

TECHNOLOGIE BEZWYKOPOWE

na sześciu kontynentach, cz. 22



tekst: **dr inż. JUSTYNA LISOWSKA**, Politechnika Świętokrzyska, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Katedra Sieci i Instalacji Sanitarnych, **inż. AGNIESZKA MROZKOWSKA**, **inż. OLGA PEDRYCZ**, Politechnika Świętokrzyska, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki; Studenckie Naukowe Koło Inżynierów Środowiska Krecik

W cyklu *Technologie bezwykopowe na sześciu kontynentach*, przygotowywanym we współpracy z Polską Fundacją Techniki Bezwykopowych, przedstawiamy skrót najciekawszych artykułów zamieszczonych w 40. numerze „Trenchless International”.

1. Promowanie technologii bezwykopowych na kontynentach azjatyckim i europejskim – kalendarium wydarzeń

Dyrektor wykonawczy Międzynarodowego Stowarzyszenia Technologii Bezwykopowych (ISTT) Peter Smeallie oraz byli przewodniczący Dec Downey i Sam Ariaratnam wzięli udział w X Międzynarodowej Konferencji połączonej z wystawą, która odbyła się 7–8 maja 2018 r. w Azji. *Trenchless Asia 2018*, zorganizowane po raz drugi w Kuala Lumpur, zgromadziło 29 prelegentów z 11 krajów oraz ponad 1200 uczestników i gości, w tym przedstawicieli rządu, urzędników miejskich, reprezentantów sektorów użyteczności publicznej, takich jak inżynieria lądowa, wodociągi, kanalizacja, telekomunikacja, energia elektryczna, ropa i gaz. Uczestniczyli w niej także przedstawiciele świata nauki, instytutów i organizacji badawczych. Podczas konferencji na stoiskach wystawienniczych ponad 79 firm zaprezentowało nowoczesne rozwiązania w zakresie produktów, urządzeń i technologii bezwykopowych [8].

Również w maju na kontynencie europejskim przewodniczący Enrico Boi uczestniczył w III Krajowej Konferencji Technologii Bezwykopowych w Finlandii, zorganizowanej przez Fińskie Towarzystwo Technologii Bezwykopowych. Konferencja zdobyła rozgłos dzięki uczestnikom krajowym i zagranicznym, międzynarodowym przedstawicielom i członkom ISTT oraz wielu wystawcom.

Wiceprzewodniczący ISTT Jari Kaukonen wziął udział w skandynawskiej konferencji *No-Dig 2018*, która odbyła się w Lillestrøm w Norwegii 2–3 maja 2018 r. Wydarzenie to zostało zorganizowane przez Skandynawskie Stowarzyszenie Technologii Bezwykopowych (SSTT), zgromadziło przedstawicieli ze Szwecji i Norwegii i było okazją do omówienia rozwoju ISTT i wdrożenia nowego planu operacyjnego na 2019 r.

2. Nadchodzące wydarzenia

Od 10 do 13 września 2019 r. w centrum konferencyjno-wystawienniczym Melbourne w Australii odbędzie się XIII Konferencja Naukowo-Szkoleniowa połączona z wystawą *No-Dig Down Under 2019*. Jest to jedno z największych wydarzeń poświęconych technologiom bezwykopowym na świecie. Już po raz kolejny podczas konferencji prelegenci z Australii i innych państw świata zaprezentują prace obejmujące studium przypadku, trudne projekty oraz nowoczesne rozwiązania w zakresie technologii bezwykopowych. Jest to okazja do rozwoju zawodowego oraz przede wszystkim zdobycia wiedzy, którą można wykorzystać w branży, przewidziano również szkolenia z zakresu metod bezwykopowych. Kursy te są licencjonowane przez ASTT (Australian Society for Trenchless Technology) [10]. W hali wystawienniczej wykonawcy i dostawcy ze wszystkich sektorów przemysłu będą mogli zaprezentować swoje produkty

i usługi. Program *No-Dig Down Under 2019* przewiduje także sponsorowane imprezy towarzyskie, w tym wieczorną galę z wręczeniem nagród [10].

2.1. No-Dig Poland 2020

W kwietniu 2020 r. w Krakowie odbędzie się już IX edycja Międzynarodowej Konferencji Technologii Bezwykopowe *No-Dig Poland 2020*. Konferencja ta, organizowana w cyklu dwuletnim, stanie się kolejną okazją do spotkania przedstawicieli świata nauki, producentów urządzeń oraz firm do wymiany wiedzy i doświadczeń na temat najnowszych osiągnięć i możliwości technologii bezwykopowych. Najlepsze produkty i technologie wyłonione w drodze konkursu nagrodzone zostaną podczas gali statuetkami Expert 2020. Informacje na temat konferencji dostępne są na stronie www.nodigpoland.pl.



