

# TECHNOLOGIE BEZWYKOPOWE

## na sześciu kontynentach, cz. 26



tekst: dr inż. ANNA PARKA, Politechnika Świętokrzyska, Katedra Sieci i Instalacji Sanitarnych

W cyklu *Technologie bezwykopowe na sześciu kontynentach*, przygotowywanym we współpracy z Polską Fundacją Techniki Bezwykopowych, przedstawiamy drugą część skrótu najciekawszych artykułów zamieszczonych w 43. numerze czasopisma „Trenchless International”.

### 1. System Bluelight LED sprzymierzeńcem bezwykopowej rehabilitacji przewodów kanalizacyjnych

System Bluelight LED znajduje zastosowanie do rehabilitacji przewodów kanalizacyjnych, w tym przykanalików, o mniejszych średnicach, tj. z zakresu od 100 do 400 mm. W tym systemie wykorzystuje się technologię LED do utwardzenia powłoki żywicznej typu CIPP, wykonanej z włókna syntetycznej i posiadającej dodatkowe wzmocnienie w postaci oddzielnej warstwy z włókien szklanych. W przeciwieństwie do tradycyjnych rozwiązań, wykorzystujących np. parę wodną lub gorącą wodę, utwardzanie powłoki za pomocą technologii LED przebiega znacznie szybciej. Przeciętny czas wynosi od 5 do 45 minut, natomiast średnie tempo utwardzania zmienia się w granicach od 0,3 do 1,33 m/min. Powłoka może być przy tym instalowana po łuku o kącie do 90°.

Z uwagi na stosunkowo niewielkie gabaryty urządzeń stosowanych w systemie Bluelight LED i wynikającą z tego łatwość transportu, jak również małą uciążliwość dla otoczenia zdecydowano się na jego wykorzystanie do renowacji przewodów instalacji kanalizacyjnej w domu opieki Rosengaarden Care Home położonym blisko Aarhus w Danii (ryc. 1).

Za celowością przeprowadzenia renowacji praktycznie całej instalacji przemawiał fakt, że większość przewodów była technicznie zużyta, co z kolei groziło awarią. Poważny problem stanowiły też nagromadzone w przewodach i utrudniające przepływ osady lub przedmioty, spuszczane w toaletach przez nieświadomych konsekwencji pacjentów domu



Ryc. 1. Transport systemu Bluelight LED do budynków Rosengaarden Care Home

opieki (zwłaszcza chorych na demencję). Dotyczyło to w szczególności przewodów ułożonych na głębokości 4 m i z małym spadkiem. Wymiana przewodów metodą tradycyjną, tj. przez ich odsłonięcie, demontaż i zastąpienie nowymi, była w analizowanym przypadku praktycznie niemożliwa, ponieważ nie dysponowano dokładnymi planami budynku, na których zaznaczona byłaby trasa przewodów. Nie było to jednak większym zaskoczeniem, zważywszy, że najstarsza część obiektu została zbudowana w 1870 r.

Po zakończeniu procesu instalacji powłoki we wnętrzu przewodów wykonawca przeprowadził kompleksową inspekcję CCTV instalacji kanalizacyjnych we wszystkich budynkach składających się na dom opieki Rosengaarden. Inspekcja umożliwiła dokładną ocenę stanu technicznego poszczególnych przewodów i wytypowanie tych spośród nich, które powinny być poddane renowacji w najbliższym czasie.

System Bluelight LED przeszedł szereg testów, m.in. w Duńskim Uniwersytecie Technicznym, a jego trwałość oszacowano na ok. 100 lat. Do tej pory wykorzystano

go w ponad 50 tys. projektów związanych z bezwykopową renowacją przewodów kanalizacyjnych w różnych częściach Europy, a liczba ta stale rośnie. W samej Danii lawinowo wzrosło zainteresowanie systemem, zwłaszcza jeśli chodzi o renowację instalacji kanalizacyjnych w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej, w tym w szczególności w szpitalach. Wpływ na to miała bez wątpienia inwestycja w Rosengaarden Care Home, która okazała się sporym sukcesem. Obecnie system ten jest wprowadzany na rynek azjatycki i północnoamerykański.

### 2. Woda pod mostem

W maju 2018 r. firma Risanamento Fognature przeprowadziła udaną rehabilitację przewodu wodociągowego, którego trasa przebiegała pod drewnianym mostem Akademickim, rozpiętym nad Grand Canal w historycznej części Wenecji. Przewód, który wytypowano do rehabilitacji, został wykonany z rur stalowych o średnicy 324 mm i był nieprzerwalnie eksploatowany od 1964 r. Rehabilitacji wymagał odcinek o długości 70 m.

