

RYS. 1. Plac zagospodarowania budowy

Planowanie i realizacja projektów HDD

CZĘŚĆ II: PODSTAWOWE ZASADY, ETAPY PRAC, WARUNKI STOSOWANIA TECHNIKI

47 lat temu zrealizowane zostało pierwsze wiertnicze przekroczenie rzeki Pajaro w okolicach Watsonville w Kalifornii. Do tego celu wykorzystano technikę zbliżoną w swej idei do współczesnego HDD. Zainstalowano wówczas 4-calowy stalowy gazociąg na dystansie 180 m. W krótkim czasie technika HDD na tyle ewoluowała, że zrewolucjonizowała rynek budowy rurociągów tak, iż żadna wcześniejsza ani żadna później wdrożona innowacja w zakresie instalacji przewodów podziemnych nie może się z nią równać



Robert Osikowicz

(ur. 1966), absolwent Wydziału Wiertnictwa Nafty i Gazu AGH w Krakowie. Zajmuje się technologią wiercenia otworów kierunkowych i praktycznymi aplikacjami płynów wiertniczych w otworach różnego przeznaczenia. Jest autorem szeregu publikacji dotyczących konfiguracji sprzętu, optymalizacji techniki wiercenia, analiz rynku technologii bezwykopowych, zarządzania jakością i ryzykiem w działaniach wiertniczych, tworzenia harmonogramów i budżetów projektów. Od 2009 r. pracuje dla firmy Robert Osikowicz Engineering. Firma jest członkiem branżowej organizacji wiertniczej Drilling Contractors Association (DCA-Europe).

Historia techniki HDD – kamienie milowe

Kierunkowe wiercenia horyzontalne (ang. *Horizontal Directional Drilling*, HDD) są obecnie podstawową i jedną z najbardziej popularnych bezwykopowych metod budowy instalacji podziemnych. Jak każda ze stosowanych technik, ma swoją ciekawą historię. 47 lat temu firma Titan Contractors, należąca do Martina Cherringtona, zrealizowała pierwsze wiertnicze przekroczenie rzeki Pajaro w okolicach Watsonville w Kalifornii, wykorzystując technikę zbliżoną w swej idei do współczesnego HDD. Firma zainstalowała w ten sposób 4-calowy stalowy gazociąg dla spółki energetycznej Pacific Gas and Electric Company. Wiarygodne źródła wskazują na dystans 180 m. Inwestor przedsięwzięcia nie miał pewności, czy wiercenie pod dnem rzeki zostanie pomyślnie ukończone. Projekt bowiem nie miał precedensu. Cherrington zaadaptował do prac wiertniczych urządzenie o umiarkowanych gabarytach i masie oraz niewielkiej zainstalowanej mocy. Na prostej ramie o konstrukcji szkieletowej zamontowano napęd do manipulowania przewodem. Zrealizowanie prac zajęło wykonawcy około miesiąca. Jak wspomina wynalazca HDD, posiłkowano się wieloma pomysłami znanymi z wierceń głębokich.

Kilka lat później na rynku amerykańskim pojawiły się pełnowymiarowe urządzenia wykorzystujące przewód wiertniczy z sektora naftowego. Otwory osiągały długości przekraczające 500 m. Szacuje się, że tylko firma Martina Cherringtona wykonała do 1979 r. blisko 40 instalacji. Za najbardziej spektakularną uchodzi przekroczenie kanału żeglownego w Houston dla posadowienia pod jego dnem rurociągu stalowego o średnicy 40" (1016 mm).

Technika HDD zrewolucjonizowała rynek budowy rurociągów tak, że żadna wcześniejsza ani żadna później wdrożona innowacja nie może się z nią równać. Pomysły, patenty i inne zastrzeżone rozwiązania techniczne Cherringtona pozwoliły uznać *River Crossing* już we wczesnym okresie rozwoju za bardzo perspektywiczną metodę. Wykop otwarty zyskał wówczas realną alternatywę.

