

# Realizacja kablobetonowych zbiorników retencyjnych na sieci kanalizacyjnej we Wrocławiu

dr inż. Jarosław Michałek, Politechnika Wrocławska, mgr inż. Dawid Moszowski, Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji S.A. we Wrocławiu

## 1. Wprowadzenie

Dobiega końca budowa układu retencjonowania nadmiarowych, ogólnospławnych ścieków pogody deszczowej na terenie przepompowni Port Południe we Wrocławiu. W ramach tego zadania zrealizowano cztery monolityczne, wolnostojące, częściowo zagłębione w gruncie zbiorniki cylindryczne z betonu sprężonego o promieniu wewnętrznym 23,25 m, wysokości ściany 11,44 m (wysokość czynna 9,0 m) i grubości ściany 0,40 m. Pojemność użytkowa każdego zbiornika wynosi 15 376 m<sup>3</sup>, a objętość retencyjna całkowita wszystkich czterech zbiorników – 61 504 m<sup>3</sup>. Każdy ze zbiorników przykryty został aluminiową kopułą zapewniającą hermetyczność układu. Wraz ze zbiornikami powstała też przepompownia ścieków retencjonowanych, stacja transformatorowa, stacja deodoryzacji, sieć rurociągów, szereg komór technologicznych wyposażonych w armaturę z napędami elektrycznymi, sieci uzbrojenia podziemnego oraz drogi i place manewrowe wraz z oświetleniem. Budowa zbiorników retencyjnych jest częścią projektu pn. „Docelowe rozwiązanie gospodarki ściekowej dla miasta Wrocławia – Faza I”, dla którego Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji S.A. otrzymało dofinansowanie z Funduszu Spójności w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko na lata 2014–2020. Wartość zadania to 77,8 mln zł netto, a wartość całego projektu – 160 mln zł netto. Dofinansowanie dla projektu wyniosło blisko 64% wartości netto. Całość inwestycji zrealizowała Inżynieria Rzeszów S.A. [1] w systemie zaprojektuj i wybuduj. Głównym zadaniem wybudowanego układu jest:

- retencjonowanie nadmiaru ścieków dopływających do przepompowni ścieków Port Południe z centralnych i południowych obszarów Wrocławia, a tym samym ograniczenie ilości awaryjnych zrzutów ścieków pogody deszczowej przelewem burzowym do rzeki Odry;
- zapewnienie w czasie pogody deszczowej czasowej retencji nadwyżki ścieków ponad hydrauliczną wydajność Wrocławskiej Oczyszczalni Ścieków (WOŚ) Janówek;
- stopniowe zwiększanie obciążenia oczyszczalni w pierwszej fazie występowania intensywnych opadów;
- w sytuacjach awaryjnych (przeglądy lub awarie sieci, krótkie przestoje technologiczne lub remontowe WOŚ Janówek) zapewnienie retencji kilkunastogodzinnego dopływu ścieków pogody bezdeszczowej.

Retencjonowanie nadmiaru ścieków pogody deszczowej odbywać się będzie niemal automatycznie. Nadmiar ścieków, który nie może być podany przepompownią Port Południe do kolektora magistralnego Odra po przelaniu się przez krawędz przelewu burzowego popłynie grawitacyjnie istniejącym kolektorem burzowym do istniejącej komory B1. W celu skierowania ścieków na układ retencyjny wykonano przegrodę wraz z zastawką przelewową w istniejącej komorze B1, która umożliwi skierowanie ścieków do komory B2. Ścieki z komory B2 dwoma kolektorami DN 1400 grawitacyjnie spłyną do komory czerpnej przepompowni ścieków retencjonowanych. W przepompowni zamontowano 4 pompy zatapialne o sumarycznej wydajności minimum 4,5 m<sup>3</sup>/s., których zadaniem jest tłoczenie ścieków do zbiorników retencyjnych poprzez układ rurociągów tłocznych. Zbiorniki retencyjne mogą być również napełniane bezpośrednio z istniejącej przepompowni Port Południe. W tym celu zrealizowano rurociąg doprowadzający ścieki z przepompowni Port Południe do rurociągu rozdzielczego w przepompowni ścieków retencjonowanych.

