

# TECHNOLOGIE BEZWYKOPOWE

## na sześciu kontynentach, cz. 27, 1



tekst: **mgr inż. KATARZYNA WIJAS**, Politechnika Świętokrzyska, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Katedra Sieci i Instalacji Sanitarnych

W cyklu *Technologie bezwykopowe na sześciu kontynentach*, przygotowywanym we współpracy z Polską Fundacją Technik Bezwykopowych, prezentujemy pierwszą część skrótu najciekawszych artykułów, które ukazały się w numerach 44–46 czasopisma „Trenchless International” z lat 2019–2020.

### 1. Pomoc dla Mozambiku

Szybko postępujący wzrost populacji oraz brak bezpiecznych dostaw wody pitnej może doprowadzić do coraz poważniejszego pogorszenia warunków życia w Mozambiku. W celu poprawy tej sytuacji Bank Światowy przyznał temu państwu szereg dotacji na rozbudowę oraz rehabilitację niezbędnej infrastruktury komunalnej. Zatwierdzono dotację International Development Association (IDA) o równowartości 115 mln USD, która ma zostać przeznaczona na zwiększenie dostępu do usług sanitarnych. Zostanie ona rozdysponowana na potrzeby pięciu miast, dzięki czemu poprawę warunków życia odczują setki tysięcy osób [1].

W Maputo fundusze zostaną przeznaczone na rozbudowę oczyszczalni ścieków Infulene, a także rehabilitację i modernizację istniejącego systemu kanalizacyjnego. W Quelimane i Tete sfinansowana zostanie modernizacja i rozbudowa sieci kanalizacji sanitarnej, budowa nowych oczyszczalni ścieków, ale także budowa kanalizacji deszczowej w celu odprowadzenia nadmiaru wód opadowych, co pozwoli zmniejszyć ryzyko występowania powodzi w tych miastach. Ponadto dotacje zostaną przekazane miastom Beira i Nampula na sfinansowanie działań związanych z poprawą usług komunalnych. Mark Lundell, dyrektor Krajowego Banku Światowego dla Mozambiku, powiedział, że „w Mozambiku tylko co dziesiąte gospodarstwo domowe ma dostęp do usług sanitarnych, a co trzecie do bezpiecznej wody”. Według Odete Muximpua, spe-

cjalisty ds. zaopatrzenia w wodę i urządzeń sanitarnych oraz lidera zespołu ds. projektu, „bez inwestycji w odporną na powódź infrastrukturę sanitarną miasta Mozambiku staną w obliczu rosnącego ryzyka i niepowodzeń w zmniejszaniu wysokiej śmiertelności z powodu chorób przenoszonych przez wodę” [1].

### 2. Międzynarodowy No-Dig 2019 we Florencji

Jesienią 2019 r. entuzjaści technologii bezwykopowych udali się do malowniczych Włoch. Międzynarodowa konferencja we Florencji odbywała się od 30 września do 2 października. Przedstawiciele Międzynarodowego Stowarzyszenia Technologii Bezwykopowych (The International Society for Trenchless Technology – ISTT) spotkali się w niedzielę 29 września, zgodnie z praktyką organizowania spotkania na dzień przed rozpoczęciem konferencji i wystawy.

Oficjalnie Międzynarodowy No-Dig 2019 w Florencji rozpoczął się 30 września ceremonią otwarcia, w której udział wzięli burmistrz Florencji Dario Nardella, przewodniczący ISTT Jari Kaukonen, przedstawiciele Włoskiego Stowarzyszenia Technologii Bezwykopowych IATT (Italian Association for Trenchless Technology) oraz wielu innych gości z branży przemysłu infrastruktury podziemnej. Sesje konferencyjne odbywały się symultanicznie w trzech salach, zorganizowano również sesje warsztatowe, aby móc podzielić się i wymienić wiedzą i doświadczeniami. Wśród prelegentów znaleźli się m.in. dr Samuel Ariaratnam

z Uniwersytetu Stanowego w Arizonie oraz Christopher Rogers z Uniwersytetu w Birmingham. Hala wystawowa została wypełniona szeregiem stanowisk firm działających w branży zarówno na rynku włoskim, jak i światowym. W ciągu trzech dni konferencji wystawę zwiedziły setki zainteresowanych, co niewątpliwie dało możliwość nawiązania cennych kontaktów biznesowych [3]. Podczas konferencji zostały przyznane również nagrody, o których mowa w dalszej części artykułu.