Nie mamy pewności, kiedy termin HDD (*Horizontal Directional Drilling*) został przypisany technice wdrożonej przez Cherringtona. Wszystko wskazuje jednak na to, iż w 1984 r., kiedy w Sacramento powstała firma Cherring-

ton Corp., określenie HDD już funkcjonowało i było rozpoznawalne. W drugiej połowie lat 80. XX w. uformowała się czołówka północno-amerykańskiego wiertnictwa kierunkowego: Berco, Laney, Michels, Mears, Canadian Horizontal Drilling.

Pierwsze instalacje miały miejsce w terenach niezabudowanych, jednak wraz ze wzrostem projektów na obszarach miejskich pojawił się problem bezpiecznego i precyzyjnego nawigowania w pobliżu funkcjonujących już instalacji. Pod koniec lat 80. firma Tensor wdrożyła prace nad wynalezieniem wgłębno-magnetycznego narzędzia pomiarowego, które, jak się okazało, było punktem zwrotnym w modernizacji branży. Dzięki wytworzeniu w powierzchniowej pętli sztucznego pola magnetycznego sonda pomiarowa mogła zostać z dużą precyzją zlokalizowana. Po raz pierwszy wykonawcy mogli zweryfikować położenie narzędzia wierzącego i na bieżąco korygować dane uzyskane z geometrycznych kalkulacji. Wiercenie z możliwością ciągłego pomiaru azymutu i inklinacji otworzyło dla HDD nowe perspektywy i poszerzyło znacząco zakres stosowania. Inwestorzy zaczęli dostrzegać także środowiskowe walory technologii. Już wówczas zauważono, że negatywny wpływ metody HDD na środowisko naturalne okazał się znacząco niższy niż w przypadku metod konwencjonalnych. Podstawowa aplikacja HDD, jaką było początkowo przekraczanie rzek, została poszerzona o instalacje wykonywane pod jeziorami i sztucznymi zbiornikami wodnymi, terenami niedostępnymi, a także o wiercenia prowadzone na styku morza i lądu (linia brzegowa).

Od połowy lat 80. bezwykopowe projekty wiertnicze tego typu realizowano również w Europie, w Holandii (1984), Niemczech (1986), Wielkiej Brytanii (1987), Francji (1989) i w końcu także w Polsce (1991). W tej dekadzie powstały istotne dla rozwoju branży firmy (lub specjalistyczne dywizje w spółkach rurociągowych), w tym Visser & Smit Hanab, Horizontal Drilling International, Nacap oraz LMR Drilling. Dysponowały one w owym czasie pełnowymiarowymi urządzeniami wiertniczymi (*maxi rig*). Na przełomie lat 80. i 90. pojawili się także pierwsi producenci urządzeń wiertniczych mini i midi (do 500 kN siły ciągnięcia): Tracto-Technik, Vermeer, Ditch Witch. To oni wkrótce wypełnili rynek tysiącami wiertnic mobilnych i kompaktowych, służących głów-

nie do instalacji rurociągów z tworzyw sztucznych na dystansie zwykle nieprzekraczającym 500 m.

