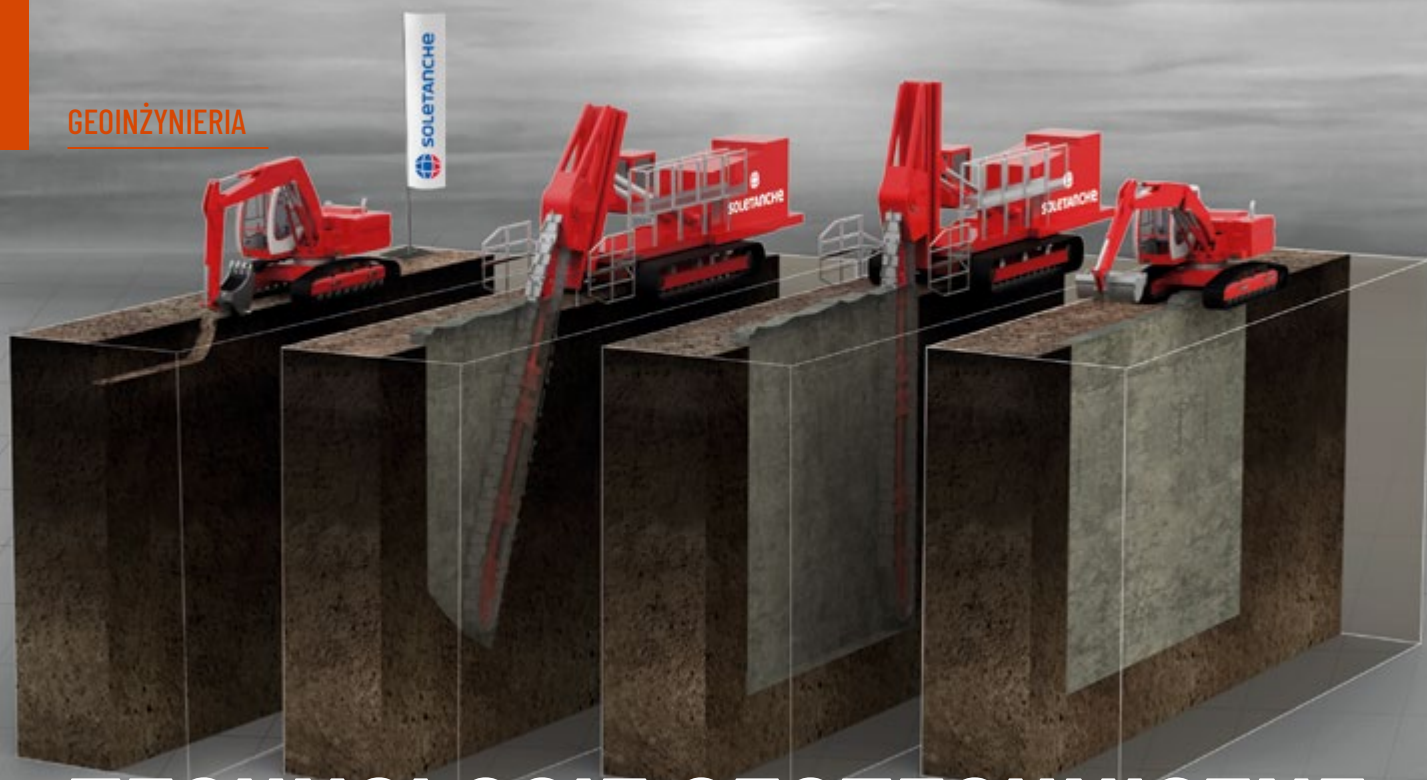


GEOINŻYNERIA



TECHNOLOGIE GEOTECHNICZNE W SŁUŻBIE OCHRONY GOSPODARKI WODNEJ

WSPÓŁPRACA PROJEKTOWO-WYKONAWCZA

■ URSZULA TOMCZAK

Główny projektant i ekspert Soletanche Polska

Absolwentka Politechniki Warszawskiej, gdzie kształciła się na Wydziale Inżynierii Lądowej (specjalizacja Mosty i Budowle Podziemne). Jest wykładawcą Politechniki Warszawskiej oraz głównym ekspertem w firmie Soletanche Polska, z którą jest związana od 2004 r. Brała udział w realizacji projektów: suchy wykop dla Muzeum II Wojny Światowej w Gdańsku, Warszawa Spire w Warszawie, Trasa WZ w Łodzi, KTW w Katowicach.