#### 2.1. Nagroda w kategorii Projekt Roku

Firma McConnell Dowell otrzymała nagrodę ISTT Project Award 2019 za projekt i jego realizację na półwyspie Whangaparaoa w Nowej Zelandii. W celu złagodzenia wpływu prowadzonych prac na środowisko obszaru chronionego Parku Regionalnego Shakespear Regional Park (SRP) podczas budowy przewodu kanalizacyjnego odprowadzającego ścieki oczyszczone z oczyszczalni do odbiornika firma McConnell Dowell Constructors i jej partner projektowy McMillen Jacobs Associates zastosowali bezwykopową technologię Direct Pipe. Technologia ta umożliwiła precyzyjną instalację rurociągu przy mniejszym obciążeniu konstrukcyjnym w porównaniu z tradycyjnymi metodami (ryc. 1).

Realizowany projekt o wartości 31 mln dolarów nowozelandzkich (28,7 mln dolarów australijskich) obejmował instalację ok. 3 km rurociągu, w tym 1,9 km bezwykopowo, wybudowanego pod obszarem chronionym SRP przy użyciu

technologii Direct Pipe oraz zatopienie części podwodnej rurociągu o długości 900 m, odprowadzającego oczyszczone ścieki w głąb odbiornika. W ramach projektu wybudowano również nowoczesną oczyszczalnię ścieków wykorzystującą UV, a także przeprowadzono modernizację istniejącej stacji pomp [3].



Ryc. 1. Maszyna wykorzystana do wbudowania jednego z odcinków rurociągu [3]

## 2.2. Nagroda w kategorii Nowa Technologia

SAERTEX-LINER H<sub>2</sub>O to innowacyjna powłoka GRP (*glass reinforced plastic*) przeznaczona do instalowania w rurociągach wody pitnej, która otrzymała nagrodę ISTT w kategorii *New Technology Award 2019*. Unikatowa powłoka, utwardzana promieniami UV, służy do bezwykopowej rehabilitacji przewodów wodociągowych o średnicach od 200 do 1200 mm [3].

Nowa odmiana technologii powłok utwardzanych na miejscu CIPP (*cured-in-place pipe*) została nagrodzona za możliwość przeprowadzenia z jej zastosowaniem rehabilitacji nawet do 300 m rurociągów wody pitnej. Do wykonania odnowy wodociągu potrzebny jest wykop umożliwiający dostęp do uszkodzonej rury i wprowadzenie do jej wnętrza powłoki SAERTEX-LINER H<sub>2</sub>O, która następnie zostaje utwardzona promieniowaniem ultrafioletowym (UV). Nie ma konieczności mieszania żywic i nasączania nimi powłoki na miejscu realizacji, ponieważ powłoka ta jest wstępnie impregnowana w zakładzie produkcyjnym, który posiada certyfikat ISO 9001. Z uwagi na to, że bezwykopowa rehabilitacja z zastosowaniem tych powłok i ich utwardzaniem za pomocą UV wymaga zastosowania minimalnej ilości sprzętu i ma niskie zużycie energii, uznano ją za ekologiczną [3].

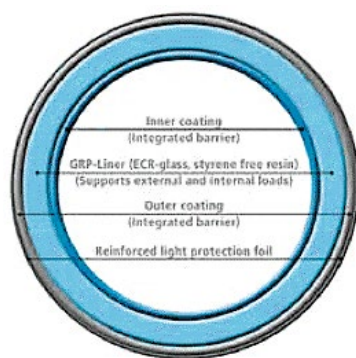
SAERTEX-LINER H<sub>2</sub>O została zaprojektowana w taki sposób, że składa się z wewnętrznej i zewnętrznej powłoki oraz zintegrowanych barier ochronnych (ryc. 2). Jest

to powłoka z żywic bez styrenu, wzmocnionych włóknem szklanym (GRP). Wysokiej jakości gotowy produkt SAERTEX-LINER H<sub>2</sub>O jest wytwarzany w fabryce posiadającej certyfikat ISO 9001 przy udziale wyszkolonych techników laboratoryjnych, którzy stale monitorują i dokumentują wszystkie zastosowane surowce i mieszanki żywic. Gładka powierzchnia i cienkie ściany powłoki zapewniają doskonałe parametry hydrauliczne. Powłoka może przenosić obciążenia zewnętrzne i wewnętrzne, w tym podciśnienie, i jest sklasyfikowana zgodnie z DIN EN ISO 11295/AWWA M28. Kompletnie wyprodukowany SAERTEX-LINER H<sub>2</sub>O jest dostarczany na miejsce realizacji inwestycji.