Zbiorniki retencyjne mogą być opróżniane tylko wtedy, gdy napływ ścieków do przepompowni Port Południe jest minimalny. Odprowadzenie ścieków retencjonowanych realizowane jest grawitacyjnie do poziomu 114,20 m n.p.m. do istniejącego rurociągu tłoczego o średnicy wewnętrznej 1200 mm (DN 1200) włączonego do Kolektora Odra. Poniżej tego poziomu zbiorniki opróżniane są rurociągiem DN 800 do Kolektora Zachodniego, a następnie ścieki po przejściu przez system kanalizacji trafiają do Wrocławskiej Oczyszczalni Ścieków Janówek. Jest to mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia z pełną gospodarką osadową, na której oczyszcza się około 140 tys. m<sup>3</sup> ścieków na dobę.

Na rurociągu spustowym DN 1200 zabudowano komorę pomiarową (KP1), w której zamontowano przepływomierz wraz z armaturą umożliwiającą odpowiednie skierowanie ścieków do istniejącego rurociągu tłoczego (RT) lub do Kolektora Zachodniego. W komorze tej realizowany jest także pomiar ciśnienia w celu zabezpieczenia zbiorników retencyjnych przed ewentualną cofką z przepompowni Port Południe. W celu zabezpieczenia zbiorników przed przepełnieniem zrealizowano przelewy awaryjne wykonane z rur o średnicy DN 1200. Odprowadzenie ścieków z przepełnienia zbiorników będzie realizowane do kanału burzowego

**Rys. 1.** Przekrój poprzeczny przez płytę fundamentową i ścianę zbiornika

i dalej do rzeki Odry za zastawką przeciwpowodziową.

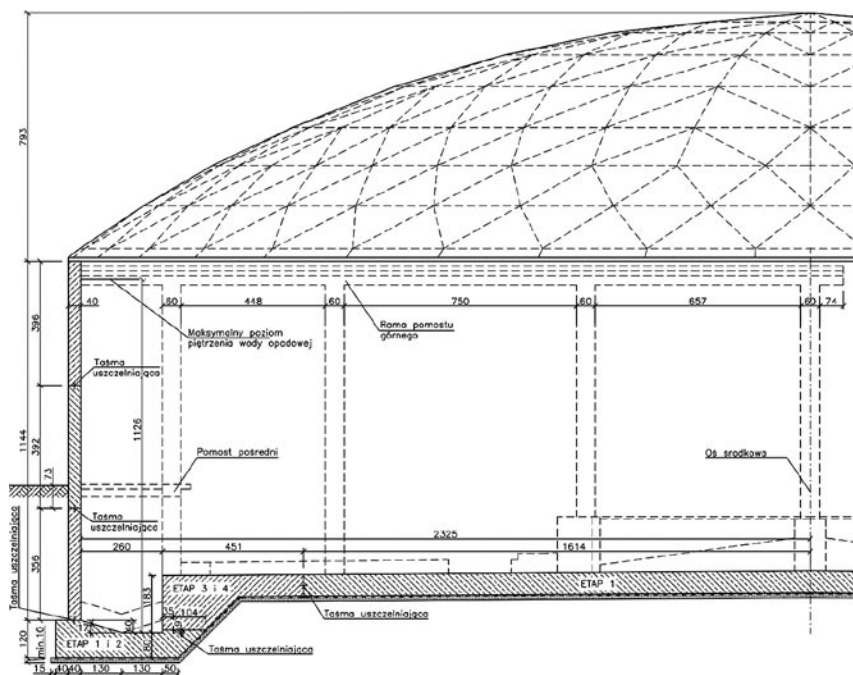
Po opróżnieniu zbiorników nastąpi proces płukania dna z nagromadzonych osadów. W centralnej części każdego ze zbiorników wydzielono osiem komór spiętrzających, w których gromadzona będzie woda do płukania torów. Każdy z czterech walcowych zbiorników retencyjnych podzielono na 8 torów spłukiwanych. Spłukiwanie odbywać się będzie w sposób zautomatyzowany zgromadzonymi ściekami nadmiarowymi, a w razie konieczności wodami opadowymi z terenu inwestycji zgromadzonymi w specjalnie do tego celu zaprojektowanym zbiorniku. Odpływ zebranych popłuczyn z komory odpływowej odbywać się będzie grawitacyjnie do Kolektora Zachodniego, a stamtąd skierowane zostaną do WOŚ Janówek.

