

# TECHNOLOGIE BEZWYKOPOWE

## na sześciu kontynentach, cz. 16



tekst: **mgr inż. DONATA WTOREK, dr inż. KAMIL MOGIELSKI**,  
Politechnika Świętokrzyska

W cyklu *Technologie bezwykopowe na sześciu kontynentach*, przygotowywanym we współpracy z Polską Fundacją Techniki Bezwykopowych, zrzeszoną w Międzynarodowym Stowarzyszeniu Techniki Bezwykopowych, prezentujemy zakres tematyki, jaka została przedstawiona w 33. numerze czasopisma „Trenchless International”.

### 1. Konferencje

Jednym z najważniejszych wydarzeń w branży technologii bezwykopowych jest bez wątpienia konferencja *International No-Dig*. Jest ona organizowana corocznie i za każdym razem odbywa się w innym miejscu na świecie. Jej organizatorami są Międzynarodowe Stowarzyszenie Technologii Bezwykopowych (ISTT) i członek tego stowarzyszenia działający na terenie kraju, w którym konferencja ma miejsce. Edycja roku 2016 odbyła się 10–12 października w Pekinie, a jej gospodarzem było Chińskie Stowarzyszenie Techniki Bezwykopowych (CSTT).

Konferencja była znakomitą okazją do nawiązania kontaktów z reprezentantami ośrodków naukowych zajmujących się problematyką technologii bezwykopowych, jak również z przedstawicielami firm z tej branży. W programie konferencji nie zabrakło polskich akcentów. Podczas posiedzenia członków zarządu ISTT zostało przedstawione sprawozdanie z działalności Polskiej Fundacji Techniki Bezwykopowych (PFTT) za rok 2015. Podczas konferencji sekretarz zarządu ds. krajowych Fundacji, mgr inż. Joanna Mazur, wygłosiła referat *Crack and deformation of concrete sewer pipes as a criterion for their prioritization in trenchless rehabilitation* (Pęknięcia i deformacje betonowych rur kanalizacyjnych jako kryterium planowania ich bezwykopowej rehabilitacji), który został opracowany wspólnie z prof. dr. hab. inż. Andrzejem Kuliczkowskim i dr hab. inż. Emilią Kuliczkową z Politechniki Świętokrzyskiej.

### 2. Nowoczesny system kanalizacyjny w Singapurze

Podjęto przygotowania do realizacji drugiego etapu inwestycji polegającej na budowie systemu kanalizacyjnego w Singapurze. System ten będzie się składał m.in. z głęboko posadowionych tuneli, pełniących rolę kolektorów do przesyłania ścieków.

Singapur jest jednym z najbardziej zaludnionych rejonów świata. W tym niewielkim, położonym na wyspie państwie-mieście, o powierzchni niewiele większej od Warszawy, żyje więcej

ludzi niż w całym województwie mazowieckim. Nic dziwnego, że każdy metr sześcienny wody, jak również ar powierzchni są tam na wagę złota.

W pierwszej fazie projektu, ukończonej w 2008 r., wybudowano 48 km tuneli, które transportują nieczystości do dwóch stacji oczyszczania ścieków i odzyskiwania wody: Kranji i Changi. Wraz z nimi zostały wybudowane pięciokilometrowe kolektory odprowadzające ścieki do oceanu oraz sieć kanałów doprowadzających ścieki do tuneli o łącznej długości 60 km (ryc. 1). Koszty budowy tego etapu projektu wyniosły 2,5 mld USD.

#### SYSTEM GŁĘBOKO POSADOWIONYCH TUNELI DO PRZESYŁANIA ŚCIEKÓW, KTÓRE ZOSTAŁY WYBUDOWANE W PIERWSZYM ETAPIE I SĄ PLANOWANE W DRUGIM ETAPIE PRAC

