



TECHNOLOGIE BEZWYKOPOWE

na sześciu kontynentach, cz. 12



tekst: **dr inż. URSZULA KUBICKA** Politechnika Świętokrzyska, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Katedra Sieci i Instalacji Sanitarnych

W cyklu *Technologie bezwykopowe na sześciu kontynentach*, przygotowanym razem z Polską Fundacją Technik Bezwykopowych, prezentujemy skrót wybranych artykułów, jakie zostały zamieszczone w 30. numerze magazynu „Trenchless International” (Winter 2015).

1. Laureaci *No-Dig Turkey 2015*

We wrześniu 2015 r. w Istantbulu w Turcji odbyła się 33. Międzynarodowa Konferencja połączona z wystawą *No-Dig Turkey 2015*, zorganizowana przez TSITT (Tureckie Stowarzyszenie Technologii Bezwykopowych). W konferencji wzięło udział prawie 150 uczestników z 31 krajów, natomiast wystawę, na którą składały się 94 stanowiska z 21 krajów, obejrzało ponad 900 zwiedzających. Podczas konferencji wręczono również nagrody przyznane przez ISTT (Międzynarodowe Stowarzyszenie Technologii Bezwykopowych) w następujących kategoriach: projekt roku – rehabilitacja, projekt roku – technologia HDD, maszyna roku – osiągnięcia akademickie.

W kategorii projekt roku – rehabilitacja nagrodę uzyskała bułgarska firma Stroitelna Mehanizatzia, która podjęła się wykonania trudnego zadania renowacji dwóch równoległych rurociągów przemysłowych transportujących chłodziwo z generatorów w elektrowni w Żezkazgan w Kazachstanie. Rurociągi wybudowane w latach 50. XX w. były skorodowane i w wielu miejscach nieuszczelne. Inwestor wymienił uprzednio część z nich, stosując metody tradycyjne, ale niektóre ciągi technologiczne, ułożone bezpośrednio wzdłuż budynków lub

pod obiektami zakładu, wymagały zastosowania technologii bezwykopowych. Inwestycja była skomplikowana pod wieloma względami. Odcinki miały różne średnice, wahające się od 1220 do 2220 mm, oraz liczne podłączenia. Rurociągi pracowały także przy zmiennych ciśnieniach, mianowicie podczas miesięcy letnich jako grawitacyjne, a podczas zimy pod ciśnieniem roboczym 2 b. Do renowacji w technologii rękawa CIPP wybrany został liner AquaCure RP. Na rycinie 1 przedstawiono liner zastosowany podczas renowacji.

Inwestycja wiązała się z licznymi problemami technicznymi. Wyzwaniem był już sam transport powłok z fabryki w Bułgarii przez Ukrainę i Rosję na miejsce budowy w Kazachstanie. Prace instalacyjne były wykonywane na bardzo małym terenie należącym do elektrowni, dodatkowo w skrajnych warunkach pogodowych: od 45 °C w sierpniu do -10 °C we wrześniu. Powłoki po nasączeniu żywicami ważyły ponad 12 t, co zdecydowanie utrudniało manewrowanie nimi podczas procesu inwersji. Dodatkowo na trasie jednego z rurociągów znajdowały się dwa



Ryc. 1. AquaCure RP liner na placu budowy w elektrowni w Kazachstanie [6, s. 16]



Ryc. 2. Inwersja linera w szybie startowym na terenie elektrowni w Kazachstanie [6 s. tytułowa]

łuki o kącie 35° każdy. Mimo wielu utrudnień prace montażowe zakończyły się powodzeniem. Sam proces inwersji (ryc. 2) trwał odpowiednio dla jednego ciągu 72 godziny, dla drugiego 96 godzin, a całą inwestycję zrealizowano w ciągu czterech miesięcy w drugiej połowie 2014 r.