Powłokę można zastosować do rehabilitacji rur do wody pitnej o różnych średnicach. Obecnie, jak wspomniano na początku, możliwe jest przeprowadzanie odnowy rurociągów o średnicach z zakresu od DN 200 do DN 1200 mm i długościach odcinków ok. 300 m, w zależności od dostępnego sprzętu i wagi powłoki. W przyszłości jednak możliwe będzie również poddawanie rehabilitacji wodociągów o średnicach DN 1500 mm [3].

Zainstalowanie powłoki SAERTEX-LINER H<sub>2</sub>O w rurociągu polega na jej wciągnięciu do jego wnętrza, wypełnieniu tak, by przylegała do ścian wewnętrznych odnawianego przewodu, a następnie jej utwardzeniu światłem UV. Wewnętrzna część powłoki, która wchodzi w kontakt z wodą pitną, pozostaje chroniona podczas instalacji i ma zintegrowaną barierę ochronną, która umożliwia skuteczne utwardzanie promieniami UV. Podczas instalacji ciśnienie powietrza, temperatura utwardzania, stan lamp UV i cały proces utwardzania są stale monitorowane [3].

Powłoka SAERTEX-LINER H<sub>2</sub>O otrzymała wiele aprobat na całym świecie ze



Ryc. 2. Powłoka SAERTEX-LINER H<sub>2</sub>O [3]

względu na przydatność i stosowane materiały. Liner ma aprobatę w Niemczech, Brazylii, Czechach, Izraelu, Włoszech, Polsce, Rosji, Słowacji, Hiszpanii, Stanach Zjednoczonych i nie tylko [3].

## 2.3. Nagroda w kategorii akademickiej

Zahra Kohankar Kouchesfehiani oraz Amin Darabnoush Tehrani zostali laureatami nagrody akademickiej ISTT Academic Award 2019. W swojej pracy *Metodologia projektowania konstrukcyjnego powłok natryskowych w technologii bezwykopowej w grawitacyjnych kanałach odprowadzających wodę deszczową* przedstawili metodykę wykorzystania powłok natryskowych SAPL (*spray-applied pipe lining*) do rehabilitacji kanałów, przepustów i konstrukcji odwadniających [3].

Najważniejszym etapem w bezwykopowej odnowie jest wybór najbardziej odpowiedniej, optymalnej i niezawodnej metody. Wybór rozwiązania jest możliwy dopiero po rozpoznaniu problemu lub problemów w istniejącym systemie rurociągów. Natryskowa powłoka (SAPL) to metoda odnowy, która przyczynia się do zahamowania pogarszania stanu technicznego przewodów. Powłoki SAPL mogą być bardzo dobrym sposobem na przedłużenie żywotności rurociągów i jednocześnie przyjaznym dla środowiska rozwiązaniem, które umożliwi szybką instalację powłoki rehabilitacyjnej bez utraty wydajności hydraulicznej przewodu [3].

Powołany komitet techniczny, którego celem było wdrożenie nowej technologii, uznał, że brakuje znormalizowanej metodologii projektowania konstrukcyjnego, co zainicjowało potrzebę przeprowadzenia trzyletniego projektu badawczego [3].

Głównym celem prowadzonych prac było opracowanie metodologii projektowania oraz wzorów do obliczeń powłok natryskowych w przewodach o przekrojach okrągłych i zawierających łuki o rozpiętości większej niż 36" (915 mm). Metodologia badań obejmowała:

- zgromadzenie bazy danych dotyczących wszystkich poprzednich projektów i doświadczeń z zastosowaniem SAPL,
- przegląd literatury w celu zminimalizowania liczby koniecznych badań laboratoryjnych i inspekcji w terenie,
- przegląd wzorów do projektowania powłok CIPP i możliwość ich zastosowania do SAPL,

- testy laboratoryjne i badania terenowe w celu opracowania i walidacji równań projektowych dla konstrukcji o okrągłych i łukowych kształtach i różnych grubościach,
  - gromadzenie danych w terenie i kontrole wykonywanych instalacji SAPL,
  - rozważenie wpływu zastosowania dodatkowych wzmocnień (włókna szklanego lub włókna węglowego) w SAPL,
  - rozważenie wpływu wypełnienia pofałdowań na projekt konstrukcyjny SAPL,
  - badania amerykańskich departamentów transportu i agencji kanadyjskich,
  - analizę kosztów cyklu życia,
  - modelowanie matematyczne,
  - specyfikacje konstrukcyjne wydajności [3].
- Przeprowadzone badania wykazały, że powłoki SAPL mają potencjał zastosowania do odnowy przepustów jako wzmocnienia konstrukcyjne. Wskazano potrzebę zbadania wielu problemów konstrukcyjnych. Celem obecnych badań jest upowszechnienie tych rozważań dotyczących właściwej odnowy przepustów oraz opracowanie odpowiednich metodologii i wzorów do projektowania powłok SAPL [3].