- TUNELE DO PRZESYŁU ŚCIEKÓW BYTOWO - GOSPODARZYCH PROJEKTOWANE W ETAPIE DRUGIM
- TUNELE DO PRZESYŁU ŚCIEKÓW PRZEMYSŁOWYCH PROJEKTOWANE W ETAPIE DRUGIM
- TUNELE DO PRZESYŁU ŚCIEKÓW WYBUDOWANE W ETAPIE PIERWSZYM
- 1 SYSTEM PRZESYŁOWY
- 2 STACJA OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW I ODZYSKIWANIA WODY TŁAS POŁĄCZONA ZE ZINTEGROWANYM ZAKŁADEM NEWATER
- 3 ZINTEGROWANE CENTRUM ZARZĄDZANIA SYSTEMEM KANALIZACYJNYM



Ryc. 1. Przebieg wybudowanych i planowanych tuneli do przesyłania ścieków w Singapurze [2]

Nowoczesna oczyszczalnia ścieków Changi ma przepustowość 800 tys. m<sup>3</sup>/d, co odpowiada objętości 320 basenów olimpijskich. Oczyszczone ścieki, nazywane NEWater, są kierowane do oceanu lub do drugiej części zakładu, w której dokonuje

się odzysku wody ze ścieków, co umożliwia ponowne ich wykorzystanie.

W ramach realizacji drugiego etapu inwestycji zostaną wybudowane kolejne odcinki tuneli kanalizacyjnych w zachodniej i południowej części Singapuru. Ta część systemu składać się będzie z 40 km głębokich tuneli i kolejnych 60 km kanałów doprowadzających do nich ścieki. Wybudowana zostanie również trzecia stacja oczyszczania ścieków i odzyskiwania wody w Tuas (por. ryc. 1). Do budowy tuneli zostaną użyte urządzenia do tunelowania o średnicy od 3 do 6 m. Całkowity koszt realizacji tej części projektu jest szacowany na 4,8 mld USD.

Budowa systemu głęboko posadowionych tuneli wpisuje się w długoterminową strategię Singapuru, której celem jest zwiększenie ilości wody odzyskiwanej ze ścieków z obecnych 30% do 55% całkowitego zapotrzebowania na wodę. Dzięki zastosowaniu najnowszych technologii nowe zakłady oczyszczania i odzysku wody zajmują dużo mniejszą powierzchnię niż stare, w których stosowane są metody konwencjonalne. Dzięki temu odzyskanych zostanie ok. 50% terenów zajmowanych dotychczas przez te zakłady.

Zastosowanie technologii bezwykopowych pozwoli na minimalizację wpływu procesu budowy tuneli na ludzi i środowisko. Tunele będą prowadzone wzdłuż istniejących dróg szybkiego ruchu, dzięki czemu infrastruktura związana z ich obsługą nie będzie zajmowała cennych terenów.

### 3. Mikrotunelowanie w hrabstwie Erie w stanie Pensylwania w USA

Przedsiębiorstwo kanalizacyjne w hrabstwie Erie powierzyło firmie Case Boring Corporation budowę odcinka kanału o długości 110 m. Inwestycja ta była częścią większego projektu, którego realizacja umożliwiła likwidację przepompowni ścieków. Została ona zastąpiona mniej kosztownym w eksploatacji kanałem grawitacyjnym.

Kanał o średnicy 53 cm został ułożony w rurze osłonowej o średnicy 91 cm. Maksymalna głębokość jego posadowienia to 7 m. Średnio dobowo wbudowywano 7,5 m rurociągu, maksymalnie zaś 9 m. Kanał był budowany w litej skale, w której występowały przestrzenie wypełnione siarkowodorem. Z tego względu nie było możliwe wchodzenie do wnętrza urządzenia podczas wykonywania przewiertu. Co



Ryc. 2. Realizacja inwestycji miała bardzo mały wpływ na otoczenie [2]

więcej, trasa przewiertu przebiegała pod i w pobliżu budynków mieszkalnych. Budowa kanału w wykopie była zatem wykluczona.

Do wykonania przewiertu wykorzystano urządzenie do tunelowania SBU-RC firmy Robbins. Zastosowanie zabudowanego na ciężarówce podciśnieniowego systemu usuwania urobku w miejsce systemu płuczkowego pozwoliło ograniczyć obszar, na którym prowadzone były prace (ryc. 2). Ograniczono także hałas, co nie było bez znaczenia, ponieważ prace na powierzchni odbywały się dosłownie w przydomowych ogródkach. Prace zostały zakończone trzy tygodnie przed zaplanowanym terminem. Odchylenie od ustalonej trasy wyniosło w poziomie 20 cm, natomiast w pionie 2,5 cm, co w tak trudnych warunkach terenowych zostało uznane za duży sukces.