W kategorii projekt roku – HDD nagrodę uzyskała firma Ekol Yapi Insaat Sanayi ve Ticaret za budowę dwóch odcinków gazociągu w technologii HDD o długości 487 i 847 m w Istanbule. Podczas wykonywania inwestycji napotkano na liczne utrudnienia. Istotnym problemem była znaczna różnorodność warunków gruntowych, ponieważ na trasie przewiertu występowały grunty od piaszczystych do zwięzłych gliniastych. Ponadto budowa wykonywana była w gęstej zabudowie miejskiej, pod głównymi ciągami komunikacyjnymi. Prace wykonano przy użyciu 250-tonowej wiertnicy firmy Herrenknecht. W pierwszym etapie zainstalowano rurociąg o długości 487 m i średnicy 36" (914 mm), ważący ok. 230 t (ryc. 3). Oprócz zmiennych warunków gruntowych wyzwaniem była też duża różnica wysokości pomiędzy punktem startowym i końcowym przewiertu, wynosząca 22 m. Przewiertem tym pobito rekord długości przewiertu HDD w Turcji, który do tamtej pory wynosił 400 m. Rekord ten został prawie natychmiast ponownie pobity, gdyż kolejnym pomyślnie zainstalowanym odcinkiem tej inwestycji był drugi fragment gazociągu o długości 847 m. Przewiert wykonano pod najbardziej ruchliwą częścią Istanbuhu – Haramidere, w bezpośredniej bliskości metra i innych ciągów komunikacyjnych, w bardzo trudnych warunkach gruntowych – gruntach gliniastych. Inwestycja trwała dziewięć miesięcy, od października 2014 r. do jej pomyślnego zakończenia w czerwcu 2015 r.



Ryc. 3. Rurociąg przygotowany do wciągania na placu budowy w Istanbule [6, s. 21]

Zdobywcą nagrody w kategorii maszyna roku została firma IMS Robotics za system IMS Robotics Sewer to Lateral (STL). System ten pozwala wykonywać renowację przykanalików z kanału głównego na odległość do 15 m. Zestaw Micro Robot o łącznej długości 3 m składa się z samojezdnego wózka, robota frezującego oraz modułu satelickiego (ryc. 4). W korzystnych warunkach STL System może przesuwac się z prędkością do 4 m/min.

W kategorii osiągnięcia akademickie nagrodzono Australian Drilling Industry Training Committee (ADITC) za opracowanie kursu i wydanie materiałów szkoleniowych na temat technologii przewiertów horyzontalnych (HDD). Kurs szkoleniowy przygotowano w formie eksternistycznej na platformie DICAT (*Drilling Industry Certification and Training*), która została opracowana i wdrożona już w 1978 r. przez ADITC w celu wsparcia



Ryc. 4. Zestaw IMS Robotics Sewer to Lateral (STL) [6, s. 23]

firm wiertniczych. Decyzja o przystosowaniu platformy do wspierania firm i fachowców zajmujących się technologią HDD zapadła w latach 2013–2014 po licznych prośbach i zapytaniach kierowanych do ADITC. Roczny lub dwuletni kurs adresowany jest zarówno do osób i firm początkujących w branży HDD, jak i do doświadczonych specjalistów.

2. Wybrane inwestycje zrealizowane w technologiach bezwykopowych

2.1. Renowacja sieci wodociągowej w bazie marynarki wojennej w Pensylwanii w Stanach Zjednoczonych przy zastosowaniu technologii Primus Line

Na terenie bazy wojskowej w Mechanicsburgu w Pensylwanii poddano renowacji skorodowaną sieć wodociągową przy zastosowaniu technologii Primus Line. W bazie, wybudowanej pośpiesznie podczas II wojny światowej, znajduje się 60 zakładów produkcyjnych i magazynów, dla których niezbędne jest dostarczanie znacznych ilości wody do procesu produkcyjnego i dostęp do odpowiedniej ilości wody do celów ochrony przeciwpożarowej. Warunkiem koniecznym podczas trwania prac renowacyjnych musiało być zapewnienie ciągłej dostawy wody, tak aby proces produkcyjny w bazie odbywał się bez żadnych zakłóceń.