### 3. Budowa kanału Central Interceptor w Auckland w Nowej Zelandii

Nowa Zelandia podjęła się w ostatnim czasie ambitnych projektów. Jednym z nich jest budowa kanału ściekowego o długości 13 km w Auckland. Wartość projektu pod nazwą Central Interceptor szacowana jest na 1,2 mld dolarów nowozelandzkich (790 mln USD). Rurociąg, którego budowa potrwa ok. sześciu lat, będzie ułożony w gruncie i ma przebiegać z Western Springs, w pobliżu ogrodu zoologicznego w Auckland, do oczyszczalni ścieków w Māngere. Na trasie rurociągu zaprojektowano kilka kanałów włączonych do niego, a także szybów, stanowiących punkty dostępu (ryc. 3) [1].

Central Interceptor będzie miał 4,5 m średnicy i ułożony zostanie na głębokości od 15 do 110 m p.p.t. Wykonawcą projektu została spółka Ghella-Abergeldie

Harker JV. Zawarty kontrakt obejmuje również dodatkowe zadania. Największym z nich jest kanał ściekowy Gray Lynn, który jest dwukilometrowym przedłużeniem kanału Central Interceptor. Zakończenie prac planowane jest w 2025 r. [1].

### 4. Budowa Victory Boogie Woogie Tunnel w Holandii

Rotterdamsebaan to największy projekt infrastruktury drogowej w Holandii. Będzie to nowa droga w Hadze między węzłem Ypenburg a obwodnicą miasta. Po jej oddaniu do użytku w lipcu 2020 r. trzyipółkilometrowe połączenie drogowe Rotterdamsebaan poprawi komfort jazdy i przyczyni się do zmniejszenia zatorów na Utrechtsebaan i innych szlakach komunikacyjnych w okolicy [1].

Konsorcjum składające się z trzech firm, tj. BAM, Wayss & Freytag i VolkerWessels, zostało zakontraktowane do zaprojektowania, przygotowania i realizacji projektu. Zajmie się ono również utrzymaniem drogi przez ok. 15 lat po zakończeniu budowy. Tunel o nazwie Victory Boogie Woogie Tunnel to największy etap projektu Rotterdamsebaan. W ramach tego zadania wybudowano dwa tunele o długości ok. 1,6 km i średnicy 10,15 m z wykorzystaniem technologii tunelowania. W tym celu wykorzystano maszynę TBM firmy Herrenknecht, która bardzo dobrze sprawdziła się podczas budowy tunelu Sluiskil w latach 2013–2015. Po przeprowadzonym w fabryce Herrenknecht w Kehl w Niemczech remoncie maszyny, TBM została ponownie przetransportowana do Holandii (ryc. 4) i użyta w projekcie Rotterdamsebaan. Od stycznia do lipca 2018 r. głowica o długości ok. 80 m i wadze ponad 1600 t wydrążyła pierwszy z dwóch tuneli o długości 1,6 km. Następnie, między wrześniem 2018 a styczniem 2019 r. maszyna TBM wykonała drugi z tuneli, osiągając znakomite tempo pracy do 16,9 m dziennie. W zaledwie 12 miesięcy powstało ponad 3,2 km nowego tunelu, posadowionego w najgłębszym miejscu na głębokości 33 m p.p.t. [1].