### 4. Na chwilę przed katastrofą

Winnipeg jest stolicą leżącej w środkowej Kanadzie prowincji Manitoba. Miasto to zostało założone w drugiej połowie XIX w. i obecnie liczy ponad 730 tys. mieszkańców. Oczywiście jest, że w mieście tak dużym i starym sieć kanalizacyjna częściowo składa się z wielkowymiarowych kanałów ceglanych i betonowych, które zostały wybudowane przy użyciu metod górniczych. Wśród tych kanałów znajdują się dwa ogólnospławne kolektory o przekroju jajowym, ułożone pod al. Selkirk i ul. Mission. Pierwszy z nich jest kanałem murowanym o wymiarach przekroju  $H = 2030$  mm,  $W = 1630$  mm i ma długość 135 m. Drugi o wymiarach przekroju  $H = 2980$  mm,  $W = 1980$  mm jest wykonany z betonu i ma długość 50 m. Kanały te były oddane do użytku jeszcze w XIX w., więc nie zaskakuje fakt, że nosiły one wyraźne ślady zużycia. W szczególności dotyczyło to kanału leżącego pod al. Selkirk, w którego wierzchołku widoczne były wklęsnięcia. Tak zły stan techniczny wymagał wykonania ich rekonstrukcji.

W fazie koncepcyjnej projektu rozważano zastosowanie następujących technologii rekonstrukcyjnych: utwardzanych powłok żywicznych (CIPP), modułów z polimeru wzmocnionego włóknom szklanym (GRP) oraz powłok z PVC z profili spiralnie zwijanych. Podczas wyboru technologii brano pod uwagę takie czynniki, jak możliwości jej zastosowania, lokalizację obiektów, stan techniczny kanału oraz ryzyko wystąpienia awarii. Ostatecznie podjęto decyzję o zastosowaniu modułów GRP, których kształt przekroju został indywidualnie dopasowany do każdego z kanałów.

Przed przystąpieniem do produkcji modułów przez oba kanały zostały przeciągnięte próbniki kształtu. Dzięki temu upewniono się, że wykonane na zamówienie moduły będą mogły być przeciągnięte przez całą długość kanałów. Montaż modułów wymagał wykonania dwóch wykopów punktowych. Po ciśnieniowym oczyszczeniu kanałów umieszczono na ich dnach stalowe prowadnice, które miały za zadanie ułatwić wciągnięcie paneli na właściwe miejsce.

Po rozpoczęciu wprowadzania modułów do wnętrza kanału pod al. Selkirk okazało się, że ok. 15 m od wykopu odcinek kanału osiadł w ciągu sześciu miesięcy o ok. 70 mm. Montaż wyprodukowanych już modułów GRP był przez to niemożliwy. Spowodowało to również potencjalnie duże zagrożenie dla osób przebywających we wnętrzu kanału, ponieważ tak duże odkształcenie powstałe w tak krótkim czasie świadczyło o tym, że może dojść do katastrofy kanalizacyjnej. Wykonanie punktowego



wykopu w celu wymiany feralnego odcinka nie było możliwe z uwagi na obecność w pobliżu kabli wysokiego napięcia. Wykonawcy projektu zdecydowali o tymczasowym montażu zastrzałów podpierających zdeformowany wierzchołek. Następnie wzmocniono grunt nad kanałem przez wykonanie pali w technologii iniekcji strumieniowej. Takie wzmocnienie gruntu pozwoliło na bezpieczne usunięcie tymczasowych zastrzałów oraz rozebranie fragmentu wierzchołka kanału. Miejsce to zostało wzmocnione przy użyciu technologii natrysku zbrojonego siatką stalową. W ten sposób został przywrócony pierwotny kształt przekroju kanału. Po wprowadzeniu do jego wnętrza wszystkich modułów szczelina pierścieniowa została wypełniona iniektem. Dzięki przeprowadzeniu rekonstrukcji ponad stuletnich kanałów ich przewidywany czas użytkowania został przedłużony o kolejnych 50 lat.