Stan 70-letniej sieci wodociągowej wykonanej z żeliwa o średnicach 6, 8 i 12" (152, 203, 305 mm) określono jako wysoce niezadawalający, gdyż przewody były silnie skorodowane i spękane. Zdecydowano się więc przeprowadzić ich rehabilitację, zwiększając przy tej okazji ciśnienie robocze z 65 psi (4,5 b) do 95 psi (6,5 b). Do renowacji wybrano technologię Primus Line (ryc. 5). Liner Primus Line to trójwarstwowy kompozyt wykonany z wewnętrznej warstwy polietylenowej, rdzenia z kevlaru oraz zewnętrznej warstwy z polietylenu o podwyższonej wytrzymałości na zarysowania. Technologia ta, mimo iż jest znana w Europie od ponad 15 lat, w Ameryce Północnej została zastosowana po raz pierwszy na tak dużą skalę.

Jak wspomniano, warunkiem koniecznym do spełnienia podczas wykonywania prac renowacyjnych było utrzymanie ciągłych dostaw wody do bazy. Wybudowano w tym celu instalację składającą się z polietylenowych (HDPE) bajpasów o średnicach 152 i 203 mm oraz z 10 hydrantów, które umożliwiły nieprzerwaną dostawę wody do 20 obiektów.



Ryc. 5. Rękaw Primus Line przygotowany do instalacji na placu budowy w bazie wojskowej w Mechanicsburgu [6, s. 50]

Prace rozpoczęto w kwietniu 2014 r. od inspekcji CCTV oraz oczyszczenia rurociągów za pomocą metalowego czyszczaka i pierścieni gumowych, dzięki którym usunięto osady i zalegający skorodowany materiał (ryc. 6). Kolejnym etapem było wprowadzenie do przewodów przy pomocy wciągarki (z prędkością ok. 6 m/min) wstępnie zdeformowanego rękawa. Poszczególne sekcje linera dopasowano następnie do ścianek rurociągów przy użyciu sprężonego powietrza pod ciśnieniem 7 psi (0,5 b), a końce przewodów przystosowano do połączenia kołnierzewego. Końcowym etapem było przeprowadzenie próby ciśnieniowej i dezynfekcji.



Ryc. 6. Czyszczenie przewodów wodociągowych przed przystąpieniem do renowacji [6, s. 51]

Inwestycja zakończyła się sukcesem, a przepływy w przewodach wodociągowych, mimo redukcji ich średnicy, zwiększył się po renowacji o ok. 20%.

2.2. Budowa tunelu Billy Bishop pod zachodnim kanałem jeziora Ontario w Toronto w Kanadzie

W lipcu 2015 r. oddano do użytku przejście podziemne dla pieszych zbudowane na głębokości dochodzącej do 30 m pod zachodnim kanałem jeziora Ontario w Kanadzie, łączące lotnisko Billy Bishop w Toronto z częścią lądową miasta (ryc. 7). Plany budowy tego przejścia powstały już w 1935 r., jednak ze względu na protesty mieszkańców nigdy nie zostały zrealizowane, podobnie jak kolejne propozycje z 1982 i 1995 r. Sytuacja uległa

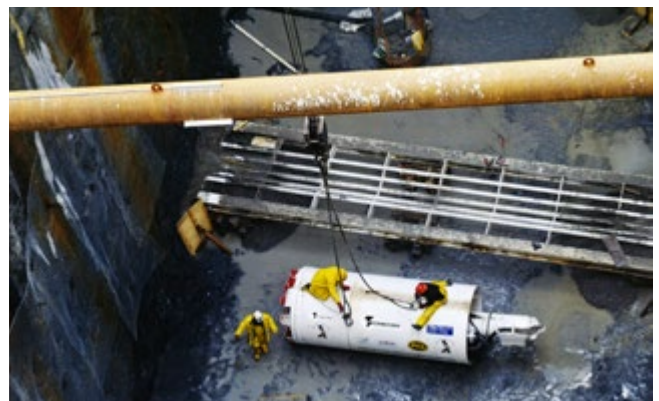
zmianie dopiero po tym, jak port lotniczy w Toronto zadeklarował poniesienie wszystkich kosztów związanych z budową tego 186-metrowego tunelu. Koszt budowy obiektu o średnicy 10 m wyniósł 82,5 mln USD. W początkowej fazie projektu napotkano na liczne problemy techniczne. Jednym z nich były tarcze i komory robocze pozostawione po robotach zapoczątkowanych w 1935 r., utrudniające prowadzenie prac wiertniczych. Ponadto problemem były także niekorzystne dla środowiska gruntowego konsekwencje wcześniejszych drążeń, wybuchów oraz pogłębiania jeziora. Ze względu na powyższe utrudnienia oraz zalegające płytko nienośne grunty łupkowe zdecydowano się na pogłębienie planowanej wcześniej trasy, miejscami nawet o 10 m. Prace wykonano przy użyciu dwóch tarcz TBM produkcji kanadyjskiej o wdzięcznych nazwach Chip oraz Dale. Prace budowlane nie zakłóciły w najmniejszym stopniu ruchu na lotnisku, które pozostało czynne podczas całego czasu trwania robót. Na rycinach 8 i 9 przedstawiono różne etapy prac budowlanych.