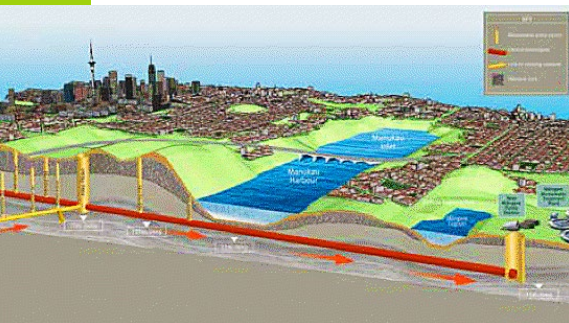
### 5. Budowa kanału ściekowego w Vancouver w Kanadzie

South Surrey Interceptor to kanał ściekowy zbudowany w latach 70. XX w. pod ulicami o dużym natężeniu ruchu drogowego w Vancouver w Kanadzie. Rurociąg ten odbiera ścieki z South Surrey i Langley, a następnie transportuje je do oczyszczalni ścieków na wyspie Annacis. Gmina odpowiedzialna za infrastrukturę komunalną w okręgu regionalnym Metro Vancouver nadzoruje ok. 530 km kanałów ściekowych, które codziennie obsługują ok. 2,5 mln ludzi. W związku ze wzrostem liczby ludności i potrzebą poprawy ochrony środowiska w regionie w 2019 r. podjęto decyzję o rozbudowaniu systemu kanalizacyjnego [1].

W ramach projektu wybudowany zostanie drugi kanał ściekowy w sąsiedztwie już istniejącego rurociągu. Ukończenie inwestycji zaplanowano na 2022 r. Istniejący kanał ściekowy ma przekrój prostokątny o wymiarach 1,4 na 1,7 m. Nowy kanał będzie miał przekrój okrągły o średnicy 3 m i zostanie zrealizowany z zastosowaniem technologii mikrotunelowania. Pierwszy etap prac, w zachodniej części projektowanej trasy przewodu, rozpoczął się w czerwcu 2018 r., natomiast drugi, w części wschodniej – w styczniu 2019 r. Do budowy kanału ściekowego zastosowano maszynę do mikrotunelowania AVN 2500D o średnicy zewnętrznej 3,6 m firmy Herrenknecht. Projektowany odcinek kanału został podzielony na cztery części, o długości odpowiednio 370, 110, 40 i 285 m, przy czym pierwszy i czwarty to odcinki o zakrzywionej trasie. W miarę drążenia kanału wbudowywane były rury żelbetowe o średnicy wewnętrznej 3 m z wewnętrzną powłoką polietylenową o dużej gęstości. Mike Jokic, starszy inżynier projektu, powiedział, że realizowane przedsięwzięcie jest wyjątkowe, ponieważ wbudowywane rury mają największą średnicę spośród wszystkich przewodów zainstalowanych za pomocą technologii mikrotunelowania w Kanadzie i w ogóle Ameryce Północnej [1].

### 6. Instalacja gazociągu u wybrzeży Izraela

Firma A. Hak zakończyła instalację gazociągu na wybrzeżu Izraela, stosując w tym celu technologię Direct Pipe. Zdecydowano o wyborze tej technologii, by chronić linię brzegową na obszarze, na którym rozmnażają się rzadkie gatunki



Ryc. 3. Projektowany rurociąg Central Interceptor [1]



Ryc. 4. Transport poddanej renowacji tarczy urabiającej z Niemiec do Holandii [1]

żółwi morskich. Wykonawca ukończył instalację gazociągu o długości 1110 m i średnicy 56" (1422 mm) na dzień przed planowanym terminem. Prócz ochrony wybrzeża dodatkową zaletą zastosowania tej innowacyjnej technologii był znaczny wzrost bezpieczeństwa prowadzonych prac ze względu na ograniczenie wymaganej liczby godzin nurkowania o co najmniej 85% [1].

## 7. Budowa rurociągu Baltic Pipe w Europie

Projekt Baltic Pipe to najnowszy projektowany gazociąg przesyłowy, który ma stworzyć nowy korytarz dostaw gazu na rynek europejski. Projekt opracowany przez duńskiego operatora gazu i energii elektrycznej Energinet oraz polskiego operatora gazowego Gaz-System przewiduje przesył ok. 10 mld m<sup>3</sup>/r gazu z Norwegii do Danii i Polski, a także 3 mld m<sup>3</sup>/r gazu z Polski do Danii [2].

Projekt Baltic Pipe składa się z pięciu kluczowych komponentów: morskiego rurociągu z Morza Północnego, duńskiego systemu przesyłowego na lądzie, duńskiej tłoczni, morskiego rurociągu bałtyckiego i polskiego systemu przesyłowego na lądzie. Ważnym aspektem brany pod uwagę przy pracach budowlanych jest minimalizacja szkód wyrządzonych środowisku naturalnemu. W analizach środowiskowych i inżynierskich brano było pod uwagę cztery metody budowy: wykopy otwarte, bezwykopowe horyzontalne wiercenie kierunkowe HDD (*horizontal directional drilling*), mikrotunelowanie i przeciski [2].