Stan techniczny tego przewodu (ryc. 2) oceniono na podstawie wyników inspekcji ultradźwiękowej. Potwierdziła ona m.in. inkrustację przewodu osadami oraz znaczny ubytek grubości ścianek przewodu, który stanowił poważne zagrożenie dla jego bezpieczeństwa konstrukcyjnego.

Opierając się na wynikach inspekcji, wstępnie zaproponowano wymianę przewodu. Ze względu jednak na ograniczenia czasowe i finansowe zamiast na wymianę zdecydowano się ostatecznie na



Ryc. 2. Stalowy przewód wodociągowy wytypowany do rehabilitacji



Ryc. 3. Rehabilitacja stalowego przewodu wodociągowego

przeprowadzenie bezwykopowej rehabilitacji z zastosowaniem utwardzonej powłoki żywicznej typu CIPP, wzmocnionej włóknami szklanymi i nasączonej żywicą epoksydową (ryc. 3).

29 maja 2018 r. przewód poddano czyszczeniu hydrodynamicznemu, w efekcie czego usunięto wszystkie nagromadzone w nim osady. Czyszczenie przeprowadzono pod ciśnieniem o wielkości od 600 do 700 b. Po zakończeniu tego procesu wykonano ponownie inspekcję przewodu, tym razem z zastosowaniem zautomatyzowanej kamery inspekcyjnej. Przywiezienie zaimpregnowanej żywicą powłoki na miejsce nastąpiło ok. godziny 6.30, natomiast instalacja powłoki żywicznej we wnętrzu przewodu trwała nieprzerwanie od godziny 8 rano do godziny 19. Powłoka została wprowadzona do wnętrza metodą inwersji z zastosowaniem sprężonego powietrza, a do jej utwardzenia wykorzystano promienie UV.



Ryc. 4. Wydobycie głowicy DP-MTBM z dna morskiego

Następnego dnia, tj. 31 maja 2018 r., w miejscach, gdzie kończyła się powłoka, zamontowano specjalne złączki uszczelniające typu Inox/EPDM. Ze względu na występujący na trasie przewodu łuk pionowy zdecydowano się również na zastosowanie (przy jego wierzchołku) nasadki odpowietrzającej o średnicy 25 mm. Na zakończenie inwestycji przeprowadzono próbę ciśnienia według UNI EN 805, zakładając wartość ciśnienia próbnego półtora razy większą od ciśnienia roboczego w przewodzie.

Przeprowadzenie bezwykopowej rehabilitacji przewodu z zastosowaniem utwardzanej powłoki żywicznej typu CIPP pozwoliło uniknąć szeregu niedogodności związanych np. z zakłóceniem ruchu pieszego, zwłaszcza na początku sezonu turystycznego, czy zagrożeń wynikających z bliskiego sąsiedztwa zabytkowych budowli weneckich.

### 3. Innowacyjna technologia do wbudowania rurociągów w pasie przybrzeżnym

Technologia Direct Pipe, która stanowi swoiste połączenie technologii HDD i mikrotunelowania, została opracowana 10 lat temu przez firmę Herrenknecht. Zgodnie z założeniami twórców tej technologii, miała ona umożliwić wbudowanie rurociągów w miejscach, w których dotychczasowe rozwiązania zawodziły. Po raz pierwszy zastosowano ją w 2007 r. do przekroczenia rurociągiem rzeki Ren w pobliżu miejscowości Worms w Niemczech. Od tamtej pory technologię Direct Pipe wykorzystano w ponad 100 projektach, które dotyczyły m.in. wbudowania

gazociągów, ropociągów, wodociągów i rurociągów przemysłowych przeznaczonych do przesyłu wody chłodniczej i solanki w pasie nadbrzeża.

W przeciwieństwie do tradycyjnego przecisku sterowanego czy mikrotunelowania Direct Pipe umożliwia wbudowanie rurociągu wykonanego z rur prefabrykowanych i zgrzewanych na powierzchni terenu, którego długość może dochodzić nawet do kilkuset metrów. Nie wymaga przy tym wykonywania głębokich komór startowych. W przypadku inwestycji realizowanych bezpośrednio w pasie nabrzeża przewiert rozpoczyna się zawsze od strony lądu w kierunku morza. Po zakończeniu wbudowania rurociągu specjalnie skonstruowana głowica typu DP-MTBM jest wydobywana z dna morskiego na powierzchnię wody za pomocą dźwigu, a miejsce wydobywania jest przywracane do stanu pierwotnego (ryc. 4). W razie potrzeby rurociąg może zostać wydłużony przez dodanie kolejnych odcinków rur, o ile tylko planowana jest dalsza jego rozbudowa w głąb morza.