Zbiorniki są wyposażone w układ odciążenia powietrza spod kopuły zbiornika, a zanieczyszczone powietrze skierowane będzie do stacji oczyszczania zanieczyszczonego powietrza (SD). Zbiorniki wyposażono również w układ wentylacji awaryjnej umożliwiającej odpowiednie ich przewietrzenie i umożliwienie wejścia pracownikom do wnętrza zbiornika.

## 2. Konstrukcja sprężonych zbiorników retencyjnych

### 2.1. Płyta fundamentowa

Każdy z czterech zbiorników został posadowiony na niezależnej płycie fundamentowej o stałej grubości 70 cm w części środkowej i 80 cm w części obejmującej koryta obwodowe (rys. 1) bezpośrednio na warstwach gruntu rodzimego ulepszonymo poprzez dogęszczenie. Poziom wody grunтовой znajduje się nieznacznie poniżej poziomu posadowienia zbiorników, ale może ulegać okresowym zmianom w zależności od poziomu wody w Odrze. Płyty fundamentowe zostały wykonane z betonu klasy C35/45 na cementzie CEM III 42,5N/HSR. Beton musiał ponadto charakteryzować się stopniem wodoprzepuszczalności W8 [2] i stopniem mrozoodporności F100 [3]. Płyty fundamentowe zabrono prętami żelaznymi ze stali B500B (klasa ciągliwości B) i B500SP (klasa ciągliwości C) w kierunku obwodowym i promieniowym oraz w części centralnej siatką ortogonalną (rys. 2). Pod płytą fundamentową wykonano warstwę betonu podkładowego klasy C12/15 o grubości 10 cm, na której wykonano warstwę ślizgową z warstw folii PE i masy bentonitowej.



Betonowanie płyty fundamentowej odbywało się w pięciu etapach (rys. 1):

- etap 1: część środkowa o średnicy 3228 cm (segment I) oraz co drugi odcinek koryta obwodowego (segment II),
- etap 2: odcinki uzupełniające koryta obwodowego (segment III),
- etap 3: co drugi odcinek pierścienia z wewnętrznym węzłem żelbetowym (segment IV),
- etap 4: odcinki uzupełniające pierścienia z wewnętrznym węzłem żelbetowym (segment V),
- etap 5: płyty fundamentowe pod komorami przyległymi do zbiorników (segment VI).

Połączenia konstrukcyjne między poszczególnymi segmentami uszczelniano taśmami PVC (rys. 1) zapewniającymi szczelność przy słupe cieczy 15 m. Taśmy uszczelniające uciągano na długości i w miejscach ich krzyżowania poprzez zgrzewanie.



**Rys. 2.** Zbrojenie płyty fundamentowej



**Rys. 3.** Komora spiętrzająca w centralnej części zbiornika

Płyta fundamentowa została monolitycznie połączona ze ścianami wspornikowymi przegród technologicznych o wysokości 40–60 cm i grubości 25 cm rozdzielającymi co 45° tzw. tory spłukujące w kierunku koryta obwodowego. W części centralnej ukształtowano komorę spiętrzającą (rys. 3), mającą funkcję retencyjną, oddzieloną ścianą o wysokości 178 cm i grubości 25 cm wyposażoną w okna dla montażu wrót uchylnych z napędem hydraulicznym.