■ TOMASZ KORAB

Kierownik Projektu w Soletanche Polska

Absolwent wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej (specjalizacja Mosty i Budowle Podziemne). Od 2006 r. kieruje robotami budowlanymi w rozmaitych technologiach wykonywanych przez Soletanche Polska: ściany szczelinowe, jet-grouting, pale, mikropale, kotwy gruntowe, DSM, żelbet, trenchmix.



Z TEKSTU DOWIESZ SIĘ:

- ☑ czy grozi nam kryzys związany z brakiem wody,
- ☑ czy geotechnika może wypracować kompromis między urbanizacją a zachowaniem balansu retencyjnego,
- ☑ jakie technologie wspomagają realizację infrastruktury odpowiedzialnej za gospodarowanie wodami.

CZY KOŃCZY NAM SIĘ CZYSTA WODA?

CZY PRZEMYSŁ, MASOWE ROLNICTWO ORAZ BUDOWNICTWO POWINNY OGRANICZYĆ SWÓJ ROZWÓJ?

Nasza planeta widziana z kosmosu w większej części składa się z wody. Jednak pomimo tego, że woda pokrywa 71% powierzchni Ziemi, ponad połowa ziemskiej populacji cierpi z powodu jej deficytu przez co najmniej jeden miesiąc w roku. Obecnie szacuje się, że do roku 2040 ponad 20 kolejnych krajów będzie doświadczać niedoboru wody. Te ponure statystyki stawiają wstrząsające pytania: czy kończy nam się czysta woda i czy przemysł, masowe rolnictwo oraz budownictwo powinny ograniczyć swój rozwój?

I TAK, I NIE

W skali planety, Ziemi nie może zabraknąć czystej wody dzięki jej cyrkulacji – systemowi, który wciąż produkuje i przetwarza wodę, podczas jej obiegu na Ziemi zmieniając ją od pary, przez ciecz, po lód. Więc nie należy pytać, ile jest wody, ale jak dużo jej jest dla nas dostępne. 97% cieczy na Ziemi to słona woda, zbyt zmineralizowana, by ją pić i wykorzystywać w rolnictwie. Z pozostałych 3% wody potencjalnie zdanej do użytku, ponad dwie trzecie jest zamrożone w pokrywach lodowych i lodowcach. To pozostawia mniej niż 1% wody, która może podtrzymać życie na Ziemi. Jest ona rozsiąta po naszej planecie w rzekach, jeziorach, podziemnych warstwach wodonośnych, lodzie i wiecznej zmarzlinie. Są to źródła wody, które są szybko wyczerpywane przez ludzi, lecz powoli uzupełniane przez deszcz i śnieg.

PONAD POŁOWA ZIEMSKIEJ POPULACJI CIERPI Z POWODU DEFICYTU WODY, PRZEZ CO NAJMNIEJ JEDEN MIESIĄC W ROKU

Jej limitowane zapasy nie są rozdzielane równomiernie na świecie. Różnorodny klimat i ukształtowanie terenu zaopatrują niektóre regiony w więcej opadów i naturalnych źródeł wody, zaś inne strefy mają cechy geograficzne, które utrudniają transportowanie wody. A zapewnienie infrastruktury i energii,

których potrzeba, by przeprowadzić wodę przez te regiony, jest bardzo drogie.

W wielu ubogich w wodę obszarach, jak również tych z lepszym dostępem, ludzkość wypija lokalny zapas wody szybciej niż można go uzupełnić. A gdy łatwiej odnawiające się źródła nie mogą sprostać oczekiwaniom, zaczynamy wypompowywać wodę z naszych ograniczonych podziemnych rezerw. Z 37 największych rezerw, aż 21 jest na drodze do zupełnego opróżnienia. Więc nasza planeta tak naprawdę nie traci wody. To my wyczerpujemy jej źródła w zawrotnym tempie¹.

Z JAKIMI PROBLEMAMI Z TYTUŁU ZMIAN KLIMATU I ZABURZONEJ RETENCJI BORYKA SIĘ MIASTO?