Maszyna, która jest stosowana w technologii Direct Pipe, przypomina pod względem konstrukcji maszynę do mikrotunelowania wykorzystywaną tradycyjnie w przewiercie sterowanym. Podobnie jak ma to miejsce w przewiercie sterowanym, kierunek wiercenia jest tu także kontrolowany przez żyroskopowy system nawigacyjny. Zastosowanie tego systemu niesie ze sobą szereg korzyści, z których kluczowa jest większa precyzja wbudowania. W przeciwieństwie do systemów typu walk over system umożliwia realizację prac poniżej dna morskiego, w bezpośrednim sąsiedztwie wybrzeża.



Ryc. 5. Zastosowanie technologii Direct Pipe do wbudowania przewodu wodociągowego w Port Athur w Teksasie



Ryc. 6. Trasa gazociągu Sur de Texas – Tuxpan, wykonanego w technologii Direct Pipe

Łączna długość rurociągów wbudowanych z zastosowaniem technologii Direct Pipe szacowana jest obecnie na ok. 1900 m. Do dnia dzisiejszego zrealizowano za jej pomocą rurociągi o średnicach w zakresie od 30" (ok. 762 mm) do 56" (ok. 1423 mm). Dzięki wprowadzeniu maszyn o stosunkowo kompaktowej konstrukcji i specjalnie skonstruowanych pomp do usuwania urobku możliwe było uzyskanie dłuższych odcinków rurociągów, które mogły być jednorazowo wbudowane w tej technologii, i to nawet przy średnicach mniejszych od 36" (ok. 915 mm).

W przypadku Direct Pipe możliwe jest wbudowanie rurociągu płycej pod powierzchnią terenu lub dna morskiego i przy mniejszym promieniu  $R$ , pod warunkiem że trasa rurociągu przebiega po łuku. Dzięki temu zmniejsza się sumaryczna długość wszystkich rur wykorzystanych do budowy rurociągu, a hydrauliczne warunki przepływu medium są korzystniejsze. Pozwala to także uniknąć prowadzenia rurociągu w trudnych pod względem geologicznym warunkach, które mogą występować na dużych głębokościach poniżej poziomu terenu lub dna morskiego. Wykonanie przewiertu o dużej średnicy w warstwach skalnych jest również mniej problematyczne w porównaniu z innymi technologiami.

Direct Pipe sprawdza się na obszarach gęsto zaludnionych nabrzeży morskich lub rzecznych. W przeciwieństwie do technologii HDD ilość wydobywanego urobku jest znacznie mniejsza. W rezultacie nakład kosztów związanych z chodzący z separacją i składowaniem urobku jest również dużo mniejszy.

### 3.1. Przykładowe realizacje

W 2015 r. w Port Athur w stanie Teksas zastosowano technologię Direct Pipe do

wbudowania przewodu wodociągowego o średnicy 48" (ok. 1220 mm) i długości 1050 m. Realizacja projektu zajęła 22 dni, przy czym prace związane z samym wbudowaniem przebiegały w tempie równym ok. 27 m/d. W ramach projektu zdecydowano się na wykonanie przejścia przewodem pod torami kolejowymi i dwoma wałami powodziowymi. Na niektórych odcinkach trasa przewodu przebiegała po łuku. O wyborze technologii Direct Pipe na potrzeby tego projektu zdecydowały przede wszystkim względy bezpieczeństwa. Jak wyjaśnili inżynierowie z US Army Corps of Engineers (USACE), tylko technologia Direct Pipe mogła zabezpieczyć ewentualnej destabilizacji wałów powodziowych, pod którymi należało wbudować przewód (ryc. 5).