Ryc. 7. Wizualizacja tunelu Billy Bishop w Toronto [6, s. 34]



Ryc. 8. Tunel Billy Bishop podczas prac budowlanych [2]



Ryc. 9. Tarcza TBM Chip w komorze startowej prssabygotowana do rozpoczęcia prac wiertniczych [6, s. 36]

2.3. Renowacja sieci kanalizacji sanitarnej i deszczowej w Johannesburgu w RPA

W ciągu ostatnich 30 lat spokojna stacja Park Station w Johannesburgu przekształciła się w ruchliwy węzeł przesiadkowy, obsługujący ponad 180 tys. osób dziennie. Spowodowało to nadmierne przeciążenie starych kamionkowych sieci kanalizacji sanitarnej i deszczowej. Ponadto powstałe w bezpośrednim sąsiedztwie stacji 22 punkty gastronomiczne dodatkowo obciążły sieć kanalizacyjną, generując znaczną ilość ścieków, w tym osadów tłuszczowych, gdyż tylko nieliczne z nich dysponowały separatorami tłuszczu. Konsekwencją takiego obciążenia sieci było zmniejszenie prędkości przepływu ścieków w kanałach, występowanie dużej ilości osadów tłuszczowych i częste blokady w przepływie ścieków. Koniecznością stało się więc codzienne przepompowywanie ścieków, co z kolei wiązało się z licznymi niedogodnościami, kosztami oraz uciążliwym zapachem. Innym problemem było niefortunne usytuowanie studzienek rewizyjnych na sieci kanalizacji deszczowej pomiędzy torami kolejowymi, co poważnie utrudniało dostęp do kanalizacji.

Wobec powyższego zdecydowano się poddać renowacji zarówno sieć kanalizacji sanitarnej, jak i deszczowej. Projekt obejmował wykonanie częściowej inwentaryzacji sieci i obiektów przy użyciu radaru GPR oraz przeprowadzając inspekcję CCTV, co pozwoliło stworzyć trójwymiarowy obraz sieci.

Prace rozpoczęły się od czyszczenia sieci oraz studzienek, skąd usunięto ok. 588 m³ osadów. Ponieważ podjęto decyzję, aby wymienić 1184-metrowy odcinek starej sieci na nowe przewody, ostatecznie zdecydowano się na zastosowanie technologii HDD, gdyż nową trasę wytyczono pod peronami, torami oraz pod tunelami serwisowymi, przy czym ich praca nie mogła być zakłócana czy przerywana. Do budowy zastosowano rury HDPE PN10 o średnicy nominalnej 250 mm. Pierwszy odcinek o długości 300 m został wbudowany wzdłuż pod czynną linią kolejową, podobnie jak kolejny, 47-metrowy. Dalej sieć ułożono ukośnie pod torami. Wiercenia prowadzone były z 14 wykopów startowych o głębokości dochodzącej do 6 m (ryc. 10).

Całość inwestycji zrealizowano bez większych problemów i nową sieć kanalizacyjną oddano do użytku w lipcu 2015 r.

