



Mikrotuneling na budowie „Czajki”

■ **Bernarda Ambroża-Urbane**k, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

„Czajka” jest największą europejską inwestycją z zakresu rozbudowy i modernizacji oczyszczalni ścieków. Nic więc dziwnego, że projektowi poświęcono wiele uwagi w programach telewizyjnych, publikacjach prasowych i dyskusjach. Budowa stała się niemal medialnym wydarzeniem. Pod koniec września br. odbyła się też specjalna konferencja na ten temat.

Przez dwa dni – 28 i 29 września 2010 r. – podczas konferencji naukowo-technicznej *Technologie bezwykopowe w służbie aglomeracji i ekologii* (Warszawa, hotel Sheraton) naukowcy i praktycy dyskutowali o najważniejszych zagadnieniach dla branży wodno-kanalizacyjnej i drogownictwa. Tematem wiodących referatów była rozbudowa sieci dosyłowych do Oczyszczalni Ścieków „Czajka” w Warszawie. Konferencję zorganizowali: inwestor, czyli MPWiK w m. st. Warszawie SA, wykonawcy projektu – PBG SA, Hydrobudowa 9 SA, PRG „Metro” Sp. z o.o., KWG SA oraz główny dostawca materiałów – firma Hobas System Polska Sp. z o.o.. W tym wyjątkowym dla branży wydarzeniu wzięli udział przedstawiciele środowiska naukowego, m.in. Cezary Madryas z Politechniki Wrocławskiej, Adam Wysokowski z Uniwersytetu Zielonogórskiego, Ziemowit Suligowski z Politechniki Gdańskiej. Licznie reprezentowane były biura projektowe, inwestorzy, firmy wykonawcze. W konferencji udział wzięli również goście z Białorusi, Bułgarii, Litwy i Niemiec.

Rozpoczęto od wprowadzenia uczestników i gości konferencji w problematykę inwestycji rozbudowy i modernizacji OŚ „Czajka”. Dzień upłynął pod znakiem dyskusji i prezentacji, stanowiąc swego rodzaju kompleksowe podsumowanie działań związanych z zakończeniem pierwszego, a zarazem najtrudniejszego etapu budowy. Prelegenci przedstawili społeczne, techniczne, ekonomiczne oraz środowiskowe aspekty zastosowania poszczególnych technologii w projekcie. Organizatorzy zadbali o multimedialny charakter wydarzenia. Po raz pierwszy, właśnie podczas pierwszego dnia konferencji, zaprezentowano film z realizacji budowy kolektorów dosyłowych do oczyszczalni, nakręcony przez spółki bezpośrednio zaangażowane w jego budowę – Hydrobudowę 9, PRG „Metro” i Hobas. Pokaz cieszył się ogromnym zainteresowaniem. Ponadto omawiano istotne dla branży technologie bezwykopowe, takie jak podstawy projektowania mikrotuneli, budowa i renowacja kolektorów dużych średnic metodami bezwykopowymi, aspekty ekonomiczne robót mikrotunelowych i robót w wykopie otwartym, projekty mikrotunelowe i renowacyjne w Rosji i na Białorusi, zaopatrzenie w wodę i oczyszczanie ścieków w Warszawie, aspekty techniczne i ekonomiczne budowy kolektorów dosyłowych do oczyszczalni „Czajka”, pierwsza w Polsce realizacja tunelu tarczą TBM pod Wisłą.

Drugiego dnia konferencji gości czekała niespodzianka, a mianowicie wizyta w samym sercu inwestycji, czyli na budowie kolektorów dosyłowych do „Czajki”. Uczestnicy mieli możliwość bezpośredniego zapoznania się z technologią mikrotunelingu, a nawet praktycznego sprawdzenia wykonania odcinka prac, przechodząc nowo wybudowanym odcinkiem tunelu pod ul. Modlińską. Każdy mógł przekonać się, jak wygląda z bliska pod-



Otwarcie konferencji



Sala obrad w hotelu Sheraton

ziemny tunel o średnicy 3 m. Do budowy kolektora o tak imponującej średnicy zastosowano technologię mikrotunelowania. Długość pojedynczego odcinka, realizowanego z użyciem rur GRP, osiągnęła rekordową długość 930 m. Skala – nie zawsze uświadamiana podczas prezentacji projektu – robiła wrażenie.