3. Nowości ze świata opisane w czasopiśmie „Trenchless International”

3.1. Wykorzystanie głowicy MTBM firmy Herrenknecht do rozbudowy kanalizacji deszczowej w Niemczech

Maszyna MTBM firmy Herrenknecht została użyta do mikrotunelingu kanalizacji deszczowej w Freudenstadt w Niemczech. Główny wykonawca, firma Peter + Partner Rohrvortrieb, posłużył się maszyną MTBM o średnicy zewnętrznej

1100 mm, aby wykonać 146-metrowy tunel, który zintegruje pobliski strumień Manbacha z systemem burzowym City of Freudenstadt. Do budowy tunelu wykorzystano rury wykonane z żelbetu o średnicy DN 800 i długości 3 m. Realizacja inwestycji była utrudniona z uwagi na niejednorodną strukturę gleby oraz występowanie przeszkód terenowych na trasie realizacji. Koniecznością było zaprojektowanie przejść pod kilkoma liniami torów kolejowych. Maszyna MTBM została wyposażona w mieszaną głowicę tnącą, dostosowaną do różnego rodzaju gruntu. Realizacja zakończyła się sukcesem w 2017 r., a sieć kanalizacyjna w Freudenstadt została dostosowana do wymagań rozwijającego się miasta [13].

3.2. Projekt linii metra o wartości 460 mln € w Kopenhadze

Vinci Construction Grands Projets i Hochtief Infrastructure we wspólnym przedsięwzięciu otrzymały kontrakt na zaprojektowanie i wykonanie linii metra (4. linii) Sydhavn w Kopenhadze. Umowa o wartości 460 mln € została podpisana 28 lutego 2018 r. w Kopenhadze. Zgodnie z umową, projekt wymaga budowy podwójnych 4,4-kilometrowych tuneli wraz z pięcioma stacjami metra i dwiema konstrukcjami skrzyżowanymi. Obejmuje również systemy elektryczne i mechaniczne, prace architektoniczne wewnątrz i wentylację wewnątrz tunelu. Tunele będą zbudowane przy użyciu dwóch głowic tunelowych (TBM) o średnicy wewnętrznej 4,9 m i zewnętrznej 5,5 m. Projekt ten rozszerzy sieć metra na południe od duńskiej stolicy, która zostanie połączona z główną linią metra Cityringen [3].

3.3. Rozbudowa kanalizacji przy użyciu maszyny MTBM w Australii

Maszyna wiertnicza MTBM w Melbourne w Australii pokonała 300-metrowy odcinek, docierając do połowy drogi z Lonsdale Street do Flinders Lane w CBD (Central Business District) w Melbourne. Maszyna o długości 9 m i średnicy 1,5 m drąży tunel, aby zainstalować nowy system kanalizacyjny, który połączy się z istniejącą linią kanalizacyjną. Na rozbudowę systemu ma wpływ wzrost liczby ludności w CBD w Melbourne w ciągu najbliższych 35 lat. Dwa pasy ruchu muszą zostać zamknięte, by móc wykopać szyb o głębokości 9 m w celu wyciągnięcia głowicy MTBM, gdy pokona ona cały 600-metrowy odcinek. Rury zostały zainstalowane na Lonsdale Street za pomocą hydraulicznego pod-

nośnika rurowego na głębokości od 8 do 12 m poniżej Spencer Street [4].

3.4. Indyjska kolej wykorzystuje mikrotunelowanie do rozwiązania problemu powodzi

Kolej Wschodniego Wybrzeża w Indiach wykorzystwała mikrotunelowanie, aby wyeliminować zjawisko zalewania stacji kolejowej podczas ulewnych deszczy. Drenaż miejski odprowadzający wody deszczowe ze stacji kolejowej Bhubaneswar był w złym stanie technicznym i nie radził sobie z przyjmowaniem fali deszczu w rejonie Ashok Nagar, co skutkowało powodziami i zalewaniem stacji. W związku z tym zaburzone zostało funkcjonowanie kolei, wystąpił problem nie tylko z systemem sygnalizacji kolejowej, ale również zakłócenia w kursowaniu pociągów na głównej linii Howrah – Chennai. Po analizie różnych metod rozwiązania problemu mikrotunelowanie zostało wybrane jako najlepsza metoda naprawy kanalizacji i minimalizacji zakłóceń w ruchu pociągów. Zainstalowano tunel drenażowy o długości 104 m, wykorzystujący zdalnie sterowany przecisk z rur betonowych o średnicy 1,8 m. Drenaż został zainstalowany na południowym krańcu stacji kolejowej i pomaga w odprowadzaniu wody z obszaru stacji, eliminując problemy przelewania się i zalewania podczas ulewnego deszczu. Budowa miała miejsce na początku 2018 r. i została ukończona w ciągu 30 dni [2].