12 lipca 2019 r. Duńska Agencja Ochrony Środowiska (Danish Environment Protection Agency) wydała decyzję środowiskową dotyczącą miejsca wyjścia na ląd rurociągu Baltic Pipe w Danii. Decyzja koncentruje się na odcinku, w którym rurociąg przybrzeżny wchodzi na ląd, a także na budowie tunelu do linii brzegowej. Technologia mikrotunelowania została wybrana do wykonania projektu ze względu na jej zdolność do minimalizowania wpływu na środowisko wybrzeża i klifów. Ta sama technologia została również wybrana jako preferowana metoda do budowy wyjścia na ląd rurociągu w Polsce, ponieważ oprócz ochrony regionu przybrzeżnego mikrotunelowanie spełnia wymagane założenia techniczne, takie jak średnica rurociągu i parametry geotechniczne gruntu [2].

## 8. Rozbudowa sieci kanalizacyjnej w Dżakarcie w Indonezji

Przewiduje się, że do końca następnej dekady stolica Indonezji, Dżakarta, wyprzedzi Tokio jako największe miasto na świecie pod względem populacji. W odpowiedzi na ten wzrost samorząd lokalny realizuje plany modernizacji miejskiego systemu odprowadzania ścieków, w tym bezwykopowej instalacji ponad 400 km rurociągów z wykorzystaniem technologii mikrotunelowania [2].

Ogłoszenie przetargu na największy projekt kanalizacyjny, jaki kiedykolwiek przeprowadzono w Dżakarcie, zaplanowano na początek 2020 r. Projekt rozbudowy kanalizacji – Jakarta Sewerage Development Project (JSDP) – jest priorytetem krajowym od 2016 r. Pozwoli na zastosowanie zaawansowanej technologii, w tym przeciskania rur, w celu zainstalowania systemu rurociągów na głębokości 30 m pod powierzchnią terenu [2].

Zebrane z obszaru miasta ścieki będą oczyszczane w oczyszczalniach ścieków stosujących różnego rodzaju technologie, aby wykorzystać powstały produkt końcowy jako wodę surową. Na potrzeby realizacji projektu JSDP obszar otaczający centrum Dżakarty został podzielony na 14 stref. Proces udzielania zamówień dla stref 1, 2 i 5 miał rozpocząć się na początku 2020 r. [2].

Prace w strefie nr 1, obejmującej powierzchnię prawie 50 km<sup>2</sup>, będą kosztować 808 mln USD i polegać na budowie czyszczalni ścieków o pojemności 240 tys. m<sup>3</sup> między grudniem 2020 a listopadem 2025 r. Inwestycja zostanie sfinansowana przez rząd prowincji DKI Jakarta (20% z budżetu regionalnego) oraz Ministerstwo Robót Publicznych i Mieszkalnictwa Publicznego (80% z budżetu państwa). Nowa infrastruktura będzie obsługiwać ponad milion osób mieszkańców w tej strefie [2].

Strefa nr 2, najmniejsza ze stref objętych przetargiem, to region o powierzchni ponad 13 km<sup>2</sup>, w którym inwestycja w wysokości 103 mln USD będzie polegała na budowie oczyszczalni o pojemności 17,8 tys. m<sup>3</sup>. Realizacja obiektu planowana jest od października 2020 do grudnia 2025 r. W strefie tej mieszka ponad 108 tys. osób [2].

W strefie nr 5, o powierzchni prawie 34 km<sup>2</sup>, oprócz budowy oczyszczalni ścieków o pojemności 129,6 tys. m<sup>3</sup> planuje się także budowę 443 km rurociągu. Realizacja zadań ma kosztować 368 mln USD

i będzie odbywać się między październikiem 2020 a grudniem 2025 r. Strefę tę zamieszkuje ponad pół miliona osób.

Podsumowując, inwestycje w strefach 1, 2, 5 będą łącznie kosztować 1,25 mld USD. Rozwój infrastruktury poprawi jakość świadczonych usług komunalnych dla ok. 1,6 mln mieszkańców Dżakarty [2].

## 9. Rozbudowa systemu kanalizacyjnego w Anglii

W ramach programu rozwoju regionalnego spółka Wessex Water przyjęła proaktywne stanowisko i rozpoczęła budowę kanału w North Bristol, który ma zapewnić długoletnią eksploatację sieci kanalizacyjnej. Łączna wartość inwestycji to 67,8 mln USD [3].