## 2.2. Ściana zbiornika

Cylindryczne ściany zbiorników o stałej grubości na wysokości 40 cm zrealizowano z betonu klasy C40/50, wykonanego na kruszywie granitowym i cemencie CEM III 42,5N/HSR. Beton charakteryzował się stopniem wodoprzepuszczalności W10 [2], stopniem mrozoodporności F150 [3] i stopniem napowietrzenia 4%. Zbiorniki zaprojektowano w 3 klasie szczelności [4, 5, 6], gdzie przecieki są niedopuszczalne. W tym celu ściany zbiorników sprężono do poziomu zapewniającego, że sumaryczne naprężenia od sprężenia i od obciążeń zewnętrznych pozostaną ściskające.

W obliczeniach uwzględniono kombinacje obciążeń w trakcie wznoszenia, w fazie początkowej i eksploatacji zbiornika.



**Rys. 4.** Elementy podsystemu 7 MTAI 15S: żeliwny blok oporowy z przykręconym do niego stożkiem przejściowym

W fazie wznoszenia analizowano okres przed sprężeniem (wpływ skurczu betonu i zmian temperatury) oraz w chwili sprężania (wpływ ciężaru własnego ściany oraz obciążenia radialnego od kolejno naciąganych cięgien). W fazie początkowej sprawdzono nieobsypany zbiornik wypełniony wodą podczas próby szczelności (ciężar własny ściany, sprężenie, parcie wody) oraz obsypany zbiornik pusty (ciężar własny ściany, sprężenie, parcie gruntu, obciążenie naziemem). W fazie eksploatacji sprawdzono zbiornik pusty i pełny w sezonie letnim i zimowym. W przypadku sezonu letniego uwzględniono oddziaływania od ciężaru własnego ściany i przekrycia, sprężenia, parcia gruntu, parcia ścieków (w przypadku zbiornika pełnego) oraz temperatury (bądź bez jej oddziaływania), a w sezonie zimowym dodatkowo wpływ obciążenia śniegiem przekrycia.

Na obwodzie ściany zbiornika rozmieszczono równomiernie 6 pilastrów o szerokości 325 cm i grubości 80 cm. Zewnętrzne powierzchnie pilastrów wykonywano jako płaszczyzny płaskie [7]. Ściany zablożono prętami żebrowanymi ze stali B500SP o wysokiej ciągliwości (klasa C) oraz sprężono od-



**Rys. 5.** Elementy podsystemu 7 MTAI 15S: blok kotwiący i szczęki trójdzielne; widoczne są także sploty siedmiodrutowe Y1860S7

cińkowo po obwodzie z wykorzystaniem włoskiego systemu sprężania firmy TENSACCIALI [7]. Przy realizacji zbiorników wykorzystano elementy podsystemu 7 MTAI 15S (stożek przejściowy z polietylenu wysokiej wytrzymałości, żeliwny blok oporowy, blok kotwiący i szczęki trójdzielne – rysunki 4, 5) włoskiego systemu sprężania firmy TENSACCIALI oraz niemieckie sploty siedmiodrutowe Y1860S7 (rys. 5) o średnicy 15,7 mm [9]. Kształt żeliwnego bloku oporowego w części przedniej jest kwadratowy dla lepszej dystrybucji siły na beton, podczas gdy część tylna wyposażona jest w gwint wewnętrzny służący do połączenia ze stożkiem przejściowym. Ścianę zbiornika połączono monolitycznie z korytem obwodowym płyty fundamentowej za pośrednictwem wieńca, który obejmuje połowę szerokości koryta obwodowego oraz odsadzkę zewnętrzną płyty fundamentowej (rys. 1). Podczas realizacji ścianę zbiornika podzielono trzema poziomymi i 24 pionowymi połączeniami konstrukcyjnymi.



Rys. 6. Segment ściany zbiornika z widocznymi stalowymi osłonkami kablowymi oraz pionową i poziomą taśmą uszczelniającą



Rys. 7. Próba szczelności zbiornika

Wszystkie połączenia konstrukcyjne uszczelniano wewnętrznymi taśmami PVC (rys. 6). Każde pasmo betonowania (pomiędzy poziomymi połączeniami konstrukcyjnymi) składało się z:

- 6 segmentów o długości około 4,0 m złożonych z pilastrów z obustronnymi fragmentami ścian o długości ok. 40 cm (betonowane w pierwszej kolejności),
- 6 segmentów ścian o długości około 16,5 m (betonowane jako drugie),
- 12 segmentów uzupełniających ścianę, o długości około 2,0 m (segmenty betonowane jako trzecie pomiędzy wcześniej wykonanymi segmentami z pilastrami i segmentami ściennymi).