Ulewy z opadem powyżej 20 mm/m²/dobę będą powodować podtopienia i zakłócenia w funkcjonowaniu infrastruktury miejskiej, np. transportowej czy kanalizacyjnej, co przyczyni się do zalewania domów (głównie piwnic) i terenów niżej położonych. Z prognoz klimatycznych dla miasta stołecznego Warszawy wynika, że do 2050 roku:

- Wzrośnie liczba dni z ulewnym deszczem w ciągu roku i wzrośnie maksymalna wartość opadu dobowego powyżej 80 mm/m². Obecnie ulewy zdarzają się 12 razy w ciągu roku. Około 2050 roku ulewy będą występowały 15 razy. Na większe sumy opadów może być narażona południowa i wschodnia część Warszawy.
- Wzrośnie częstotliwość występowania fal powodziowych na Wiśle oraz jej dopływach w obrębie miasta, takich jak np. rzeki Wilanówka i Długa, Potok Służewiecki czy Kanały Bródnowski i Gocławski².

W latach 2008–2014 ze wszystkich zagrożeń meteorologicznych największe straty materialne w Warszawie spowodowały ulewy.

ROZWIĄZANIA GEOTECHNICZNE NA UJARZMIENIE „WIELKIEJ WODY”

Technologie geotechniczne wykorzystywane są w gospodarce wodnej do różnorodnych zadań.

- **WZMACNIANIE I BUDOWA WAŁÓW PRZECIWPOWODZIOWYCH**
- **MAGAZYNOWANIE WODY OPADOWEJ**

1) WZMACNIANIE I BUDOWA WAŁÓW PRZECIWPOWODZIOWYCH

Świetnym rozwiązaniem służącym wzmocnieniu wałów przeciwpowodziowych są przesłony pionowe jednofazowe – na przykład w technologii TRENCHMIX.

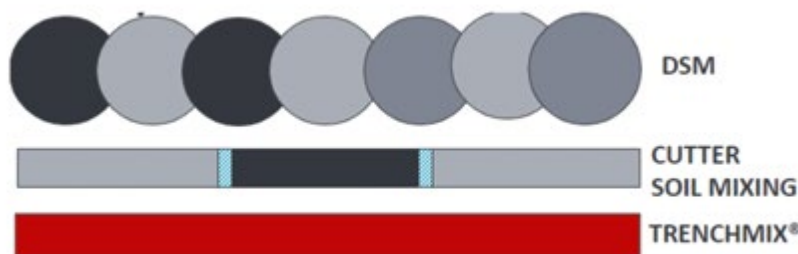
Panele w technologii **CDMM** (ang. *continuous deep mixing method*) wykonywane są przy pomocy mieszadła łańcuchowego (trencher) pograżonego w podłożu gruntowym.

W trakcie pracy następuje proces niszczenia struktury gruntu z jednoczesnym podawaniem spoiwa (zawiesiny bentonitowej), w efekcie czego powstaje przegroda z jednorodnego kompozytu ograniczającego filtrację o zmiennej grubości (od 30 do 50 cm), uzależnionej od wymagań projektowych oraz warunków gruntowych.

Dzięki procesowi produkcji zakładajacemu **ciągły postęp maszyny** z jednoczesnym mieszaniem, uzyskuje się jednolitą barierę (panel) o głębokości do 12 m, której długość ograniczona jest tylko możliwością przemieszczania się maszyny.

Soletanche ma w portfolio wiele realizacji z wykorzystaniem tej technologii.

- Zabezpieczenie wałów na Wiśle w miejscowościach: Kraków, Nowolipie, Bolesław-Mędzychów – Szczucin, Sartowice, Pacanów oraz Bączki – Antoniówka Świerżowska
- Zabezpieczenie wałów na Wisłocze: Chrzęstów – Złotniki, Gawłuszowice oraz Jasto





takiem): obmiar: 3384 m² – odcinek 304 m o zmiennej głębokości od 8 do 15 m, głównie wzdłuż brzegu stawu Kalina.

- Etap II – wykonanie przestony w technologii TRENCHMIX (z wykorzystaniem trenchera): obmiar: 7225 m² – odcinek 834 m o zmiennej głębokości od 5 do 12 m.

2) MAGAZYNOWANIE WODY OPADOWEJ

Kolejnym wyzwaniem jest budowanie podziemnych zbiorników o znacznej głębokości i objętości. Zbiorniki te z powodzeniem mogą być wykonywane w technologii ścian szczelinowych o dobranych ze względu na wielkość zadania gabarytach.