## 5. Trzydzieści lat postępu w technologiach bezwykopowych

Technologie bezwykopowe pojawiły się na szeroką skalę ok. 30 lat temu. Wówczas na pierwszej konferencji połączonej z wystawą *No-Dig 1985*, która odbyła się w Londynie, zostało zaprezentowanych kilka z nich. Od tego czasu obserwujemy stały rozwój i udoskonalanie tych metod.

Przez wiele lat jedynym dostępnym narzędziem do lokalizowania przewodów podziemnych był wykrywacz elektromagnetyczny. Jego podstawową wadą była możliwość wykrycia jedynie przewodów metalowych. Wady tej był pozbawiony opracowany w późniejszych latach georadar (ang. GPR) [1]. Pomimo niezaprzeczalnych zalet, proces ustalania przebiegu infrastruktury podziemnej był nadal bardzo powolny z uwagi na to, że operator musiał podążać wzdłuż trasy przebiegu przewodu. Ulepszanie georadarów, w tym umożliwienie cyfrowej obróbki danych i połączenie ich z systemem nawigacji satelitarnej (ang. GPS), umożliwiło montowanie georadarów na przyczepach. Za pomocą takiego systemu możliwe jest wykonanie w ciągu jednego dnia dokładnej mapy infrastruktury podziemnej na odcinku o długości nawet 50 km. Kiedy dodamy do tego technologię modelowania informacji o budynku (ang. BIM), to otrzymamy narzędzie do sporządzania dokładnych map topograficznych, które można skopiować np. do tabletu i dosłownie zobaczyć w terenie, co dokładnie znajduje się pod naszymi stopami.

Innym sposobem na zobaczenie tego, czego nie widać, jest stosowanie identyfikatorów radiowych. Urządzenie to jest umieszczane w gruncie wraz z wbudowywanym elementem infrastruktury. Jest ono wyposażone w chip, na którym zapisane są informacje dotyczące danego elementu, np. jego rozmiar, materiał, dokładną lokalizację czy datę budowy. Informacje te można odczytać zdalnie. Za pomocą chipów można również uniknąć uszkodzenia infrastruktury podczas wykonywania wykopów w jej sąsiedztwie. W tym celu należy wyposażyć koparki w ich wykrywacz.

Technologie bezwykopowe są również przydatne podczas wykonywania inspekcji infrastruktury podziemnej. Początkowo dostępna była jedynie stosunkowo prosta metoda inspekcji telewizyjnej (ang. CCTV). Z czasem pojazdy jeżdżące i pływające w kanałach były wyposażane w coraz bardziej zaawansowane urządzenia pomiarowe, np. czujniki gazu, sonary czy laserowe systemy pomiarowe.

Mimo że technologie, o których można tu przeczytać, są *no men omen* bezwykopowe, czasem potrzeba wykonać niewielki

wykop, aby uzyskać dostęp do wnętrza podziemnego przewodu. Pomocne mogą okazać się technologie, dzięki którym prace ziemne są ograniczane do minimum. Jeśli przewód, do którego chcemy się dostać, znajduje się pod asfaltową drogą, fragment jej nawierzchni można usunąć za pomocą wycinarki okręgów do asfaltu. Następnie zasypkę gruntową można usunąć przy minimalnym wpływie na otoczenie i sąsiadującą infrastrukturę, używając koparki podciśnieniowej. Po wykonaniu niezbędnych czynności pod ziemią usunięty grunt i fragment nawierzchni wracają na swoje miejsce.

W przypadku rozwoju technologii bezwykopowej budowy najbardziej innowacyjnymi rozwiązaniami są urządzenia łączące w sobie różne techniki oraz narzędzia wielofunkcyjne. Przykładowo, technologia mikrotunelowania z wierceniem pilotażowym (ang. PTMT) jest połączeniem przewiertu sterowanego (ang. HDD) i przecisku hydraulicznego. Przy użyciu jednego urządzenia możliwe jest również wykonanie przewodów w technologiach wiercenia kierunkowego, HDD i pipeburstingu.