Ścianę sprężono dwuetapowo dwudziestoma obwodami kabli wewnętrznych 7x15,7 mm ułożonymi nierównomiernie na wysokości ściany (co 25 cm w części dolnej do 110 cm w górnej części ściany) w karbowanych osłonkach stalowych (rys. 6) o średnicy 65 mm [10]. W celu zachowania poziomu danego kabla osłonki kablowe były stabilizowane do zbrojenia zwykłego. Przed umieszczeniem splotów w osłonkach kablowych sprawdzono ich drożność przy użyciu kamery. Kable dwuprzęsłowe kotwiono w pilastrach naprzemiennie.

Zatem na obwód zbiornika składają się trzy kable kotwione w pilastrach parzystych lub nieparzystych.

Naciąg kabli realizowany był za pomocą trzech zestawów naciągowych jednocześnie. Każdorazowo sprężaniu poddane były trzy kable jednego poziomu. Naciąg realizowano dwustronnie (naciąg z jednej strony i dociąganie z drugiej strony). Naciąg rozpoczynano od górnej krawędzi ściany zbiornika. Naciąg kabli o numerach nieparzystych (1–19), kotwionych w pilastrach nieparzystych, realizowano w pierwszym etapie, natomiast naciąg kabli o numerach parzystych (2–20), kotwionych w pilastrach parzystych, w drugim etapie. Wartość maksymalnej siły naciągu pojedynczego kabla wynosiła  $P_{0,max} = 1500$  kN (co stanowi około 77% nośności kabla). Siła po wszystkich stratach wynosiła  $P_{m,t} = 1025$  kN. Kontrola siły naciągowej prowadzona przez pomiar ciśnienia na agregacie naciągowym oraz pomiar wydłużenia splotów.

Po zrealizowaniu naciągu nadładki splotów przycięto, a zakotwienia kabli zabezpieczono antykorozyjnie przy użyciu zaprawy Ceresit CX5 narzucanej bezpośrednio na zakotwienia umieszczone w tubie z papy. Zabezpieczenie antykorozyjne splotów na ich długości stanowi zaczyn cementowy wtłoczony pod ciśnieniem przez otwór iniekcyjny w części przedniej żeliwnego bloku oporowego do wnętrza osłonek kablowych. Do iniekcji zastosowano mieszaninę cementu CEM I 42,5R, wody oraz domieszki iniekcyjnej MC Einpreshilfe spełniającą wymagania normy [11] dla zaczynów iniekcyjnych. Proces iniekcji kanałów kablowych zrealizowano zgodnie z normą [12].

Po zakończeniu procesu betonowania i sprężania ścian zbiorników, a przed wykonaniem wewnętrznych powłok uszczelniających (z powodu silnie agresywnego środowiska chemicznego), przystąpiono do prób szczelności (rys. 7). Do próby szczelności wykorzystano wodę z Odry, którą następnie przelewano i wykorzystywano do wykonania prób szczelności na pozostałych zbiornikach. Wszystkie zbiorniki przeszły pozytywnie próbę szczelności.

Przy przejściach kanałów technologicznych i wejściach serwisowych przez ścianę zbiornika zastosowano przejścia szczelne łańcuchowe. Wejście serwisowe (używane tylko w przypadku zbiornika pustego) odbywa się przez okrągły właz ciśnieniowy o średnicy 1200 mm z poziomu terenu na oddylatowany od ściany zbiornika pomost pośredni (rys. 1). Z pomostu pośredniego na dno zbiornika prowadzą żelbetowe schody płytowe.