Września odrobiła lekcję Warszawy

Zbiornik retencyjny w środku ronda, schowany w niepozorną infrastrukturę, wykonuje niebagatelną pracę w czasie ulewnych deszczy.

Ten obiekt to połączenie technologii żelbetowej ze ścianami szczelinowymi. Budowa dotyczyła przebudowy układu drogowego we Wrześni: zamiast dwóch przejazdów kolejowych zdecydowano się na rozwiązanie bezkolizyjne. Lokalne drogi przełożono do głębokiego wykopu, a tory kolejowe pozostawiono w starym śladzie na wiaduktach. Ściany szczelinowe zabezpieczają cały ten szerokoprzestrzenny wykop: utrzymują skarpy i chronią przed napływem wody gruntowej. Przestrzeń pod środkową częścią ronda wykorzystano na zbiornik retencyjny dla wód spływających z całego skrzyżowania.

Odwrócona ochrona – czyli przestona zabezpieczająca napływ chemikaliów do akwenu

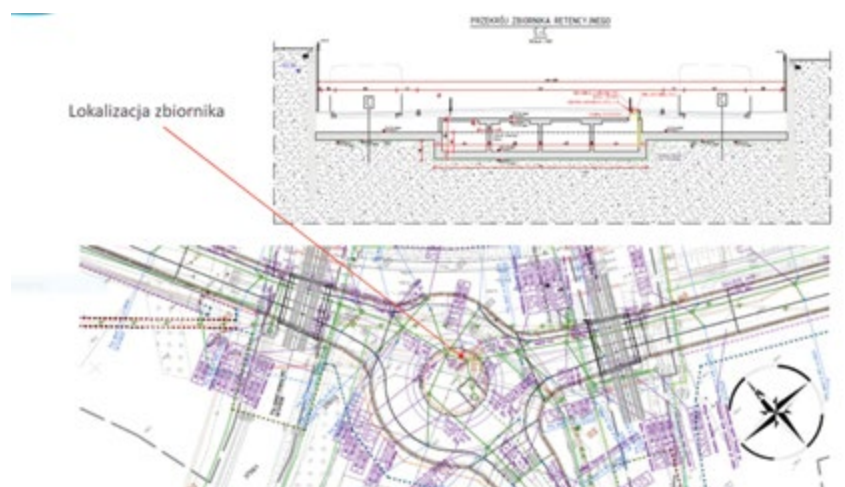
Generalny wykonawca powierzył Soletanche odcięcie dopływu zanieczyszczeń do stawu Kalina oraz zabezpieczenie wpływu na sąsiednie grunty hałdy zawierającej chemikalia składowane na tym terenie przez zakłady chemiczne „Hajduki”. Wykonanie przestony ma na celu zatrzymanie infiltracji wód podziemnych z hałdy do stawu. Przesłonę posadawiamy na głębokość 0,5 m w glinie, tworząc „szczelną kubaturę” w obrębie hałdy.