4. Ciekawe realizacje z zastosowaniem technologii bezwykopowych

4.1. Przykłady realizacji w zakresie bezwykopowej budowy

4.1.1. Projekt Follo Line w Norwegii realizowany w trudnych warunkach przy użyciu maszyn TBM firmy Herrenknecht

Projekt kolejowy Oslo – Ski Follo Line to największa bezwykopowa realizacja w Norwegii, wyceniona na 8,7 mld NOK (ok. 1,2 mld USD). Dostawcą maszyn TBM

dla tej realizacji jest firma Herrenknecht. Produkcja maszyn TBM o średnicy 10 m przebiegała w warsztatach w Schwanau w Niemczech (ryc. 1). Czas realizacji pierwszego etapu, jakim jest wydrążenie 38-kilometrowego prefabrykowanego, betonowego, segmentowego tunelowania, przewidziano na dwa lata.



Ryc. 1. Zakład Herrenknecht w Schwanau, gdzie wyprodukowano tarcze tnące wykorzystane w projekcie Follo Line

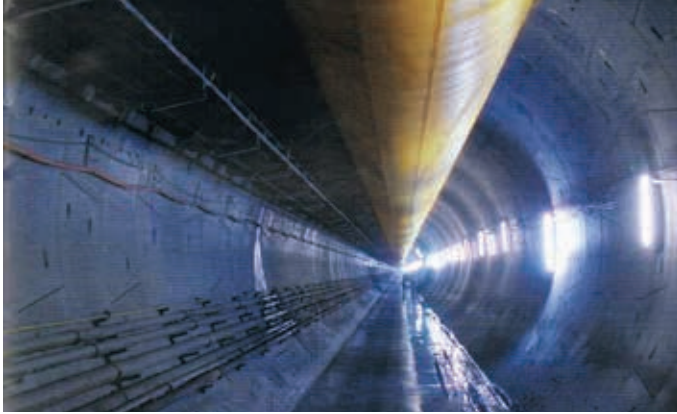
Norwegia to kraj z infrastrukturą bogatą w tunele, jednak jeszcze do niedawna projekty tunelowania w regionie skandynawskim opierały się na tradycyjnej metodzie wiercenia oraz wykorzystaniu materiałów wybuchowych w celu rozkruszenia materiału skalnego napotkanego na trasie budowy tunelu. Projekt Follo Line to projekt bezwykopowej budowy, wykorzystujący specjalnie zaprojektowaną technologię tunelowania, dzięki której po raz pierwszy możliwe było ukończenie każdego etapu prac w zaplanowanym czasie w ekstremalnie trudnych warunkach geologicznych. Dane dotyczące projektu zamieszczono w tablicy 1.

Technologia firmy Herrenknecht została użyta w projekcie kolejowym Follo Line w stolicy kraju, Oslo, i bazuje na wykorzystaniu głowic tunelowych (TBM) do wydrążenia tunelu wewnątrz twardej skały, jaką jest skała metamorficzna – gnejs. Projekt dla norweskiej spółki kolejowej Bane NOR obejmuje usunięcie 4 mln m³ skał i utworzenie dwóch bliźniaczych 20-kilometrowych tuneli ze Ski do Oslo (ryc. 2, 3).

Podczas wyboru technologii budowy należało wziąć pod uwagę szereg

Tab. 1. Dane techniczne projektu Follo Line w Norwegii [12]

Projekt	Projekt kolejowy Follo Line
Lokalizacja	Norwegia
Klient	Bane NOR
Kontrahent	AG JV (Acciona-Ghella Joint Venture)
Długość tunelu	37 270 m
Geologia	Grunt skalisty – gnejs
Dane maszyny	4 x double shield TBM, średnica: 9900 mm, moc głowicy: 4,550 kW, moment obrotowy: 11 115 kNm



Ryc. 2. Widok wnętrza tunelu wyłożonego żelbetowymi pierścieniami



Ryc. 3. Widok wnętrza tunelu. Miejsce pracy pracownika w norweskim tunelu

czynników. Metoda tradycyjnie stosowana w Norwegii wymagałaby siedmiu placów budowy, z których część znajdowałaby się na obszarach metropolitalnych, co stanowiłoby obciążenie dla ruchu drogowego. W przeciwieństwie do metody wiercenia i obróbki strumieniowej zastosowanie TBM wymaga tylko jednego centralnego miejsca pracy, położonego z dala od dzielnic mieszkaniowych. Jak przewidziano w projekcie, dwa tunele o długości 900 m realizowane przy użyciu maszyny TBM rozpoczęły tunelowanie w kierunku północnym i południowym. Tunele te połączą rejony pracy na powierzchni z dwiema podziemnymi jaskiniami (ryc. 4).