Budowa kolektora

„Czajka” usytuowana jest w prawobrzeżnej części Warszawy. By mogła oczyszczać ścieki z całej Warszawy, trzeba zbudować układ przesyłowy dla ścieków z lewego brzegu stolicy. Oczyszczalnia od początku powstania w latach 90. obsługiwała jedynie rejon prawobrzeżnej Warszawy oraz okolicznych gmin: Legionowa i Ząbek, części Marek, Jabłonnej i Zielonek. Długość obecnie realizowanego odcinka kolektora (od oczyszczalni do zbiegu ulic Myślibskiej i Świderskiej) wynosi 5714 m. Umowa na ten etap została podpisana w kwietniu ub.r., a wartość kontraktu wynosi brutto: 64 379 400,37 €. Planowany, drugi etap budowy kolektorów dosyłowych polega na wykonaniu 2,5-kilometrowego odcinka rurociągu z lewego na prawy brzeg, aż do oczyszczalni. Jego ponad 600-metrowy odcinek przeprowadzony będzie pod dnem Wisły.

Przedsięwzięcie podzielono na dwa etapy. Pierwszy obejmuje budowę układu przesyłowego ścieków z Warszawy lewobrzeżnej do OŚ „Czajka”, drugim jest wykonanie kolektorów lewobrzeżnych wraz z obiektami kubaturowymi i siecią krzyżującą się z Trasą mostu Północnego w rejonie węzła Marymoncka z komorami kaskadową i połączeniową w rejonie ul. Farysa. Realizacja etapu budowy układu przesyłowego wraz z kolektorem, choć stanowi element większej całości, ze względu na swoje rekordowe parametry zasługuje na szczególną uwagę. Budowany kolektor jest niewątpliwie największą inwestycją z zakresu robót mikrotunelowych zrealizowanych dotychczas w Polsce. Nowatorska jest

Bezwykopowa budowa kolektora dosyłowego do oczyszczalni „Czajka” metodą mikrotunelowania o średnicy 3000 mm, opisana już szczegółowo w wielu krajowych czasopismach, to światowy rekord, który w listopadzie br. zostanie przez mgr inż. Annę Parkę, sekretarza prezesa Polskiej Fundacji Techniki Bezwykopowych, zaprezentowany na ogólnoswiatowej konferencji bezwykopowej NO-DIG 2010 w Singapurze.

Rozwiązanie to zostało nagrodzone statuetką Ekspert 2010 na międzynarodowej konferencji bezwykopowej NO-DIG 2010 odbywającej się

w Kielcach, o czym m.in. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” poinformowało czytelników w numerze 4 i 5. Rekordy zdarzają się rzadko, dlatego ten warszawski rekord, będący polskim sukcesem na arenie międzynarodowej, Polska Fundacja Techniki Bezwykopowych zamierza spopularyzować w najbliższym czasie także w innych krajach. Wkrótce publikacja *The World Record in Microtunnelling Using Hobas Pipes Da 3000 mm in Warsaw, Poland*, napisana przez nas wspólnie z pracownikami firmy Hobas, ukaże się w czasopiśmie technicznym m.in. w Rosji, na Ukrainie oraz w Indiach.

Syfon dosyłowy do OŚ „Czajka” zalicza się do grupy obiektów nazywanych tunelami wieloprzewodowymi. Problematyce tuneli wieloprzewodowych poświęcona jest książka autorstwa Andrzeja Kuliczковского i Cezarego Madryasa *Tunele wieloprzewodowe*, która ukazała się nakładem Politechniki Świętokrzyskiej (Kielce 2002). Zachęcam do jej przeczytania, ponieważ tunele wieloprzewodowe stanowią interesującą alternatywę dla powszechnie stosowanego w naszym kraju rozwiązania, polegającego na oddzielnym układaniu przewodów w gruncie. Ułożenie przewodów infrastruktury podziemnej w jednej obudowie ułatwia ich eksploatację i w przyszłości wymianę, pozostawiając pod pasmem ulicznym wiele miejsca na inne instalacje. Syfon dosyłowy w zakresie zaproponowanego rozwiązania jest podobny do rozwiązań opisanych przeze mnie w tegorocznym, styczniowym numerze miesięcznika „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” *Współczesne tunele wieloprzewodowe budowane metodami bezwykopowymi*. Warto stosować takie rozwiązania.

prof. dr hab. inż. Andrzej Kuliczkowski,
prezes zarządu Polskiej Fundacji Techniki Bezwykopowych

tu zarówno metoda przeprowadzenia tunelu pod dnem rzeki – z zastosowaniem tarczy TBM – jak i średnica zastosowanych do budowy metodą mikrotunelowania rur przeciskowych CC-GRP 3000 – rekordowe trzy metry! Od początku więc projekt ten stawiał przed wykonawcą konieczność ustanawiania krajowych rekordów w zakresie prowadzenia robót mikrotunelowych.