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

### 6.1. ProKASRO

Firma ProKASRO posiada w swojej ofercie wielozadaniowego robota kanalizacyjnego smART (ryc. 3). Jego niewielkie wymiary (610 x 82 mm) umożliwiają stosowanie go nawet w przewodach o średnicy 100 mm. Sprawia to, że jest on dedykowany szczególnie do prac inspekcyjnych i naprawczych przeprowadzanych w przyłączach kanalizacyjnych. Robot jest wpychany do wnętrza kanału przy użyciu sztywnego kabla, do którego jest podłączony. Jego głowica jest wyposażona w trzy kamery, dzięki którym widoczny jest cały obwód przewodu poddawanego inspekcji. Za pomocą głowicy frezującej i tnącej można usunąć wrosnięte korzenie czy osady oraz otworzyć przykanalik po jego rehabilitacji



Ryc. 3. Robot kanalizacyjny firmy ProKASRO [5]

metodą CIPP. Urządzenie jest przenośne i może być obsługiwane przez jedną osobę. Można go używać w miejscach niedostępnych dla pojazdów inspekcyjnych.

### 6.2. Branderburger

Firma Branderburger specjalizuje się w produkcji materiałów kompozytowych. Podstawowym przedmiotem działalności firmy jest wytwarzanie powłok rehabilitacyjnych typu CIPP. Bezszwowe powłoki po nasączeniu w fabryce żywicą są utwardzane promieniami UV. Pojedynczy odcinek powłoki o dowolnej średnicy może mieć długość nawet 300 m. Jedynym ograniczeniem jest waga powłoki, która może osiągnąć maksymalnie 70 t. Firma zajmuje się także produkcją powłok do rehabilitacji studzienek oraz przewodów ciśnieniowych. Dostępne są również produkty, dzięki którym możliwe jest odzyskiwanie ciepła z przepływających ścieków (ryc. 4).



Ryc. 4. Powłoka Branderburger Liner z systemem do odzyskiwania ciepła odpadowego ze ścieków [4]

### 6.3. American Augers

Firma American Augers wypuściła na rynek nowy system do oczyszczania płynów wiertniczych o nazwie M-200D. Może być

używany z wiertnicami o maksymalnej sile ciągu do 450 kN. Wszystkie elementy urządzenia zostały zamknięte w kompaktowej obudowie (ryc. 5). Dzięki temu jest łatwe do czyszczenia, utrzymania i transportu. Zostało wyposażone w pofalowane sito, którego powierzchnia jest ponad dwukrotnie większa od sita płaskiego. Dlatego w początkowym etapie oczyszczania płynu wiertniczego usuwanych jest więcej zwiercin. Wydajność urządzenia to ponad 750 dm<sup>3</sup>/min, a po oczyszczeniu ilość zwiercin w płuczkę jest zredukowana do ok. 0,25%. Taka skuteczność urządzenia przekłada się na dużo większą skuteczność recykulowanej płuczki i mniejsze zużycie urządzeń wiertniczych.

### Literatura



Ryc. 5. System do oczyszczania płynów wiertniczych M-200D [3]

- [1] *Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska*. Red. nauk. A. Kulickowski. Wydawnictwo Seidel – Przywecki. Warszawa 2010.
- [2] „Trenchless International” 2016, Issue 33.
- [3] [www.americanaugers.com](http://www.americanaugers.com) (dostęp 24 stycznia 2017 r.).
- [4] [www.brandenburger-liner.com](http://www.brandenburger-liner.com) (dostęp 23 stycznia 2017 r.).
- [5] [www.prokasro.de](http://www.prokasro.de) (dostęp 23 stycznia 2017 r.).



**Zostań członkiem wspierającym Polską Fundację Technik Bezwykopowych**



Polska Fundacja Technik Bezwykopowych zaprasza firmy, przedsiębiorstwa, a także osoby indywidualne do włączenia się w działalność Fundacji oraz finansowe wsparcie jej działalności. Szczegóły dotyczące członkostwa oraz formularz zgłoszenia są dostępne na stronie w zakładce Członkowie Wspierający PFTT.

[www.pftt.pl](http://www.pftt.pl)

tel. kom.: +48 600 328 459

e-mail: [akulicz@tu.kielce.pl](mailto:akulicz@tu.kielce.pl)