Podwójne tarcze TBM o średnicy 9,9 m jednocześnie wywiercały tunele z żelbetowych pierścieni o szerokości 1,8 m (ryc. 5). Aby osiągnąć średni postęp 27 m/d przez skały o wytrzymałości na ściskanie do 300 MPa, firma Herrenknecht wyposażyła każdą maszynę w 13 silników, zapewniając moc 475 KM na każdy napęd głowicy tnącej 265 t.

Praca w trudnych warunkach – twardym podłożu skalnym i zmiennych warunkach gruntowo-wodnych na trasie realizacji – przysporzyła wielu trudności. Przykładowo, gdy głowica tnąca napotkała na swojej drodze skałę ze szczelinami wypełnionymi wodą gruntową, konieczne było wprowadzenie płynnej masy cementowej w celu wyparcia wody.

Ponadto silne wibracje i twarde podłoże powodują silne zużycie tarcz tnących, a więc aby zapewnić optymalne wykorzystanie każdej tarczy o średnicy 19" (483 mm), Herrenknecht wyprodukowała dyski ze specjalnej stali, które mają być wymieniane w trakcie trwania projektu.

Norwegia ma wiele tuneli wydrążonych za pomocą wiercenia i obróbki strumieniowej. Wszystkie dotychczasowe realizacje wykorzystywały mniejsze maszyny TBM i głowice mikrotunelowe, dopiero w tak dużej realizacji, jaką jest projekt Follo Line, zaprezentowano nowe możliwości wykorzystania maszyn TBM o większych gabarytach, pracujących w trudnych warunkach gruntowo-wodnych.

Projekt Follo Line rozpoczął się w 2016 r. Zgodnie z harmonogramem, linia kolejowa zostanie uruchomiona w 2021 r. [2].

4.1.2. Podwodne mikrotunelowanie w Chile w Ameryce Południowej

W 2014 r. firma Bessac otrzymała kontrakt od koncernu wydobywczego BHP Billiton na budowę trzech podmorskich mikrotuneli dla nowego zakładu odsalania w kopalni miedzi Escondida w Chile. Projekt obejmował budowę wlotu wody morskiej o długości 530 m i średnicy 2000 mm oraz wylotu o długości 360 m i tej samej średnicy. Prace wykonywano w trudnych warunkach gruntowych. Grunt stanowią dioryty oraz zasadowe

skały głębinowe gabro. Do wykonania tuneli użyto dwie maszyny do mikrotunelowania MTBMs.

Na ścianach mikrotuneli zostały zainstalowane rury z betonu zbrojonego, produkowane w zakładzie prefabrykacji znajdującym się obok placu budowy, nadzór nad pracami prowadziła firma wykonawcza (ryc. 6).

Firma Bessac musiała spełnić oczekiwania systemu jakości przemysłu wydobywczego QSE (Quality System Enhancement), które daleko wykraczają poza tradycyjne standardy. Projekt zaopatrzenia w wodę kopalni Escondida (EWS) obejmował budowę:

- nowego kolektora wody morskiej i systemu odprowadzenia solanki zlokalizowanego w Puerto Coloso,
- zakładu odsalania wody morskiej o mocy 2500 l/s, zlokalizowanego również w Puerto Coloso,
- nowego systemu transportu wodnego wraz z przepompowniami i przewodami rozprowadzającymi,
- nowej zapory wodnej na terenie kopalni,
- linii wysokiego napięcia i podstacji elektrycznej.

Część prac morskich projektu EWS, który przewiduje transport wody do zakładu odsalania używanej w procesach wydobywczych oraz dyfuzji stężonej solanki do Oceanu Spokojnego, składa się z następujących elementów:



Ryc. 4. Widok centralnego placu budowy z lotu ptaka – projekt Follo Line w Norwegii



Ryc. 5. Jedna z głowic TBM, która została zaprojektowana i wyprodukowana na potrzeby projektu Follo Line w Norwegii