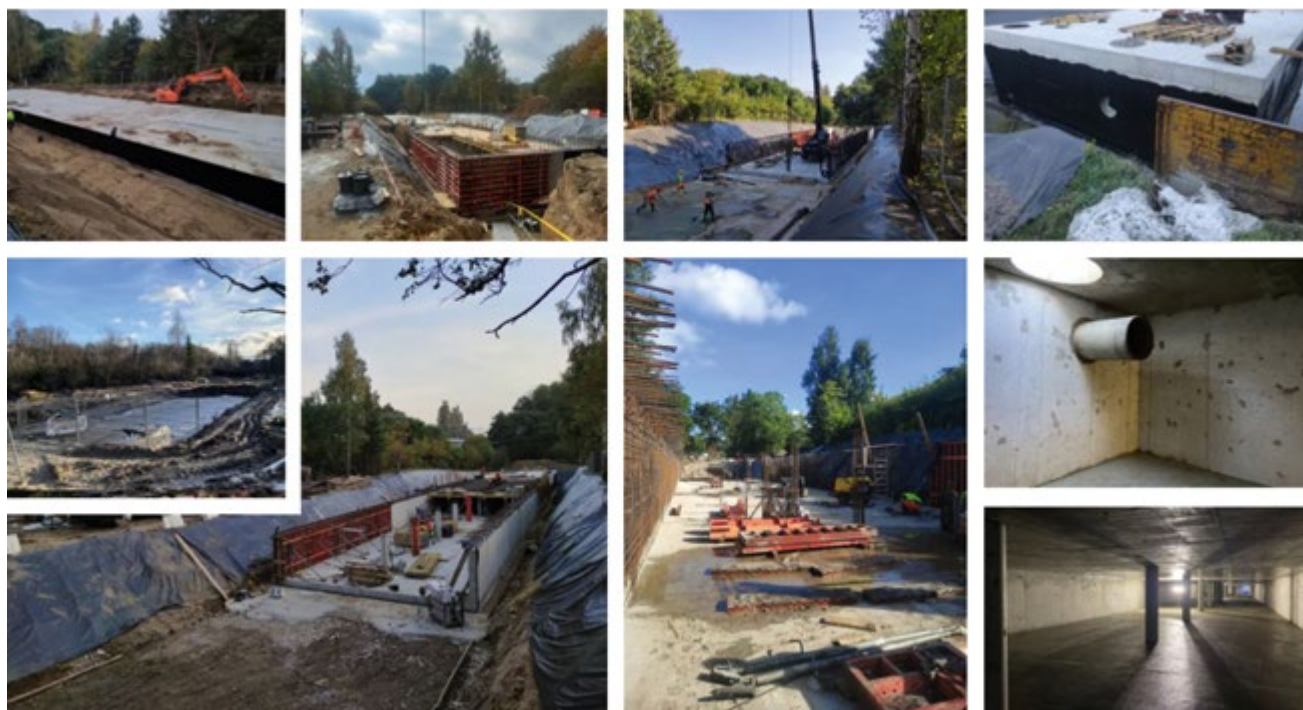
- Etap I – wykonanie przestony w technologii *slurry trench* (przesłona kopana chwy-

- Zabezpieczenie wałów na Odrze: Polder – Cedynia

Czy każde wzmocnienie wału można skutecznie wykonać przy użyciu tej technologii? Otóż – nie.

Jak każda technologia, tak i TRENCHMIX ma swoje ograniczenia. Przy większych niż 12 m głębokościach sprawdzą się inne technologie. Na przykład można wykonać kolumny DSM, gdzie realizuje się zazębiające się ze sobą kolumny tworzące palisadę. Skutecznym rozwiązaniem na przesłone, która ma sięgać jeszcze głębiej, jest wykorzystanie technologii znanej pod nazwą przestona kopana. Wykonuje się wąskoprzestrzenny wykop (szczelinę) i wypełnia się go materiałem o niskim współczynniku wodoprzepuszczalności. Soletanche Polska stosuje w tym celu technologię znaną z wykonywania ścian szczelinowych – wraz z postępowaniem wydobywania urobku przy pomocy chwytaka (hydraulicznego lub mechanicznego), sekcja szczeliny zostaje wypełniona zawieszoną bentonitową. Po wykopaniu szczeliny na zakładaną projektową głębokość, pozostawia się zawieszinę do stężenia i uzyskania właściwości uszczelniających. Kolejne sekcje kopane są naprzemiennie, tak aby w efekcie końcowym uzyskać ciągłą przesłonę ograniczającą filtrację.





Zbiornik retencyjny, który nie szpeci, a spełnia swoją rolę

Podziemny zbiornik retencyjny w klasycznej technologii żelbetowej. 10 m szerokości; ponad 90 m długości; wysokość konstrukcji ok. 3 m.

Zbiornik został realizowany w ramach przebudowy ul. Spółdzielczej w Gdyni. Po wykonaniu zbiornika strop został zasypany ziemią i odtworzono teren zielony. W warunkach miejskich to estetycznie dużo lepsze rozwiązanie niż otwarte zbiorniki retencyjne, jakie często możemy oglądać przy inwestycjach drogowych.

Zbiornik retencyjny głęboki – Bridgestone

Zbiornik przeciwpożarowy realizowany w ramach rozbudowy fabryki opon Bridgestone w Poznaniu. Wymiary w planie 11x12 m. Typowe zastosowanie ścian szczelinowych, czyli ściany wykonywane z poziomu terenu stanowiące obudowę wykopu, a będące również ścianami docelowymi zbiornika. Aby umożliwić wykonanie tymczasowego odwodnienia wykopu bez wpływu na poziom wód gruntowych na zewnątrz, ściany szczelinowe dochodzą do warstw gruntów nieprzepuszczalnych (tutaj na głębokości ok. 15 m).