Początek rurociągu o długości 6 km będzie miał miejsce w Lawrence. Następnie będzie przebiegał pod autostradą M5 i koleją towarową Henbury Loop Network Rail. Zakończy się w Cribbs Causeway, gdzie zostanie połączony z niedawno wybudowanym kanałem odciążającym Frome Valley, który biegnie od Frampton Cotterell do Bradley Stoke. Nowe przewody kanalizacyjne będą odprowadzać ścieki do oczyszczalni w Avonmouth i jednocześnie umożliwią zwiększenie przepustowości sieci kanalizacyjnej, aby mogła obsługiwać nieprzerwanie rozwijające się miasto Bristol i dystrykt South Gloucestershire [3].

Region zyskał na popularności, a lokalny plan rozwoju South Gloucestershire na lata 2018–2036 przewiduje, że następne pokolenie będzie potrzebowało więcej domów, możliwości transportu, usług, udogodnień i infrastruktury. Plan kładzie duży nacisk na ochronę i poprawę środowiska oraz równoważenie problemów gospodarczych i społecznych. Koncentrując się na zrównoważonej modernizacji infrastruktury, projekt przewiduje budowę bezwykopową nowego kanału ściekowego o średnicy 3 m i długości 5,5 km, który będzie przebiegał na północ, zaś pozostały 1 km kanału zostanie zbudowany z wykorzystaniem tradycyjnej metody otwartego wykopu.

Inżynierowie konsultują się z radnymi, właścicielami gruntów, szkołami i przedstawicielami grup społecznych, aby jak najbardziej zminimalizować utrudnienia w trakcie prowadzenia prac. Tam, gdzie to możliwe, nowe rurociągi będą budowane głęboko w gruncie, by uniknąć zakłóceń na powierzchni terenu. Jednak w miejscach,

gdzie nie będzie takiej możliwości, rurociągi zostaną ułożone tradycyjnymi metodami [3].

Położona w bezpośrednim sąsiedztwie północno-zachodniej części Lawrence Weston część kanału ściekowego będzie musiała zostać ułożona w wykopie. Tymczasowe wejście do tunelu zostanie zbudowane na zboczu wzgórza poniżej Oasis Academy Bank Lease, które zostanie następnie wykorzystane do budowy kanału pomocniczego na północ od Lawrence Weston [3].

Zastosowane zostaną również metody bezwykopowe do budowy dodatkowego kanału ściekowego o średnicy 600 mm z Tormarton Crescent. Nowy rurociąg łączy istniejącą sieć kanalizacyjną Henbury – Brenty z nowym, głębokim tunelem, który ma zostać ukończony do jesieni 2020 r. [3].

W trakcie prac Wessex Water będzie nadal współpracować z lokalną społecznością w celu dostarczenia bieżących informacji o realizowanym projekcie, który po ukończeniu będzie stanowić istotną część długoterminowej strategii rozwoju na następne 100 lat [3].

## 10. Rozbudowa systemu kanalizacyjnego w Singapurze

Projekt zarządzany przez Singapore Public Utility Board (PUB) i znany jako Deep Tunnel Sewerage System (DTSS) jest dwuetapowym przedsięwzięciem zaprojektowanym w celu zaspokojenia potrzeb Singapuru w zakresie budowy infrastruktury kanalizacyjnej. Nowa inwestycja będzie służyć do odbierania, uzdatniania, rekultywacji i odprowadzania ścieków przez sieć głębokich tuneli grawitacyjnych prowadzącą do dwóch głównych tuneli, powstaną także zakłady rekultywacji wody (*water reclamation plants* – WRP) na północy, wschodzie i zachodzie miasta oraz sieci rur odprowadzających do wylotów w głąb oceanu. Ukończona w 2008 r. pierwsza faza projektu kosztowała 2,5 mld USD i polegała na budowie 48-kilometrowego tunelu z Kranji do Changi, gdzie zbudowano zakłady rekultywacji wody wraz z dwoma pięciokilometrowymi rurociągami wylotowymi i 60 km kanałów ściekowych [3].