Ryc. 6. Widok wnętrza tunelu



Ryc. 7. Głowica MTBM na pokładzie barki wiertniczej

- konstrukcji wlotu i wylotu, którą stanowi prostokątny szyb o wymiarach w przybliżeniu 35 x 13 m oraz głębokości 32 m, służący jako punkt pośredni między Oceanem Spokojnym a przebiegiem prac na lądzie (*inland processes*);
- stacji pomp wody morskiej o wymiarach ok. 44 x 21 m, głębokości 17 m, wyposażonej w urządzenia tłoczące wodę morską do zakładu odsalania;
- tunelu wylotowego o długości ok. 360 m, zakończonego przewodem o średnicy wewnętrznej (ID) równej 2000 mm, łączącego konstrukcję wlotu i wylotu do Oceanu Spokojnego przez dyfuzor zlokalizowany na dnie morskim. Tunel wylotowy ma za zadanie transport stężonej solanki do Oceanu Spokojnego;
- dwóch tuneli wlotowych o długości ok. 530 m, zakończonych przewodem o średnicy wewnętrznej (ID) równej 2000 mm, łączących konstrukcję wlotu i wylotu do Oceanu Spokojnego przez konstrukcje wlotowe w dnie morskim. Przez tunele wlotowe transportowana jest woda morską z Oceanu Spokojnego do konstrukcji wlotu / wylotu, stacji pomp wody morskiej i finalnie do zakładu odsalania;
- trzech szybów morskich o głębokości ok. 15 m i o średnicy wewnętrznej 7 m wydrążonych przed tunelami wlotowymi i wylotowymi;
- dwóch tuneli połączeniowych pomiędzy szybem wlotowym / wylotowym a stacją pomp wody morskiej o długości ok. 15 m, zakończonych przewodem o średnicy wewnętrznej 2000 mm, łączących komory dolotowe konstrukcji wlotowej / wylotowej do stacji pomp wody morskiej.

Zakres prac firmy Bessac obejmował budowę podwodnych tuneli wlotowych i tunelu wylotowego. Podwodne tunele zostały wydrążone z użyciem dwóch głowic MTBM, utrzymywanych pod ciśnieniem (ryc. 7). Ze względu na trudne warunki gruntowe wykorzystano metodę przeciśkową. Trzy tunele zostały podzielone na

trzy różne sekcje: pierwsza sekcja obejmowała drążenie części tunelu z 6-procentowym spadkiem wejścia, kolejna – wykonanie łuku o promieniu 500 m w planie pionowym, natomiast ostatnią sekcję prowadzono poziomo do wału wylotowego.

Mając na celu terminowe wykonanie prac, konieczne było użycie dwóch maszyn MTBM pracujących równocześnie.

Dokładność drążenia zapewniły urządzenia tnące wyposażone w 14-calowe (356 mm) frezy tarczowe, by rozkruszyć skalisty grunt, a także skrobaki zbierające pozostający urobek. W celu dokładnej oceny zużycia oraz przewidywanej przydatności narzędzi firma wykonawcza Bessac prowadziła ich kontrolę zaraz po wprowadzeniu maszyny MTBM. Dodatkowo dla zmniejszenia strat powietrza podczas prac szczeliny skalne wypełniano płuczką bentonitową o wysokiej gęstości, wzbogaconą polimerami.

Przed wprowadzeniem głowic MTBM szyby wypełniano piaskiem do 1 m nad tunelem. Kontrolę nad dostarczeniem maszyn MTBM oraz monitorowanie ich pracy odbywało się za pomocą zdalnie sterowanego pojazdu ROV. System ROV kontrolował pozycję maszyny mikrotunelowej. Przebieg prac podwodnych przedstawiał się następująco: połączenia wewnątrz tunelu zostały zdemonstrowane, następnie w tylnej części zainstalowano pionową przegrodę w postaci ściany, tzw. gródź, kolejny etap prac obejmował podanie maszyny MTBM ciśnieniu o wartości 3,6 b. Zostali zaangażowani również nurkowie, którzy podłączyli trzy przewody do maszyny. Pierwszy przewód służył do zwiększenia ciśnienia w MTBM, drugi – do uruchamiania hydraulicznych cylindrów wyrzutowych, ostatni – do ich wycofania. Nurkowie następnie usunęli korek wodny, aby umożliwić wodzie morskiej przedostanie się w przestrzeń pomiędzy MTBM a grodzią w celu wyrównania ciśnienia zewnętrznego i wewnętrznego. Po wykonaniu tych czynności maszyna MTBM została usunięta z tunelu, a nurkowie rozłączyli wszystkie przewody. Gdy znajdowali się



Ryc. 8. Transport przewodu podczas realizacji w Chile

w bezpiecznej pozycji, wciągarka Multicat (statek wielozadaniowy) mogła rozpocząć podnoszenie MTBM do 5 m nad dnem morskim. Następnie maszyna do mikrotunelowania została przeniesiona na statek przesyłowy, który przetransportował ją do portu (ryc. 8).

Pomimo trudnych warunków gruntowych oraz specyficznego miejsca prowadzenia prac, projekt zakończył się sukcesem. Technika budowy, jaką jest mikrotunelowanie oraz przecisk hydrauliczny, rozszerza swój zasięg zastosowań na całym świecie, ponieważ pozwala na budowę m.in. wylotów morskich oraz ujęć wodnych bez negatywnego oddziaływania na obszary przybrzeżne.