We wczesnych latach 80. wykorzystywany sprzęt nie był specjalnie zaprojektowany na potrzeby nowej technologii. Raczej był adaptacją znanych dotąd rozwiązań. Jednak już pod koniec tej dekady sytuacja uległa znaczącej zmianie. Pojawił się pierwszy specjalistyczny producent skupiający swoje wysiłki na branży HDD i adresujący do niej swoje produkty oraz rozwiązania technologiczne. Powstawały wiertnice kierunkowe o sile ciągnięcia i pchania do około 2500 kN, wysokim, jak na tamte czasy, momencie obrotowym, przewodzie wiertniczym o naftowych rozmiarach oraz narzędzia do poszerzania otworów do średnic sięgających 60" (1524 mm). Zmieniała się skala realizowanych projektów. Na początku lat 90. każdy otwór o długości przekraczającej 1000 m był odnotowywany z uwagą, niezależnie od instalowanej średnicy rurociągu. Po kolejnych 10 latach projekty o tej skali traktowane są już jako standardowe. Firmy zaczęły masowo instalować rurociągi o dużych średnicach, to jest powyżej 40". Pojawiły się skomplikowane projekty morskie (*outfalls*, *landfalls*), jak również projekty wykorzystujące dwa urządzenia wiertnicze i metodę Intersect. Znaczącemu poszerzeniu uległ zakres akceptowanych warunków geologicznych, w których technika HDD mogła zostać wykorzystana. Kiedyś skalne wiercenie było limitowane do skał o wytrzymałości na ściskanie nieprzekraczającej 100 MPa. Obecnie znanych jest wiele ukończonych projektów przeprowadzonych w ekstremalnie trudno zwiercalnych i abrazyjnych formacjach.

Poza aspektami technicznymi zmieniały się także zasady wyłaniania wykonawców robót oraz zasady zawierania umów i podziału ryzyka. W przeszłości (20 lat temu) firmy zawierały w swojej ofercie także negatywne scenariusze dla projektu. Obecnie, kiedy decydującą rolę odgrywa cena, firmy wyceniają na ogół wariant optymistyczny (co najwyżej neutralny). Bliskie relacje inwestora i wykonawcy robót wiertniczych były korzystne dla obydwu stron. W czasach, kiedy wiedza o HDD była relatywnie skromna i rozproszona, dawało to szansę na wzajemne wsparcie i edukację wszystkich stron procesu inwestycyjnego. Obecnie coraz większą rolę w obszarze technologii odgrywają konsultanci, firmy doradcze i serwisowe.

To one skutecznie aplikują nowe technologie, sprzęt i osprzęt wiertniczy. Doświadczenie spółek serwisowych i zakumulowana wiedza praktyczna w spółkach wiertniczych pozwalają im na realizację coraz to bardziej złożonych przedsięwzięć. Rośnie przy tym świadomość konieczności prawidłowego rozpoznania warunków geologicznych i rola wstępnego etapu inwestycji związanego ze szczegółowym (czasami także wariantowym) planowaniem prac wiertniczych. Przez ponad 40 lat technika HDD w bezprecedensowy sposób ewoluowała, modernizując się, wypracowując wysokie standardy techniczne i znacząco poszerzając zakres swojego stosowania. W tab. 2 wskazano na ponad 100 przełomowych zdarzeń i projektów, które są dowodem na to, że technika HDD zasługuje na miano najistotniejszej bezwykopowej metody budowy podziemnych instalacji.

Standardowe etapy projektu wiertniczego

Niezależnie od skali przedsięwzięcia, w procesie HDD wyróżniamy kilka etapów. Niektóre z nich można pod pewnymi warunkami łączyć lub też pominąć. Wśród wyróżnionych faz znajdują się zarówno czynności przygotowawcze (planowanie, mobilizacja, finalizacja, demobilizacja, analiza powykonawcza), jak i czynności wykonywane w obszarze otworu wiertniczego (wiercenie pilotowe, zapuszczanie/wyciąganie casingu, poszerzanie otworu, marsze kontrolne, instalacja rurociągu). W dalszej części artykułu scharakteryzowane zostaną krótko poszczególne wyodrębnione etapy projektu.

Planowanie (analiza wstępna) – etap niezbędny dla zrozumienia przyjętych do realizacji zadań i wypracowania rozwiązań technologicznych. W ramach analizy wykonalności wybiera się najkorzystniejszą wersję trajektorii, sekwencję procedur technicznych, selekcjonuje się sprzęt i osprzęt wiertniczy niezbędny do wykonania zlecenia, opracowuje się harmonogram prac wiertniczych, szacuje się koszty, poziom ryzyka, przyjmuje się kryteria, według których spółka wiertnicza oceniać będzie skuteczność prowadzonych działań. Wykonawca robót wiertniczych powinien posiadać opracowany plan zagospodarowania placu maszynowego (*rig side*) i rurociągowego (*pipe side*).