Wejście dozоровe do każdego ze zbiorników odbywa się przez lukarnę wejściową zlokalizowaną w kopule zbiornika ponad koroną ściany, z zewnętrznego pomostu stalowego, do którego prowadzą schody stalowe. Wejście pozwala na czynności dozоровe nawet przy wypełnionym zbiorniku. Układ komunikacyjny wejścia dozоровego składa się z pomostu żelbetowego o konstrukcji ramowej (oddylatowanego od ściany zbiornika) przebiegającego od wejścia w lukarnie do środka zbiornika (rys. 1). Belka pomostu górnego o przekroju teowym oparta jest na trzech słupach

o przekroju kołowym (o średnicy 60 cm), wyprowadzonych z płyty dennej zbiornika. Ostatnie przęsło belki pomostu od strony ściany zostało przewieszono wspornikowo (rys. 1). Pomosty górny i pośredni, słupy, belki i schody wykonane zostały z betonu klasy C35/45 (stopień wodoprzepuszczalności W8 [2] i mrozoodporności F100 [3]), zbrojone prętami żebrowanymi ze stali B500SP (klasa ciągliwości C).

Dolną część ściany i pilastry ocieplono warstwą polistyrenu ekstrudowanego XPS 50 o grubości 12 cm do wysokości 30 cm powyżej poziomu obsypania, a pozostałą część ściany (do jej górnej krawędzi) styropianem fasadowym EPS 70 o grubości 12 cm zabezpieczonym klejem elastycznym na siatce z włókien szklanych. Część podziemną warstwy termoizolacyjnej ścian zbiorników dodatkowo zabezpieczono przed uszkodzeniami mechanicznymi folią kubelkową.

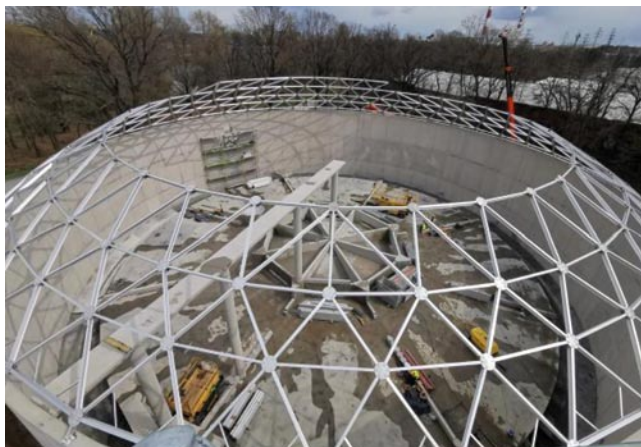
Założono [1], że konstrukcja płyty fundamentowej oraz ściany zbiornika pracować będą w środowisku cyklicznie mokrym i suchym narażonym na korozję wywołaną karbonyzacją (klasa ekspozycji XC4 [13,14]) i chlorkami nie pochodzącymi z wody morskiej (klasa ekspozycji XD2 [13,14]) oraz w silnie agresywnym środowisku chemicznym (klasa ekspozycji XA3 [13,14]). W zależności od przyjętej klasy ekspozycji środowiska dobrano ochronę materiałowo-strukturalną betonu przez zapewnienie odpowiedniego składu mieszanki betonowej oraz postawiono dodatkowe wymagania wodoszczelności i mrozoodporności. Z powodu silnie agresywnego środowiska chemicznego na wszystkich wewnętrznych powierzchniach betonowych zbiornika wykonano powłokę z bezszwowej i bezspoinowej, mineralnej zaprawy hydroizolacyjnej Aquafin-2K/M-Plus.

### 2.3. Przekrycie zbiornika

Zbiorniki zostały przekryte średnio wyniosłymi kopułami siatkowymi na bazie koła o promieniu 71,17 m. Wyniosłość kopuły liczy 7,93 m, a jej średnica odpowiada zewnętrznej średnicy zbiornika 46,9 m. W przekryciu zbiorników zastosowano sieć rombów o różnych rozmiarach, stopniowo wzrastających od środka kopuły (rys. 8, 9). Oczka rombów są tworzone przez ukośne żebra wzdłuż linii promieniowych. Poprzez wprowadzanie płatwi opartych na koncentrycznych pierścieniach utworzone zostały oczka trójkątne.