4.2. Przykłady realizacji w zakresie bezwypkowej odnowy przewodów infrastruktury podziemnej

4.2.1. Popularność spiralnego linera SRP EXP w Ameryce Południowej

Od czasu pierwszego eksportu spiralnego linera EXP w wersji SRP w 2017 r. popyt na Aussie Trenchless w Ameryce Południowej stale rośnie. Skala projektów, które są obecnie przedmiotem przetargów w regionie, w tym pierwsze udane zastosowanie SRP EXP, zwiększyła liczbę zapytań o ten produkt (ryc. 9).

Aussie Trenchless SRP EXP to ściśle dopasowany, spiralny, żebrowany system reliningowy PVC do renowacji okrągłych rurociągów grawitacyjnych i kanalizacji deszczowej. System jest dostępny w szeregu różnych profili do rehabilitacji przewodów o średnicach od DN 150 do



Ryc. 9. Profil SRP EXP E9-085-6 nawinięty na bęben



Ryc. 10. Profil SRP EXP nawinięty na otwór



Ryc. 11. Profil SRP EXP zainstalowany w przewodzie

DN 1200 (ryc. 10). W 2017 r. firma Aussie Trenchless wysłała do Ameryki Południowej 15 tys. m SRP EXP, gdzie system profili E9-085-6 jest obecnie wykorzystywany do rehabilitacji sieci kanalizacyjnych o rozmiarach od DN 300 do DN 400.

Popyt na niezawodne systemy do bezwykopowej rehabilitacji istniejących sieci będzie ciągle rosnąć, ponieważ rurociągi się starzeją i ich stan ulega pogorszeniu. Ponadto rozwiązania bezwykopowe oceniane są jako opłacalne i niezakłócające ruchu drogowego.

Spiralny system wykładzinowy EXP SRP jest szybki i efektywny, a co najważniejsze – może być instalowany w warunkach czynnego przepływu, przez co nie ma konieczności wykonywania obejścia dla przepływu ścieków (ryc. 11).

4.2.2. Największa realizacja w zakresie napraw punktowych w Australii

Wiodący australijski wykonawca, ITS PipeTech, otrzymał zadanie wykonania rehabilitacji siedmiu odcinków przewodu kanalizacji deszczowej o średnicy DN 1500 w Nowej Południowej Walii w Australii (ryc. 12).

Będący zleceniodawcą samorząd lokalny wymagał od ITS PipeTech opłacalnego, bezwykopowego rozwiązania do naprawy rurociągu DN 1500. Duże wymagania dotyczące projektu skłoniły firmę do skontaktowania się ze swoim europejskim partnerem i dostawcą, firmą Bodenbender, w celu sprowadzenia urządzenia zdolnego do wykonania tego zadania. Na teren budowy został dostarczony packer, na obwód którego zakłada się nasączoną żywicą wykładzinę. Po konsultacjach firmy ITS PipeTech i Bodenbender przedstawili władzom lokalnym rozwiązanie rehabilitacji przemieszczeń wzdłużnych wewnątrz przewodu przez naprawy punktowe za pomocą packera.

W rozwiązaniu ITS PipeTech zalecono, aby liner był instalowany tylko na siedmiu odcinkach rurociągu, gdzie odnotowano poważne usterki. Pozwoliło to firmie naprawić co najmniej trzy razy więcej uszkodzeń w ramach tego samego

budżetu w porównaniu z innymi metodami naprawy.

Przy realizacji projektu korzystano z m.in. robotów inspekcyjnych oraz kamery CCTV. Średnica rurociągu wymagającego rehabilitacji wahała się od DN 375 do DN 1500. Przewód znajdował się w pobliżu obszaru mieszkalnego, w otoczeniu sklepów i szkół, co oznaczało, że tradycyjne sposoby odnowy spowodowałyby poważne zakłócenia w ruchu drogowym, a także znaczny hałas.

Przed przystąpieniem do bezwykopowej rehabilitacji przewód został poddany wysokociśnieniowemu czyszczeniu w celu usunięcia osadu oraz innych zanieczyszczeń mogących spowodować pogorszenie przyczepności lineru do przewodu. Po oczyszczeniu przewodu oraz przeprowadzeniu inspekcji za pomocą kamery sześciuosobowa załoga firmy przygotowała włókno szklane i wymaganą ilość żywicy przed dalszym jej instalowaniem oraz napełnieniem. Następnie wykładzinę pozostawiono do utwardzenia w rurociągu przez kilka godzin (ryc. 13).

Prace zostały wykonane w cztery dni. Dzięki zastosowaniu technologii bezwykopowej projekt nie spowodował żadnych zakłóceń w środowisku. Wszystkie prace zajmowały niewiele miejsca, zaledwie 10 m², a odpady materiałowe zostały zutyliczowane w ciągu kilku minut.