W 2017 r. w Portgordon w Szkocji zastosowano technologię Direct Pipe do wbudowania dwóch przewodów o średnicy 48" i długości 440 m każdy. Umożliwiło to połączenie farmy wiatrowej Beatrice Offshore Wind Farm z podstacją znajdującą się na stałym lądzie. O wyborze technologii zdecydowały przede wszystkim względy środowiskowe – chodziło głównie o ochronę flory i fauny strefy przybrzeżnej Morza Północnego. Dzięki zastosowaniu Direct Pipe przewody mogły być wbudowane płytko pod powierzchnią dna morskiego, co po oddaniu inwestycji do eksploatacji miało zapewnić późniejsze chłodzenie przewodów wodą morską. Po zakończeniu przewiertu wążąca blisko 18 t i mająca ok. 18 m długości maszyna DP-MTBM została wydobyta (bez uszkodzenia) z dna morskiego i następnie odholowana bezpiecznie na brzeg przy użyciu łodzi.

Gazociąg o nazwie the Sur de Texas – Tuxpan zapewnia dostawę gazu z Teksasu

do Meksyku, przecinając przy tym Zatokę Meksykańską, tak jak to pokazano na rycinie 6.

Pierwszy odcinek gazociągu o średnicy 48" i długości 1500 m powstał już w 2017 r. w Brownsville w Teksasie, położonym naprzeciwko meksykańskiego miasta Matamoros. Do jego wbudowania zastosowano wówczas technologię Direct Pipe. Drugi odcinek gazociągu o długości 700 m został wbudowany również za pomocą tej technologii, przy czym prace, które prowadzono na terenie Meksyku, ukończono w lipcu 2018 r. Do wbudowania trzeciego, ostatniego odcinka gazociągu przewidziano zastosowanie technologii przewiertu sterowanego. Przesłanki do zastosowania w tym przypadku technologii Direct Pipe były podobne do tych, które opisano wcześniej przy okazji innych projektów.

## 4. Nowa granica dla technologii HDD

Firma Normag, która powstała w 2012 r. w Holandii, jest obecnie jednym z wiodących producentów urządzeń stosowanych do mikrotunelowania i horyzontalnych przewiertów sterowanych HDD na rynku europejskim. W ofercie firmy znajduje się m.in. elektrycznie napędzana wiertnica o nazwie Normag NRI 300-140TE HDD, wysokociśnieniowy system pompowy czy różnego rodzaju systemy kontroli gruntu, które umożliwiają odprowadzenie urobku o natężeniu dochodzącym do 5 tys.  $\text{dm}^3/\text{min}$ .

Wiertnice typu NRI 300-140TE HDD zapewniają siły ciągnięcia w zakresie od 100 do 350 t i gwarantują uzyskanie momentu obrotowego rzędu 90–150 kN. W zależności od specyfiki realizowanego projektu nachylenie żerdzi wiertniczych może wynosić nawet do 25–300. Według



Ryc. 7. Wiertnica NRI 300-140TE HDD firmy Normag

informacji przekazanych bezpośrednio przez przedstawicieli firmy Normag, zastosowanie wiertnicy NRI 300-140TE HDD pozwala zredukować o blisko 50% koszty paliwa w porównaniu z tradycyjnie napędzonymi urządzeniami tego typu (ryc. 7). Do zalet tej wiertnicy należy zaliczyć również mniejszą emisję dwutlenku węgla, niższy poziom generowanego hałasu i mniejsze koszty utrzymania. Z uwagi na użycie wysokiej jakości materiałów do produkcji wiertnicy jej żywotność jest dłuższa od przeciętnej, a ona sama może być zastosowana w różnych warunkach gruntowo-wodnych.

Nowością w ofercie firmy Normag jest półautomatyczny dźwig do przenoszenia rur. Dzięki zastosowaniu dźwigu rury nie muszą być już składowane w kosztach magazynowo-transportowych, które są z reguły ciężkie i mogą stanowić pewne utrudnienie przy rozładunku. Ponadto Normag wprowadziła ostatnio na rynek systemy kontroli pracy wiertnicy, które umożliwiają rozpoczęcie wiercenia w technologii HDD w ciągu niecałej godziny i to bez konieczności stosowania dodatkowego, mobilnego dźwigu na placu budowy. Ponieważ wiertnica zasilana jest elektrycznie (NRI 300-140TE HDD), firma zapewnia dieslowski generator oraz wysokociśnieniową pompę. W planach producenta jest opracowanie systemu wiertnic i pomp do wbudowywania rurociągów o większych średnicach.