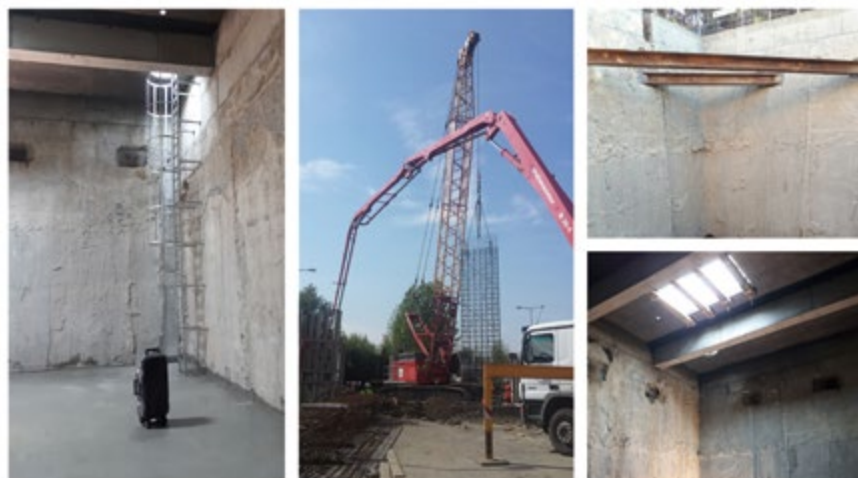
Zbiorniki okrągłe to same korzyści dla inwestora i wykonawcy

Przy prawidłowym uformowaniu w gruncie ciągłej i gładkiej (w sensie matematycznym) powierzchni obudowy nie ma potrzeby stosowania elementów rozparcia: w konstrukcji panuje stan naprężeń ściskających, a lokalne naprężenia rozciągające mogą się pojawić na skutek niesymetryczności obciążeń lub niesymetryczności przemieszczeń, spowodowanej np. nierównomiernym odkopywaniem lica ścian szczelinowych.

W ten sposób mogą powstawać głębokie szyby wykonywane z powierzchni terenu bez rozparcia tymczasowego. Materiałem

uciągającym, zapobiegającym ewentualnemu klawiszowaniu sekcji, mogą być w razie potrzeby żelbetowe pierścienie wykonywane jako zwieńczenie ściany (oczep) lub w trakcie pogłębiania wykopu zasadniczego jako żebra poprzeczne co około 5 do 15 m.

Rozwiązanie to świetnie sprawdza się nawet w trudnych warunkach gruntowych i przy wysokim poziomie wód gruntowych. Szczelność konstrukcji zapewnia opatentowane przez grupę Soletanche Bachy rozwiązanie w postaci systemu ciągłego złącza wodoszczelnego CWS® (ang. *Continuous Water Stop*). Polega ono na wprowadzeniu uszczelki CWS® między sąsiadujące sekcje ścian i przecięciu drogi filtracji wody przez najsłabsze pod tym





względem miejsce, czyli złącze pomiędzy dwoma panelami ścian szczelinowych. Dodatkowo konstrukcja szachtu może być zagłębiona do warstw słaboprzepuszczalnych, czyli pokładów gruntów spoistych.

Zalety takiego rozwiązania:

- brak rozparcia,
- dopasowanie do kształtu – nie zwiększamy zakresu pracy – roboty ziemne, obrys ścian,
- lepszy schemat statyczny pracy ściany szczelinowej.

PRZYKŁADY REALIZACJI KOMÓR, SZACHTÓW I ZBIORNIKÓW NA PLANIE KOŁA

Projekt komory technologicznej dla linii cięcia wzdłużnego

Bardzo głęboki (29 m) zbiornik technologiczny w fabryce taśm aluminiowych w Bogumiłowie. Ściany szczelinowe w kształcie okręgu: naturalne przesklepienie gruntu umożliwia wykonywanie nawet głębokich zbiorników bez konieczności stosowania stropów rozporających czy rozpór. Mamy tu do czynienia z wersją mini zbiorników okrągłych – tylko 5,6 m średnicy. Zbiornik był wykonywany wewnątrz istniejącej hali fabrycznej. W innej części hali trwała normalna produkcja.