Znawcy tematu wiedzą, że trudności i problemy techniczne rosną wprost proporcjonalnie do średnicy zewnętrznej rurociągu. Przekłada się to bowiem np. na ilość odbieranego urobku z 1 m.b., ciężar głowic i rurociągów transferowych czy też na objętość płuczki wiertniczej. Założona w projekcie średnica rurociągu jest więc nie tylko śmiałym pomysłem, co prawdziwym wyzwaniem. Niewątpliwie wykonanie w zakładanej technologii najdłuższego w Polsce (wspomniane 930 m) odcinka kolektora nie było zadaniem łatwym, zwłaszcza że miał on przebiegać w osi jezdni w ul. Modlińskiej, jednej z najbardziej ruchliwych tras w Warszawie. Budowę samego kolektora podzielono na 16 odcinków o długości od 96 m do 913 m, w tym pięć z nich miało długość powyżej 500 m. Dla potrzeb tej budowy wykonanych zostało również 57 szybów technologicznych, w tym 10 szybów startowych i osiem szybów końcowych. Pozostałe to szyby technologiczne, służące do montażu studni rewizyjnych. Kolektor został zainstalowany na głębokości od 8 do 14 m. Rurociąg zaprojektowano z rur z żywic poliestrowych o sztywności SN 40 000, SN 50 000 i SN 64 000. Dopuszczalne siły pchnięcia to odpowiednio 1637, 1796 i 1997 t.



Miejsce wykonania mikrotunelingu



Wizualizacja mikrotunelingu

Całość budowy tego niespełna sześciokilometrowego odcinka kolektora ma zamknąć się w ciągu 15 miesięcy. Ze względu na konieczność zastosowania wyjątkowych środków, do realizacji budowy tunelu zaangażowano również wyjątkowe urządzenia – najnowsze osiągnięcia techniczne w dziedzinie mikrotunelingu. Przy budowie pracować będą dwie najnowszej generacji maszyny mikrotunelowe AVND2000AB i AVND2400AB, których dostawcą jest firma Herrenknecht AG.

Syfon dosyłowy do oczyszczalni

Układ przesyłowy ścieków z lewobrzeżnej Warszawy do oczyszczalni „Czajka” zaprojektowano jako układ grawitacyjny. Składają się na niego następujące elementy:

- Kolektory ogólnospławne o średnicy 2800 mm na terenie prawobrzeżnej Warszawy w dzielnicy Białołęka do OŚ „Czajka” oraz kolektory o średnicy 1400 mm przebieg rezerwowych do pompowni Żerań i Nowodwory.
- Kolektory ogólnospławne DA 2160 x 82 mm jako przedłużenia syfonu do układu kolektorów \varnothing 2800 po stronie praskiej. Syfon pod Wisłą, zlokalizowany po południowej stronie projektowanego mostu Północnego, składa się z komory wejściowej

syfonu na terenie lewobrzeżnej Warszawy przy projektowanym przedłużeniu ul. Farysa w dzielnicy Bielany, przejścia pod Wisłą 2 x DN 1600, L = 1300 m w tunelu średnicy wewnętrznej \varnothing_w 4,5 m, komory wyjściowej syfonu z komorami zasuw, rozprężną i połączeniową na terenie prawobrzeżnej Warszawy, przy ul. Świderskiej w dzielnicy Białołęka.

- Kolektor zrzutowy \varnothing 2800 do Wisły z komorami pomiarową i kaskadową oraz komorą połączeniową na wylocie do Wisły kolektora Burakowskiego.
 - Pompownia „Farysa” wraz z kanałem ogólnospławnym \varnothing 800 i rurociągami tłocznymi.
 - Kolektory dopływowe i zbiorcze \varnothing 2800 mm i \varnothing 2000 mm z istniejącego kolektora Burakowskiego, przewidywanego kolektora Burakowskiego Bis i kanału z Huty Lucchini.
- Poza kolektorem, kluczowym elementem tego systemu jest syfon. Jego przewidywana przepustowość zakłada możliwość przyjęcia średnio na dobę 245 400 m³ ścieków z lewobrzeżnej Warszawy (dane dla 2010 r.). Ilość ścieków i wód deszczowych przesyłanych syfonem z lewego brzegu stolicy (dwoma nitkami syfonu) wyniesie ok. 8,50 m³/s, natomiast maksymalne godzinne natężenie przepływu podczas opadów przez jedną nitkę syfonu

5,425 m³/s. Komora wejściowa syfonu („Farysa”) ma 1288,48 m² powierzchni użytkowej, z czego część nadziemna zajmuje 391,30 m², natomiast pod ziemią zabudowane jest 897,18 m². Po stronie wyjściowej (przy ul. Świderskiej) część nadziemna zajmuje 131,09 m², a podziemna 372,89 m².