Belki tworzące trójkątne struktury kopuły zrealizowano z profili H-kształtnych o wysokości 150 mm, szerokości stopki 80 mm i grubości ścianki 2 mm ze stopu aluminium 6082-T6 (stop o średniej wytrzymałości i doskonałej odporności na korozję). Węzły łączące belki struktury kopuły utworzono z dwóch okrągłych płyt aluminiowych o grubości 8 mm łączących poszczególne belki za pomocą śrub ze stali nierdzewnej. Całość konstrukcji pokryta została trójkątnymi arkuszami blachy ze stopu aluminium 3003-H16 (czyste aluminium z dodatkiem manganu o wysokiej odporności na korozję) o grubości 1,27 mm dopasowanymi do danego oczka siatki (rys. 9).

Konstrukcja przekrycia wsparta została na koronie ściany zbiornika poprzez uchwyty montażowe ze stali nierdzewnej



**Rys. 8.** Przekrycie zbiornika: belki tworzące trójkątne struktury kopuły oraz węzły łączące; widoczny jest także uchwyt montażowy wsparcia kopuły na ścianie zbiornika



**Rys. 9.** Przekrycie zbiornika: gotowa konstrukcja kopuły pokryta trójkątnymi arkuszami blachy ze stopu aluminium

mocowane do betonu za pomocą kotew mechanicznych. W celu zminimalizowania sił promieniowych przekazywanych z kopuły na ścianę zbiornika zastosowano podpory ślizgowe. Podpory kopuły składają się z profili rurowych o prostokątnym przekroju wykonanych ze stopu aluminium 6082-T6. Profile rurowe są montowane do uchwytów montażowych za pomocą sworzni o średnicy 30 mm. Uszczelnienie styku kopuły ze ścianą zewnętrzną zbiornika zrealizowano za pomocą uszczelki EPDM (guma etylenowo-propylenowo-dienowa) o wymiarach przekroju 30x30 mm. Materiał zastosowany jako uszczelnienie jest odporny na uszkodzenia, zmienne warunki atmosferyczne i promieniowanie UV.

### 3. Podsumowanie

Zarówno na świecie, jak i w Polsce obserwujemy negatywne efekty zmiany klimatu. Coraz mniej spotykane są niewielkie opady deszczu, które trwają kilka dni. Zastępują je natomiast deszcze krótkotrwałe i intensywne. Woda deszczowa spływa między innymi do kanalizacji, przeciążając oczyszczalnie, a także np. podtapia ulice, garaże podziemne, czy piwnice.

Decyzja podjęta o budowie instalacji retencjonowania nadmiarowych, ogólnospławnych ścieków pogody deszczowej na terenie przepompowni Port Południe we Wrocławiu, w tym czterech zbiorników retencyjnych o łącznej pojemności użytkowej ponad 60 000 m<sup>3</sup>, ma ogromne znaczenie dla miasta i jego mieszkańców, ale też dla środowiska naturalnego. Będąca już na ukończeniu inwestycja będzie jedną z największych tego typu w Europie. Powstałe zbiorniki retencyjne będą służyły do okresowego przetrzymywania nadmiaru ścieków w czasie intensywnych opadów (odciążenie sieci) oraz do sedymentacji zawieszin i części stałych (mechaniczne oczyszczenie ścieków). Nastąpi zatem zdecydowane ograniczenie ilości awaryjnych zrzutów ścieków pogody deszczowej przelewem burzowym do rzeki Odry oraz poprawi się czystość odprowadzanej wody. Spełnione zostaną wymagania rozporządzenia [15] przy odprowadzaniu wód opadowych lub roztopowych w tym przypadku do rzeki Odry.