Koszt realizacji drugiej fazy, rozpoczętej w 2019 r., wynosi 7,3 mld USD. Etap ten polega na rozbudowie istniejącego systemu głębokich tuneli, aby odbierać ścieki z zachodniej i południowej części Singapuru. W fazie tej zostanie wybudowanych 60 km kanałów ściekowych i 40 km głębokich tuneli oraz zakład rekulty-

wacji wody Tuas. Będzie on oczyszczał dwa strumienie ścieków o łącznej pojemności 800 tys. m<sup>3</sup>, będzie mógł również przetwarzać ścieki. Wykorzystane zostaną w nim zaawansowane technologie zwiększające odzysk energii ze ścieków i poprawiające wydajność, wykorzystujące więcej biogazu do zasilania i zużywające mniej energii niż konwencjonalne instalacje. Tuas WRP zostanie zlokalizowany obok Narodowej Agencji Środowiska IWMF (National Environment Agency's Integrated Waste Management Facility), aby zmaksymalizować odzyskiwanie energii i zasobów [3].

W trakcie realizacji drugiej fazy projektu powstaną ponad 50 szybów, które posłużą jako komory startowe i docelowe do tunelowania i późniejszej konserwacji. Aby zrealizować skomplikowany projekt, firma Herrenknecht dostarczyła 20 zmechanizowanych maszyn drążących: 18 głowic Mixshields, maszynę EPB Shield i maszynę do pionowego głębenia szybów (VSM). Głowice Mixshields mają średnice z zakresu 4500–5560 mm i wykorzystują zaawansowaną technologię, która umożliwia bezpieczne sterowanie maszyną w heterogenicznych warunkach gruntowych i przy wysokim ciśnieniu wody, dzięki czemu idealnie nadaje się do stosowania w różnych typach gruntu w Singapurze. Jednak zanim maszyny TBM będą mogły rozpocząć wiercenie, muszą zostać opuszczone przez głębokie szyby. Szyby te (ryc. 5) zostaną wykonane maszyną VSM, dającą możliwość drążenia komór o średnicach 10–12 m i głębokościach 35–60 m. Głowica ta może być stosowana zarówno do pracy w gruntach miękkich, jak i stabilnych.

## 11. Rehabilitacja przewodów sieci kanalizacyjnej w Melbourne w Australii

Poprawa stanu technicznego sieci kanalizacyjnej oraz zapobieganie wypływowi ścieków podczas pogody deszczowej stało się głównym celem przedsiębiorstwa Yarra Valley Water z siedzibą w Melbourne w Australii. Zakończono program rehabilitacji przewodów kanalizacyjnych o łącznej długości ponad 50 km z zastosowaniem



Ryc. 5. Wnętrze jednego z 50 szybów instalacyjnych [3]

technologii reliningu. Dzięki przeprowadzonym pracom okres żywotności przewodów może wydłużyć się o 50 lat, a nawet więcej [1].

Sieć kanalizacyjna w Hawthorn (część aglomeracji Melbourne) odprowadza ścieki bytowo-gospodarcze z nieruchomości mieszkalnych i transportuje do oczyszczalni ścieków. Niektóre przewody w tym systemie są eksploatowane od ponad 100 lat. Po przeprowadzeniu kontroli i oceny stanu technicznego okazało się, że ponad 50 km przewodów kanalizacyjnych jest w złym stanie technicznym. Co więcej, w ciągu ostatnich kilku lat na tych odcinkach sieci występowało wiele zablokowań przepływu. Zdecydowano, że należy przeprowadzić rehabilitację tychże kanałów. Po przeprowadzeniu procedury przetargowej i przeanalizowaniu otrzymanych ofert wskazano dwóch wykonawców – firmy Interflow oraz Abergeldie Complex Infrastructure [1].

Bezwykopową odnowę przewodów kanalizacyjnych w Hawthorn rozpoczęto w grudniu 2017 r. Kanały poddawane rehabilitacji, głównie betonowe, były w zakresie średnic od DN 100 do DN 300 mm, zaś długość odcinków wynosiła od 1 do ponad 100 m (ryc. 6) [1].

Zastosowanie technologii bezwykopowych zamiast tradycyjnych metod wykopu otwartego znacznie zmniejszyło uciążliwość prowadzonych prac oraz ochroniło lokalny krajobraz przed zniszczeniem. Więcej na temat zalet stosowania technologii bezwykopowych można przeczytać w [4].

## Literatura

- [1] „Trenchless International” 2019, No. 44 (Summer).
- [2] „Trenchless International” 2019, No. 45 (Fall).
- [3] „Trenchless International” 2020, No. 46 (Winter).
- [4] *Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska*. Red. nauk. A. Kuliczowski. Wydawnictwo Seidel – Przywecki. Warszawa 2010.



Ryc. 6. Pracownicy firmy Abergeldie podczas rehabilitacji przewodów kanalizacyjnych [1]