Tunel pod Wisłą

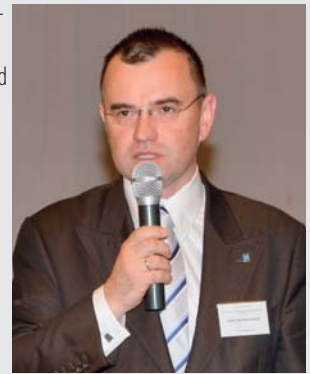
Pomiędzy dwoma komorami – wejściową oraz końcową komorą syfonu, stanowiącą docelowy szyb odbiorczy – projekt zakłada zbudowanie, na odcinku o długości 1304,77 m, tunelu kołowego o średnicy wewnętrznej 4,50 m. Od komory startowej w kierunku komory odbiorczej będzie on miał 1‰ wzniesienia na odcinku L1 = 639,84 m, a następnie na długości L2 = 120,08 m nachylenie będzie wzrastało aż do 13,2‰, osiągając wartość 26,4‰ na odcinku L3 = 540,13 m (długości w rzucie profilu). Na trasie tunelu przewidziano jeden łuk wzniosu o promieniu $R_{wzn} = 150\,000$ m na odcinku 120,08 m i dwa łuki poziome o promieniu $R_{poz} = 2500$ m i $R_{poz} = 500$ m o długościach odpowiednio 115,06 m i 87,19 m. Przy przejściu z odcinka prostego do łuku przewiduje się zastosowanie na odcinku 20 m krzywych przejściowych (klotoidy). Tunel dosyłowy do „Czajki”, przebiegający pod dnem Wisły, będzie drążony tarczą TBM. Liczba poszczególnych segmentów w pierścieniu wyniesie 5 + 1, natomiast długość każdego pierścienia to 1,2 m.

Technologia mikrotunelu

Mikrotuneling jako metoda budowy instalacji rurociągowych została opracowana i rozwinięta w USA i Japonii. W Polsce wciąż jest uważana za technologię stosunkowo nową. Po raz pierwszy wprowadzono ją w Polsce pod koniec XX w. Niewątpliwie jej zalety szybko zjedną tej metodzie również polskich inżynierów i projektantów. Z pewnością przewyższa tradycyjne techniki – technologie bezwykopowe powodują stosunkowo niewielkie utrudnienia na trasie budowy, umożliwiając tym samym utrzymanie ciągłego ruchu drogowego. To szczególnie istotne w przypadku inwestycji tunelowych w ruchliwych aglomeracjach miejskich. Ponadto, w przeciwieństwie do metod konwencjonalnych, mikrotuneling jest przyjazny dla środowiska i pomaga zachować nienaruszone tereny krajobrazowe. To niezaprzeczalne korzyści. Chcąc sprostać wymaganiom i nowoczesnym trendom w dziedzinie podziemnej i bezkolizyjnej instalacji rur, stosuje się właśnie mikrotuneling. Budowa rurociągu odbywa się w tym przypadku nie tylko bezwykopowo, ale też jest całkowicie zdalnie sterowana z powierzchni przez operatora korzystającego z komputerowego systemu kontroli przebiegu przewiertu.