Następnie wszystkie 22 restauracje zostały do niej podłączone i dodatkowo wyposażone w separatory tłuszczu, by zapobiec w przyszłości blokowaniu sieci.

2.4. Podróż do Indii – historia i dzień współczesny mikrotunelingu w Indiach

Po raz pierwszy technologia mikrotunelingu pojawiła się w Indiach w 1998 r. w Bombaju, gdzie zainstalowano 3,5 km przewodów o średnicy 900 i 1200 mm pod torami kolejowymi i drogami. W miejscu prowadzenia robót występowały różne rodzaje gruntu – od piaszczystych i gliniastych po lite skały i otoczaki. Pomimo niekorzystnych warunków gruntowych projekt zakończył się sukcesem, co przetrąciło drogę innym podobnym inwestycjom. Dziesięć lat później rozpoczęto w Delhi kolejny duży projekt w technologii mikrotunelingu. Obejmował on m.in. instalację 8 km rurociągów o średnicy od DN 1000 do DN 1500.



Ryc. 11. Trudne warunki terenowe podczas budowy kolektora w Delhi [6, s. 39]

Do dnia dzisiejszego z powodzeniem zrealizowano w Indiach wiele inwestycji w technologii mikrotunelingu, m.in. w Hajdarabad, Kalkucie, Asam i Goa. W kraju wybudowano dotychczas ok. 104 km sieci w tej technologii. Dostępnych jest tam co najmniej 25 urządzeń służących do mikrotunelowania.

Jednym z największych projektów realizowanych w Indiach był *Dehli Jal Board Interceptor Projekt*, zatwierdzony do realizacji w 2008 r. Projekt o łącznej wartości 320 mln USD obejmował rozbudowę sieci kanalizacyjnej w Delhi. Miał na celu poprawę



Ryc. 10. Ustawianie wiertnic na peronie stacji kolejowej w Johannesburgu [6, s. 32]

stanu technicznego sieci obsługującej 70% populacji w mieście, a w konsekwencji zapewnienie odpowiedniej jakości wody pobieranej z rzeki Jamuna, tak by mogła być stosowana do nawadniania upraw i ogrodnictwa. Projekt zakładał budowę 57,6-kilometrowego kolektora kanalizacyjnego, ułożonego na głębokości od 6 do 18 m, instalację 132 studni na kolektorze oraz budowę sześciu przepompowni. Wstępne analizy i badania wykazały istnienie szeregu przeszkód i problemów na planowanych trasach (ryc. 11), np. nielegalne podłączenia do sieci, liczne mosty i linie kolejowe oraz ułożone wzdłuż planowanej trasy sieci dwa przewody wodociągowe o średnicach 1800 mm. Kolejne analizy wykazały dodatkowo, że na długości 2 km trasa rurociągu pokrywa się z linią metra, a poziom wód gruntowych waha się w zależności od pór roku, suchej i monsunowej, od 3 do 7 m p.p.t.

Pomimo wielu niedogodności udało się jednak wykonać zaplanowaną inwestycję. Tarcze do mikrotunelowania dostarczyły firmy MTS oraz Herrenknecht. Podczas prowadzenia robót pojawiło się jeszcze jedno utrudnienie: niemożność zapewnienia ciągłości dostaw rur na plac budowy. Do projektu zdecydowano się użyć wysokojakościowych rur z HDPE z kołnierzami ze stali nierdzewnej, które nie były wówczas dostępne w Indiach. Wobec tego dostawca rur, firma KK Spun Pipe, zakupił w Europie nowoczesny zakład produkcyjny i w ten sposób zapewnił dostawę tych rur na budowę dla całej 57-kilometrowej inwestycji. Na rycinie 12 pokazano montaż urządzeń w studni startowej.



Ryc. 12. Montaż urządzeń w studni startowej na placu budowy w Delhi [6, s. 40]

Hinduska branża technologii bezwykopowych ciągle boryka się z wieloma różnorodnymi problemami, ale technologie te, a w szczególności mikrotunelowanie, są stosowane coraz chętniej i częściej.

