż. Karol Rzczycki
mgr inż. Katarzyna Sadowska
tech. Włodzimierz Sałek
mgr inż. Jan Sander
Małgorzata Sapuła
mgr inż. Jarosław Sawczyn
tech. Sebastian Sawicki
mgr inż. Bożena Sądag
mgr inż. Tomasz Sądag
mgr inż. Sławomir Selerski
mgr inż. Edmund Sieński
mgr inż. Maciej Sieński
mgr Elwira Sikora
mgr inż. Lidia Simbirowicz
mgr Dawid Simiński
tech. Jerzy Skibowski
mgr Andrzej Słotta
mgr inż. Łukasz Sobczak
mgr Ewelina Sochacka
mgr inż. Maciej Sochacki
mgr inż. Łukasz Sośnicki
mgr inż. Andrzej Sowiński
mgr Marek Spaleny
mgr inż. Jerzy Spoz
tech. Krzysztof Stachurski
mgr inż. Andrzej Stanke
mgr inż. Paweł Stańczyk
dr Urszula Stawiecka
mgr inż. Władysław Stefański
dr inż. Przemysław Stenzel

mgr inż. Alina Stolarska

mgr inż. Henryk Szablowski
tech. Marek Szafranski
Michał Szafranski

tech. Bogdan Szczerbiak

mgr inż. Jan Szewczyk
mgr inż. Mariusz Szoka
mgr inż. Robert Szyra
tech. Robert Szubiński
inż. Ryszard Szuffadowicz
mgr inż. Roman Szybiak
mgr inż. Maciej Szymański
inż. Łukasz Szymocha

mgr inż. Andrzej Śliwczyński

mgr inż. Piotr Śliwiński
mgr inż. Zbigniew Ślizowski
mgr Barbara Taboryska
mgr inż. Klemens Tarnowski
dr Antoni Tomaszewicz
mgr inż. Aleksander Traczyk

mgr inż. Jan Trojan

mgr Aneta Trzuszczak

mgr inż. Jerzy Twardowski

tech. Barbara Tyszewicz
mgr inż. Wiesław Wachowski
Beata Wajda

mgr inż. Andrzej Walentowski
mgr inż. Justyna Wawraszek
tech. Joanna Wawrzyniak

dr inż. Jan Wencewicz

Wojciech Wencewicz
dr hab. Paweł Wiejacz
Kinga Wiewiórka
mgr inż. Czesław Więckowski
Tamara Wilk
mgr inż. Cezary Winiarski
dr hab. inż. Jan Winter
mgr inż. Krzysztof Winter
Krystyna Wiśniewska
mgr Piotr Wiśniewski

mgr inż. Bronisław Wiśniewski

dr inż. Andrzej Wita
mgr inż. Monika Wojdyła
mgr inż. Barbara Wójcicka
mgr inż. Marek Wróblewski
mgr Maciej Wrzesiński
mgr inż. Andrzej Wyderka
mgr inż. Agnieszka Zajac
mgr inż. Teresa Zań
Małgorzata Zarychta
mgr Dagmara Zelaya Wziątek
mgr inż. Małgorzata Zielińska

prof. dr hab. inż. Jan Zieliński

mgr inż. Kamil Zimoński

tech. Maria Ziółkowska

inż. Stanisław Ziółkowski

mgr inż. Witold Ziółkowski
mgr inż. Grzegorz Zlot
mgr inż. Krzysztof Zych
mgr inż. Bolesław Żak

prof. dr hab. inż. Armand Żbikowski

mgr inż. Anna Żebrowska

mgr inż. Robert Żmuda

dr inż. Janusz Żurek

mgr Przemysław Żurek