Przygotowanie placu budowy

Pierwszym etapem w działaniach polowych jest przygotowanie placów budowy po stronie maszynowej i rurociągowej o adekwatnym do skali projektu rozmiarze. Ich lokalizacja nie powinna negatywnie wpływać na środowisko ani wywoływać konfliktów społecznych. Należy pamiętać, że normą jest prowadzenie robót wiertniczych w trybie ciągłym. Rekomendowane jest określenie potencjalnego oddziaływania wobec mieszkańców najbliższych położonych domów. W przypadku przekroczenia norm hałasu należy ustawić ekrany akustyczne lub też zrezygnować z operacji wiertniczych w porze nocnej. Zorganizowanie terenu budowy dla aplikacji wiertniczych przebiega na podstawie planu wykonalności. W ramach przygotowanej dokumentacji należy wskazać ponadto funkcjonujące drogi dojazdowe lub wytyczyć i zbudować tymczasowe szlaki komunikacyjne o wymaganej jakości. Place maszynowe w razie potrzeby należy utwardzić, odwodnić, wyłożyć płytami betonowymi lub stalowymi. Na terenie placu wiertni powstaną zbiorniki ziemne, służące do deponowania urobku i szlamu wiertniczego, które należy ogrodzić i odpowiednio oznakować. Obowiązkiem wykonawcy jest respektowanie obowiązujących przepisów, norm technicznych i podstawowych zasad BHP. Osoby odpowiedzialne za bezpieczeństwo (lekarz, pogotowie, lokalny szpital, straż poż., policja) powinny zostać wcześniej zlokalizowane, a informacja o nich powinna być umieszczona na tablicy informacyjnej.

Z kolei plac montażowy powinien uwzględnić całkowitą długość zespawanego (zgrzanego) pasa rur, który będzie instalowany w otworze. Ponadto trzeba dokonać jego oceny pod względem ukształtowania terenu oraz np. konieczności wycinki drzew czy występowania istniejącej infrastruktury (np. słupów energetycznych).

Mobilizacja sprzętu, materiałów eksploatacyjnych i personelu – etap związany z dostarczeniem na miejsce budowy wymaganego kontraktem sprzętu wiertniczego, systemów płuczkowych, przewodu wiertniczego, wyposażenia wgłębnego. Sprzęt wiertniczy zostanie dostarczony transportem kołowym. W zależności od klasy projektu i ilości zmobilizowanego sprzętu wymagane będzie dostarczenie i rozładowanie od jednego do kilkunastu cięż-

kich transportów na etapie mobilizacji oraz licznych transportów dostarczających materiały pędne i eksploatacyjne (np. materiały płuczkowe). Zakres wyselekcjonowanych urządzeń może się zmieniać w trakcie działań wiertniczych i należy go dostosować do nieco odmiennych wymagań każdego z etapów procesu. Spółka wiertnicza mobilizuje na miejsce projektu kompletną i dobrze wyszkoloną załogę wiertniczą. W razie potrzeby należy zlecić część prac specjalistycznych firmom serwisowym. Rekomenduje się utrzymywanie bezpiecznego zapasu materiałów eksploatacyjnych.