Oczyszczalnia wód opadowych z wylotem zbiorczym do rzeki Brzeźnicy – obudowa kanału spiralnego

Zbiornik okrągły w większej skali: średnica 16 m, głębokość ścian 36 m. Stanowił część przebudowy kanalizacji deszczowej w Płocku.

Szyb startowy o dużych gabarytach – Komora Odolanowska – Łódź

Inne zastosowanie ścian szczelinowych w kształcie okręgu – jako szyby startowe do drążenia tunelu kolejowego w Łodzi. Pokazuje ono możliwości naszej technologii: średnica

28 m; głębokość wykopu – ponad 30,5 m, co daje objętość prawie 19 tys. m³. A możliwości tej technologii są jeszcze większe.

Aby pokazać państwu skalę możliwości kołowych zbiorników retencyjnych, należy zwrócić uwagę na możliwość łączenia ich w rozmaite kształty. Od kształtu zależą ich możliwości magazynowe.

Jako ostatni przykład pokazujemy zbiornik w miejscowości Blackpool wykonany przez naszą siostrzaną firmę Bachy Soletanche w Wielkiej Brytanii – 2 x 45 000 m³, gdzie średnica każdego ze zbiorników wykosi 36 m, a głębokość 38 m. Przeznaczeniem zbiornika jest magazynowanie wody powodziowej. Zbiorniki połączone są mikrotunelaniem.



Kolejne, coraz częściej wykonywane realizacje, to instalacje podziemne w technologii TBM. Tutaj wyzwaniem jest wykonanie odpowiedniego szybu do opuszczenia i odebrania maszyny wykonującej tunel. Ze względu na często duże głębokości tuneli, konieczne jest zastosowanie obudowy chroniącej przed doływem wody gruntowej i tu po raz kolejny przydają się ściany szczelinowe. Mikrotunelowanie to zbawienna z punktu widzenia użytkowników miasta technologia. Nie ogranicza ona bowiem przepustowości ciągów komunikacyjnych, ponieważ zakłada, że place budowy będą ograniczać się wyłącznie do miejsc usytuowania komór startowych. Mieszkańcy wielu polskich miast narzekają na brak możliwości przejazdu przez miasto w okresach dużego nagromadzenia remontów i budów. Warto rozważyć inwestycję, w której woda opadowa dzięki mikrotunelowaniu jest odprowadzana z te-



renów o ściślejszej zabudowie do większych zbiorników podziemnych.

SAMORZĄDOWCU, CHCESZ SKUTECZNIE GOSPODAROWAĆ WODAMI I ZACHOWAĆ WŁAŚCIWĄ RETENCJĘ W TWOIM MIEŚCIE? ZAPROŚ DO STOŁU GEOTECHNIKÓW!

Jak widać, problem retencji i gospodarowania opadami jest ogromny, bolesny w skutkach dla funkcjonowania miasta, komfortu życia mieszkańców, jak i funduszy miejskich. Wszystkie te bolączki może rozwiązać geotechnika i ścisła współpraca

projektowo-wykonawcza, która rozpocznie się od konsultacji geotechnicznych na etapie koncepcji urbanistycznej czy pomysłu na wykonanie obiektu kubaturowego lub infrastrukturalnego. To właśnie na etapie koncepcji konsultacja geotechniczna wniesie najwięcej. Wskaże miejsce i sposób badania gruntu oraz dopasuje rozwiązanie geotechniczne tak, aby odpowiadało warunkom gruntowym, ograniczało wpływ budowy na retencję w danym miejscu oraz umożliwiło wykonanie budowy w sposób szybki, a także z zachowaniem jakości, która uwzględni dobór surowców i ich ilości do warunków, które panują w danym miejscu, w tym wybór mieszanki betonowej, której receptura jest ściśle powiązana z warunkami gruntowymi. W tym zakresie Soletanche stara się zastosować zawsze mieszankę o obniżonej emisyjności. |

Problem retencji i gospodarowania opadami jest ogromny, bolesny w skutkach dla funkcjonowania miasta, komfortu życia mieszkańców, jak i funduszy miejskich. Wszystkie te bolączki może rozwiązać geotechnika



Artykuł jest zapisem wystąpienia w ramach II Kongresu Gospodarowania Wodami i Ochrony Przeciwpowodziowej.