5. Przegląd nowoczesnych rozwiązań w zakresie innowacyjnych urządzeń i technologii stosowanych w bezwykopowej odnowie oraz inspekcji przewodów podziemnych

5.1. Picote Solutions wprowadza na rynek nowy produkt

Firma Picote Solutions wprowadziła na rynek nowy produkt, Picote Cannon, który upraszcza instalację wykładziny w technologii CIPP (utwardzanie na miejscu budowy) o mniejszej średnicy (ryc. 14). Cannon jest przezroczystym, lekkim narzędziem, zaprojektowanym tak, aby zajmował mniej miejsca i był ła-

twiejszy w obsłudze. Dostępny w oryginalnym rozmiarze, a także w wersji Cannon Mini dla ciasnych przestrzeni i krótkich linerów, wykorzystuje system szybkiej blokady do instalowania linerów o średnicy od DN 50 do DN 100 z zestawem obejmującym wiele głowic inwersyjnych i systemem Fast Cap do pokrywania instalacji o różnej średnicy. Systemy są zbudowane z wytrzymałego poliwęglanu i aluminium i bezpieczne w użyciu z dwoma niezależnymi systemami tworzenia ciśnienia o maksymalnym ciśnieniu roboczym 2 b. W celu monitorowania procesu instalacji istnieje możliwość zainstalowania na urządzeniu Cannon kamery CCTV.

Powodem zaprojektowania urządzenia Cannon był fakt, że zwykłe bębny okładzinowe są duże i ciężkie, nawet jeśli mowa o najmniejszych, jakie są dostępne. Dzięki temu, że Cannon jest lżejszy, nie ma problemu z jego przeniesieniem między piętrami w przypadku wysokich budynków. Kolejną jego zaletą jest możliwość instalowania wykładziny również z dachu bloku mieszkalnego. Opracowanie systemu stanowi duży postęp w dziedzinie bezwykopowej renowacji przewodów instalacji wewnętrznej [2].

5.2. Produkt roku 2018 – kamera inspekcyjna Quickview airHD firmy Envirosight

Firma Envirosight otrzymała nagrodę za innowacyjny produkt roku 2018, tj. kamerę Quickview airHD 2.0. do inspekcji przewodów kanalizacyjnych (ryc. 15). Nagroda ta jest przyznawana przez magazyn „Environmental Protection” i ma na celu uhonorowanie innowacyjnych producentów, których produkty ułatwiły pracę specjalistom ds. środowiska. W 2018 r. konkurs miał rekordową liczbę zgłoszeń, a Quickview był jednym z najwyższej ocenionych produktów [11].

Kamera inspekcyjna Quickview oferuje operatorom natychmiastowy podgląd w każdym kanale w wersji bezprzewodowej. Elementy sterujące ekranu dotykowego i wideo w technologii HD



Ryc. 12. Widok na przemieszczenie wewnątrz przewodu wymagającego rehabilitacji o średnicy DN 1500



Ryc. 13. Pracownik firmy ITS PipeTech we wnętrzu odnowionego przewodu



Ryc. 14. Nowy produkt Picote Cannon firmy Picote Solutions



Ryc. 15. Kamera Quickview airHD firmy Envirosight

umożliwiają szczegółowy widok na system kanalizacyjny [11].

Ulepszona wersja Quickview airHD 2.0 stawia na łatwość użytkowania i dostępność dzięki następującym funkcjom [11]: rozszerzonej możliwości Wi-Fi, łączności w chmurze, występowaniu narzędzi do pomiaru odległości.

Zasada działania systemu opiera się na zastosowaniu optyki o dużej mocy, dzięki której możliwe jest uzyskanie przejrzystego obrazu wewnątrz kanałów sanitarnych, studzienek kanalizacyjnych, kanałów deszczowych, przepustów i innych. Urządzenie umożliwia inspekcję nawet w sytuacjach awaryjnych, unikając komplikacji związanych z ograniczoną przestrzenią wejścia do kanału. Za pomocą Quickview można otrzymać szybką ocenę stanu przewodu, który np. już uległ pogorszeniu, a dostęp z powierzchni jest korzystniejszy niż wprowadzenie do wnętrza przewodu robota inspekcyjnego [11].

6. Wybrane firmy promujące się na łamach czasopisma „Trenchless International”

6.1. Herrenknecht

Firma Herrenknecht jest wiodącym dostawcą całościowych rozwiązań technicznych w technologii mikrotunelowania. Oferuje realizację prac w szerokim zakresie średnic oraz w różnych warunkach geologicznych. W swojej ofercie posiada urządzenia stosowane w technologii HDD, które są wytrzymałe, łatwe w utrzymaniu i obsłudze.