Na początku powstaje komora startowa i komora odbiorcza. Później montuje się sprzęt do mikrotunelingu, na który składa się kontener sterowniczy, stacja wpychająca rury, system smarowania, system płuczki z pompami, urządzenie zasilające oraz głowica urabiająca. Wszystko to zostaje podłączone za pomocą kabli i przewodów, a głowica urabiająca jest wprowadzana w grunt przez siłowniki hydrauliczne. Urobek powstający wskutek pracy głowicy mieszany jest z płuczką i transportowany na powierzchnię za pomocą systemu przewodów. Za głowicą na łożu układane są rury, popychane następnie przez hydrauliczne siłowniki przesuwają ją coraz dalej w grunt, tworząc gotowy rurociąg. Kierunek i osiowość zachowywane są dzięki systemowi laserowej kontroli drążenia, której obraz za pomocą kamery przenoszony jest na monitor operatora systemu. Sterowanie głowicą z powierzchni zapewnia dużą precyzję drążenia. W celu zredukowania oporu powstającego podczas wciskania rur ciecz

Gotowość wyprodukowania i dostarczenia odpowiednich rur do budowy kolektora została przez nas potwierdzona jeszcze na etapie przetargu. Od strony produkcyjnej było to dla nas wyzwaniem, ale nie stanowiło problemu, gdyż mieliśmy już wcześniej do czynienia z podobnymi zleceniami, choć nie na potrzeby budownictwa tunelowego. W tym przypadku ponadtrzymetrowa średnica rury stanowiła raczej wyzwanie logistyczne – jeden metr rury waży przeszło 2 t, a cała ciężarówka prawie 30 t. Udało się jednak przetransportować poszczególne elementy ciągnikami siodłowymi (TIR-ami). Dodatkowo dostosowaliśmy tempo produkcji do rzeczywistych potrzeb, aby zniwelować problem magazynowania tak gabarytowego produktu. Ogółem dostarczyliśmy na potrzeby tej inwestycji ok. 8 km rur wielkośrednicowych.



Lech Skomorowski, Hobas System Polska

Jestem pod wrażeniem konferencji *Technologie bezwykopowe w służbie aglomeracji i ekologii*. Spotkała się ona z nadzwyczaj dużym zainteresowaniem ze strony specjalistów. Zostałem zaproszony do wygłoszenia referatu *Technologie odprowadzania wód deszczowych z dróg publicznych, mostów oraz wiaduktów*. Dopiero jednak wysłuchanie wszystkich referatów problemowych, prezentowanych przez uczestników procesu inwestycyjnego (inwestora, projektantów, wykonawców, nadzorujących), dało mi wyobrażenie o ogromie przedmiotowej inwestycji.



Na tej budowie padają europejskie i światowe rekordy. Dla mnie jako mostowca, o czym miałem okazję wspomnieć w czasie obrad, imponujące jest, że obok mostu Północnego przez Wisłę budowany jest szyb przepompowni o głębokości ponad 40 m pod ziemią wraz z syfonem pod Wisłą, z którego to faktu mało który warszawianin zdaje sobie sprawę. Ponadto powstaje pod miastem siedmiokilometrowej długości kolektor (od centrum Warszawy do modernizowanej oczyszczalni zlokalizowanej w północnej części) o rekordowej w skali świata średnicy 3 m, wykonywany również metodą bezwykopową z materiałów CC-GRP. By zrozumieć, jak nowatorskie i ważne są to prace, wystarczy wyobrazić sobie rozkopane centrum Warszawy na długości ponad 7 km. Technologie bezwykopowe są stosowane w coraz szerszym zakresie tak pod względem liczby, jak i wielkości inwestycji. Również przy budowie nowych przepustów i przejść dla zwierząt są coraz szerzej stosowane na kolei i w drogownictwie.

Słowa uznania należą się wszystkim organizatorom konferencji za profesjonalne przygotowanie interesującej części merytorycznej, a także wizji lokalnej na budowie. Każdy z uczestników miał wtedy okazję zobaczyć skalę tej inwestycji, wysoką jakość i precyzję wykonywanych prac. Wydarzenie to pozostanie na długo w pamięci, a zapewne niebawem wykorzystam te doświadczenia w swojej działalności dydaktycznej na Uniwersytecie Zielonogórskim.

prof. UZ dr hab. inż. Adam Wysokowski

smarująca wstrzykiwana jest między rury a grunt. Po dojściu maszyny do komory odbiorczej głowica jest wyjmowana, sprzęt w komorze startowej demontowany, a same komory likwidowane. W ich miejscu pojawiają się studnie technologiczne.

KONSULTACJA MERYTORYCZNA:

PROF. DR HAB. INŻ. ANDRZEJ KULICZKOWSKI

WSPÓŁPRACA ORAZ ZDJĘCIA: HYDROBUDOWA 9 SA,
PRZEDSIĘBIORSTWO ROBÓT GÓRNICZYCH „METRO” SP. Z O.O.,

HOBAS SYSTEM POLSKA SP. Z O.O.

WIZUALIZACJA: WWW.KOLEKTORCZAJKA.PL