## 5. Trenchless Technology Center (TTC) inicjuje pierwszy program typu *living lab*

Zgodnie z założeniami ich twórców, programy typu *living lab* mają stanowić swoisty pomost pomiędzy światem nauki a przemysłem i tym samym umożli-

wiać szeroko rozumiany transfer wiedzy i technologii w celu ich gospodarczego wykorzystania. Nie przewiduje się przeprowadzania jakichkolwiek badań o charakterze podstawowym w laboratoriach, a jedynie badania aplikacyjne, głównie w terenie. Mają być również realizowane projekty pilotażowe i symulacyjne, których zadaniem będzie potwierdzenie, czy dane urządzenie lub (i) technologia mogą być wprowadzone na rynek. Wprawdzie nie zakłada się bezpośredniego wykorzystania komercyjnego programów typu *living lab*, to jednak ich pracownicy mogą służyć pomocą i dalszym wsparciem technicznym, o ile tylko pozwoliłoby to na dalsze udoskonalenie urządzenia lub (i) technologii.

Trenchless Technology Center (TTC) zostało utworzone prawie 30 lat temu w Luizjanie i przez te wszystkie lata jego pracownicy byli zaangażowani w niemal każdy większy projekt związany z technologiami bezwykopowymi na kontynencie północnoamerykańskim. Oprócz badań o charakterze podstawowym TTC prowadziło również szeroko zakrojone działania w ramach procesu TRIP, którego celem był transfer wiedzy i technologii w środowisku gospodarczym. Program *living lab* został zainicjowany przez TTC w 2018 r., a działania, które wtedy podjęto, dotyczyły możliwości wykorzystania drona wyposażonego w kamerę CCTV oraz kamerę termowizyjną (ryc. 8) do oceny stanu technicznego rurociągów podziemnych o średnicach równych odpowiednio 18" (ok. 458 mm), 24" (ok. 610 mm) i 72" (ok. 1829 mm).

Kolejnym krokiem w kierunku upowszechniania programu *living lab* było nawiązanie współpracy pomiędzy TTC a chińską firmą Wuhan Easy-Sight Technology Co., oferującą zarówno urządzenia, jak i oprogramowanie do oceny stanu technicznego rurociągów podziemnych. W ramach współpracy przewidziano m.in. przeprowadzenie serii badań poligonowych w zakresie wykorzystania technologii skanowania 3D, oferowanej właśnie przez firmę Wuhan Easy-Sight, oraz seminarium połączonego z demonstracją wspomnianej technologii. W planach są dalsze szkolenia terenowe, tym razem przy udziale Barbera Underground Infrastructure Research and Training (BUIRT) Facility. Do tej pory TTC zebrało 200 tys. USD z przewidzianych 300 tys. USD. Możliwe to było dzięki hojności sponsorów z różnych stron świata, w tym m.in.



Ryc. 8. Pokaz inspekcji przewodu z zastosowaniem drona

ze Stanów Zjednoczonych, Chin, Japonii i krajów Ameryki Południowej.

## 6. Röders Solta Liner

Niemiecka firma Gebr. Röders AG z siedzibą w Soltau jest jednym z producentów tkanin na bazie włókny filcowej o szerokim spektrum zastosowania. Swoją działalność rozpoczęła niemal 150 lat temu, natomiast produkcję tkanin stosowanych w technologiach bezwykopowych uruchomiła w 1986 r.

Powłoki żywiczne typu CIPP, oferowane przez Gebr. Röders AG, produkowane są na bazie włókny filcowej, ewentualnie włókny filcowej wzmacnianej dodatkowo włóknami szklanymi. W zależności od wersji powłoki te znajdują zastosowanie do bezwykopowej odnowy przewodów grawitacyjnych lub ciśnieniowych o dowolnym przekroju poprzecznym. Do ich utwardzenia wykorzystuje się gorącą wodę, parę wodną lub promienie UV. Powłoki są dostępne w zakresie średnic od DN 40 do DN 1800, przy czym grubość ścianki powłoki zawiera się w przedziale od 2 do 70 mm. Mogą być wykonywane jako jedno- i wielowarstwowe. Począwszy od 1986 r., rehabilitacji z wykorzystaniem takich powłok poddano prawie 20 tys. km przewodów różnych sieci w różnych zakątkach świata. Prace nad ulepszeniem proponowanych przez firmę Gebr. Röders AG rozwiązań wciąż trwają.

## Literatura

- [1] „Trenchless International” 2019, issue 43 (Spring).
- [2] *Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska*. Red. nauk. A. Kulickowski. Wydawnictwo Seidel – Przywecki. Wyd. 2. Warszawa 2019.