Realizacja betonowych zbiorników retencyjnych z betonu wysokiej wytrzymałości klas C35/45 (płyta fundamentowa) i C40/50 (ściany) ze sprężonymi obwodowo ścianami oraz zastosowanie na wszystkich wewnętrznych powierzchniach betonowych zbiornika powłok hydroizolacyjnych gwarantuje wysoką szczelność oraz długotrwałe użytkowanie konstrukcji w agresywnym środowisku chemicznym ogólnospławnych ścieków pogody deszczowej.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Jędrzejczak J., Ślaga Ł., Kaźmierczak S., Tylek K., Seruga A., Projekt Wykonawczy Budowa zbiorników retencyjnych z pompownią i infrastrukturą towarzyszącą wraz z rozbiórką obiektów kolidujących z projektowanym układem retencji na sieci kanalizacyjnej na terenie przepompowni Port Południe, Specjalność Konstrukcyjno-Budowlana, Zb. I–Zb.IV – zbiorniki retencyjne, tom I, Konstrukcje żelbetowe i sprężone, Inżynieria Rzeszów S.A., Wrocław, grudzień, 2019
- [2] PN-88/B-06250. Beton zwykły
- [3] PN-B-06265:2018-10: Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność. Krajowe uzupełnienie PN-EN 206+A1:2016-12
- [4] PN-EN 1992-3:2008: Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 3: Silosy i zbiorniki na ciecze
- [5] Halicka A., Franczak-Balmas D., Żelbetowe zbiorniki na ciecze i materiały sypkie. Współczesne zasady projektowania z przykładami, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2020
- [6] Lewiński P., Zasady projektowania żelbetowych i sprężonych zbiorników na ciecze według Eurokodów, Instytut Techniki i Budowlanej, Warszawa, 2020
- [7] Szydłowski R., Seruga A., Analiza odkształceń i naprężeń w żelbetowym pilastrze sprężonego zbiornika kołowego, KS2018: Konstrukcje Sprężone: Konferencja Naukowo-Techniczna, Kraków, 18–20 kwietnia 2018, Kraków: Katedra Konstrukcji Sprężonych, Politechnika Krakowska, 2018
- [8] European Technical Assessment ETA 08/0012 of 23.01.2017 r. TENSAC-CIAI post-tensioning system, Cerema Direction technique infrastructures de transport et matériaux, Paris 2017
- [9] Krajowa Ocena Techniczna ITB-KOT-2019/1217, wydanie 1, Stalowe sploty sprężające DWK Drahtwerk Köln GmbH z drutów gładkich, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa, 2019
- [10] PN-EN 523:2004: Osłony kabli sprężających z taśm stalowych. Terminologia, wymagania, sterowanie jakością
- [11] PN-EN 447:2009: Zaczyn iniekcyjny do kanałów kablowych. Wymagania podstawowe
- [12] PN-EN 446:2009: Zaczyn iniekcyjny do kanałów kablowych. Metody iniekcji
- [13] PN-EN 1992-1-1:2008: Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- [14] PN-EN 206+A2:2021-08: Beton. Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność
- [15] Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 12 lipca 2019 r. w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego oraz warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu do wód lub do ziemi ścieków, a także przy odprowadzaniu wód opadowych lub roztopowych do wód lub do urządzeń wodnych (Dz.U. z 2019, poz.1311)

XXI KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA

**KONTRA' 2022**

TRWAŁOŚĆ BUDOWLI I OCHRONA PRZED KOROZJĄ

Warszawa-Cedzyna 13-14 października 2022 r.



#### TEMATYKA KONFERENCJI

- odporność materiałów budowlanych na działanie agresywnych czynników zewnętrznych,
- trwałość i ochrona przed korozją konstrukcji żelbetowych, stalowych, drewnianych i murowych,
- trwałość nawierzchni drogowych i mostów,
- modelowanie procesów degradacji materiału i konstrukcji, badania laboratoryjne,
- metody diagnostyki korozyjnej konstrukcji,
- wyroby antykorozyjne, systemy naprawcze, technologie prac antykorozyjnych i metody napraw,
- inne, związane z trwałością materiałów i konstrukcji.

#### ORGANIZATOR:

Komitet Trwałości Budowli Zarządu Głównego Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa

#### WSPÓLORGANIZATOR:

Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej

#### KONTAKT:

e-mail: [kontra@il.pw.edu.pl](mailto:kontra@il.pw.edu.pl), [www.kontra.il.pw.edu.pl](http://www.kontra.il.pw.edu.pl)

Wydział  
Inżynierii Lądowej