3. Prezentacja ofert wybranych firm promujących się w „Trenchless International”

3.1. Transco Manufacturing

Firma Transco Manufacturing z Lonsdale w Australii oferuje ciekawy sprzęt służący do odzyskiwania zakleszczonych głowic wiertniczych. Technologia odzyskiwania zakleszczonych elementów polega na równoległym wierceniu dwóch ciągów wiertniczych, połączonych ze sobą za pomocą *pin boxów*, czyli specjalnych łączników rozmieszczanych wzdłuż ciągu wiertniczego co ok. 9 m. Ponadto

firma specjalizuje się w produkcji szerokiej gamy osprzętu stosowanego w technologii HDD, np. głowic wiertniczych rozwiertaków i poszerzaczy dedykowanych do praktycznie każdego rodzaju gruntu, w pełnym zakresie średnic [5, 6].

3.2. Channeline International

Firma Channeline International od 30 lat produkuje moduły GRP służące do renowacji i rekonstrukcji przewodów kanalizacyjnych o przekrojach kołowych i niekołowych. Moduły mogą mieć praktycznie dowolny wymiar i przekrój poprzeczny, zgodnie z zapotrzebowaniem inwestora. Występują w wielu odmianach, np. Channeline Standard, produkowany standardowo w modułach o długości 2,4 m, Channeline Multi Segmental, Channeline-SL, Channeline-SL3, Channeline-CL. Moduły pozwalają na poprawę parametrów hydraulicznych, są odporne na korozję i charakteryzują się wysoką odpornością na ścieranie. Producent szacuje trwałość modułów na minimum 50 lat [1, 6].

3.3. Mears Group Inc.

Firma Mears powstała w 1970 r. i swoją główną siedzibę ma w Rosebush w stanie Michigan w Stanach Zjednoczonych. Obecnie firma posiada oddziały w wielu rejonach świata, m.in. w Kanadzie, Australii, Indiach, Zjednoczonych Emiratach Arabskich i Malezji. Mears Group specjalizuje się w wykonywaniu wierceń w technologii HDD, przede wszystkim na obszarach nadmorskich oraz innych wykonywanych w trudnych lub nietypowych warunkach gruntowych. Sekcja HDD firmy jest jednym z największych kontrahentów na świecie. Dysponuje flotą 26 wiertnic HDD o siłach uciążu od 222 do 5780 kN oraz pełnym osprzętem niezbędnym do prowadzenia prac wiertniczych [4, 6].

3.4. KRE Engineering Services

KRE Engineering Services jest firmą australijską. Posiada siedzibę w Mirandzie. Powstała w 1991 r., aby dostarczać różnego rodzaju sprzęt i urządzenia mające zastosowanie w technologiach bezwykopowych na terenie Australii i Nowej Zelandii. W ciągu kolejnych lat firma rozwinęła i poszerzyła działalność, oferując w konkurencyjnych cenach swoje własne rozwiązania na lokalnym rynku, a później także na innych kontynentach. KRE Engineering oferuje urządzenia służące do inspekcji sieci infrastruktury podziemnej, pełną gamę korków i pakerów w średnicach od 40 do 2400 mm oraz do robót kanalizacyjnych z kompletnym osprzętem, w tym najnowszy produkt – robot pozwalający na wykonywanie prac w kanałach o średnicy wewnętrznej od 150 mm [3, 6].

Literatura

- [1] <http://channeline-international.com/product-range.aspx#clr> (dostęp 20 marca 2016 r.).
- [2] <http://dailycommercialnews.com/Projects/News/2015/4/The-tale-of-Mother-Nature-versus-the-Billy-Bishop-Tunnel-1007170W/> (dostęp 20 marca 2016 r.).
- [3] <http://www.kre.com.au/about-us.html> (dostęp 20 marca 2016 r.).
- [4] <http://www.mears.net/horizontal-directional-drilling/index.php/hdd/> (dostęp 20 marca 2016 r.).
- [5] http://www.transcohdd.com/uploads/SHORT_INTRO_TEMPORARY_2.pdf (dostęp 20 marca 2016 r.).
- [6] „Trenchless International” 2016, Issue 30.