6.2. Aries Industries

Firma Aries Industries jest wiodącym producentem systemów kanalizacyjnych i inspekcyjnych. Zapewnia swoim klientom znacznie więcej niż produkty, bo również technologię i usługi. Systemy inspekcji i renowacji firmy Aries są wykorzystywane przez wykonawców i pracowników komunalnych na całym świecie. Te wydajne produkty obejmują systemy kontroli wideo do oceny linii głównych i urządzeń tnących do frezowania i bocznego przywracania.

Kamery i systemy wideo Aries mogą skutecznie sprawdzać studnie i inne odwierty, identyfikując problemy, zanim staną się poważniejsze. Kamery mogą pracować na głębokości do 5000 stóp (1525 m), uzyskując obrazy o bardzo dobrej jakości [5].

6.3. Picote Solutions

Firma Picote Solutions to globalny innowator i producent narzędzi bezwykopowych. Jako wykonawca dąży do rozwoju branży bezwykopowej przez innowacje i edukację. Posiada globalny zespół sprzedaży, marketingu, produkcji, eksportu, szkoleń i wsparcia technicznego, z obiektami w Finlandii, Wielkiej Brytanii i USA. Doświadczenie zespołu CIPP Lining Team w Finlandii umożliwia testowanie nowych produktów na stanowiskach pracy przed wprowadzeniem na rynek międzynarodowy. Produkty Picote Solutions są dostępne za pośrednictwem międzynarodowej sieci dystrybutorów [6].

6.4. Prime Drilling

Prime Drilling to firma założona w Niemczech w 1999 r., posiada liczne zespoły projektantów, przedstawicieli handlowych oraz dużą załogę produkcyjną. Firma jest znana na świecie z ciągłych innowacji w technologiach HDD. Wykorzystuje materiały najwyższej jakości do budowy łatwych w utrzymaniu i niezawodnych urządzeń wiertniczych. Produkuje wiertnice i komponenty HDD, specjalizuje się w pompach, akcesoriach i częściach zamiennych [7].

6.5. Tracto-Technik

Niemiecka firma Tracto-Technik ma oddziały na całym świecie. Zajmuje się dostarczaniem najnowszej generacji technologii dla technik bezwykopowych. W Polsce Tracto-Technik oferuje dostawę urządzeń przeciskowych, wiertnic HDD, urządzeń do krakingu oraz wiertnic dla geotermii.

6.6. ITS PipeTech

Firma ITS PipeTech posiada biura w Sydney, Brisbane i Perth, zapewniając innowacyjne rozwiązania w zakresie rehabilitacji przewodów dla branży wodno-

ściekowej oraz rynków przemysłowych. ITS z powodzeniem realizuje duże projekty i prace konserwacyjne we wszystkich stanach i regionach Australii [9].

6.7. Envirosight

Firma Envirosight zajmuje się diagnostyką sieci infrastruktury podziemnej przy użyciu inspekcji CCTV. W swojej szerokiej ofercie ma sprzęt inspekcyjny, pojazdy transportowe, kamery CCTV, jak również oprogramowanie niezbędne do analizy danych otrzymanych podczas inspekcji.

6.8. Rädlinger Primus Line

Firma Rädlinger Primus Line została założona w 2001 r. w Niemczech. Wykorzystuje technologię Primus Line – bezwykopowej rehabilitacji przewodów wodociągowych w zakresie średnic od DN 150 do DN 500. System ten bazuje na elastycznej wykładzinie pod wysokim ciśnieniem. Korzyści wynikające z zastosowania tej technologii to m.in. długość wbudowania do 2500 m, szybka rehabilitacja przewodów, tempo prac wynoszące 400 m/h, ochrona antykorozyjna, zajmowanie niewielkiego miejsca na placu budowy oraz znikomy wpływ na środowisko.

Literatura

- [1] „Trenchless International” 2018 (Summer), No. 40.
- [2] www.trenchlessinternational.com
- [3] www.vinci.com
- [4] www.trenchless-australasia.com
- [5] www.international.ariesindustries.com
- [6] www.picotesolutions.com
- [7] www.prime-drilling.de
- [8] www.trenchlessasia.com
- [9] www.itspipetech.com.au
- [10] www.nodigdownunder.com
- [11] www.macqueeneq.com/quickview-airhd/
- [12] www.herrenknecht.com/en/references/referencesdetail/follo-line
- [13] www.bi-medien.de/artikel-26124-ub-en-twaesserungskanal-herrenknecht.bi
- [14] <https://tunneltalk.com/Norway-04Mar2015-TBM-tunnel-contract-award-for-Oslo-Ski-Follo-Railway-Line.php>