Konstrukcja otworu – istnieją dwa warianty postępowania: prowadzenie całości robót wiertniczych w niezarurowanym otworze lub zabezpieczenie wybranych sekcji otworu stalowymi rurami okładzinowymi. W praktyce stosuje się casingi docelowe o średnicy większej od średnicy największego zaplanowanego w programie narzędzia lub casingi tymczasowe, służące do zabudowania newralgicznych sekcji otworu na czas wiercenia otworu pilotowego. Celem podstawowym zainstalowania w otworze casingu jest zabezpieczenie pierwszej sekcji otworu przed deformacją, zagwarantowanie prawidłowego obiegu płuczki wiertniczej, a także poprawa jakości sterowania dolnym zestawem przewodu, poprzez efektywne obniżenie tarcia w otworze. Średnica wewnętrzna casingu powinna pozwolić na ewentualne wycofanie i zmianę narzędzia pilotowego. Zabudowa w otworze casingu wymaga zaangażowania urzędnika co najmniej klasy maxi. Wyróżnia się casingi spawane, skręcane na połączenia gwintowe lub łączone za pomocą zworników zatraskowych. Zapuszczanie casingu może odbywać się metodą wiertniczą typu wash over, kiedy to casing nakręcany jest z użyciem płuczki wiertniczej na sekcję przewodu wiertniczego. Zastosowanie może mieć również metoda wiercenia na sucho lub wbijania za pomocą urządzeń pneumatycznych.

Wiercenie pilotowe (wiercenie kierunkowe, wiercenie orientowane) – w tej fazie kształtujemy przebieg trajektorii otworu, a w konsekwencji docelowe położenie rurociągu. Z tego względu należy uznać, że jest to krytyczna faza procesu wiertniczego. Otwór wykonywany jest zgodnie z przyjętym do realizacji projektem.

Istotne odstępstwa powinny zyskać akceptację projektanta i nadzoru inwestorskiego. Uwaga ta odnosi się zwłaszcza do zmiany położenia punktów wejścia i wyjścia, zmniejszenia o ponad 20% minimalnych rekomendowanych promieni krzywizny, zmianę długości otworu o ponad 5 m, odejście lewo/prawo od planowanej osi o ponad 2 m, zmianę głębokości głębokiej sekcji otworu o ponad 5 m. Dopuszcza się odstępstwa od zaplanowanego profilu wiercenia, które wynikają z zastanych warunków geologicznych, a które nie zostały dostatecznie rozpoznane na etapie planowania przekroczenia. Technika wiertnicza wynika z posiadanego potencjału technicznego, ze szczegółowej analizy warunków geologicznych, założonej trajektorii otworu oraz doświadczenia spółki wiertniczej. W trakcie wiercenia należy monitorować i rejestrować wszystkie dostępne parametry, a w szczególności: strumień zatłaczanej do otworu płuczki, obroty narzędzia i/lub przewodu wiertniczego, ciśnienie tłoczenia płuczki, ciśnienie denne w przestrzeni pierścieniowej otworu, siłę pchania/ciągnięcia, moment obrotowy na przewodzie wiertniczym (*off bottom*) i moment obrotowy w trakcie pracy na spodzie otworu (*on bottom*). Ponadto należy rejestrować mechaniczny postęp wiercenia oraz aktualną pozycję narzędzia względem zaplanowanej trajektorii. Zmiany inklinacji i azymutu dokonywane są dzięki krzywemu łącznikowi lub asymetrycznej konstrukcji narzędzia wiertniczego.

Średnica otworu pilotowego waha się od 5" (127 mm) w przypadku małych urządzeń wiertniczych do około 20" (508 mm) w przypadku największych wiertnic HDD. W formacjach miękkich otwór wykonywany jest techniką wypłukiwania, urabiania dna otworu strumieniem płuczki. Formacje zwięzłe (ilaste o wysokim stopniu kohezji lub lite skały o znaczącej wytrzymałości mechanicznej), przewierca się przy użyciu silnika wgłębnego ze świdrem trójgryzowym. Jak już wspomniano, narzędzia stosowane do wiercenia pilotowego mają charakter asymetryczny. Asymetria (zdolność do odchylenia osi otworu) może polegać także na umieszczeniu w narzędziu dyszy kierunkowej odchylającej strugę płynu od osi wyznaczonej przez przewód wiertniczy. Przewód wiertniczy obracany jest w prawo dla zorientowania narzędzia lub dla utrzymania dotychczasowego kierunku wiercenia. Dla uzyskania zmian ką-

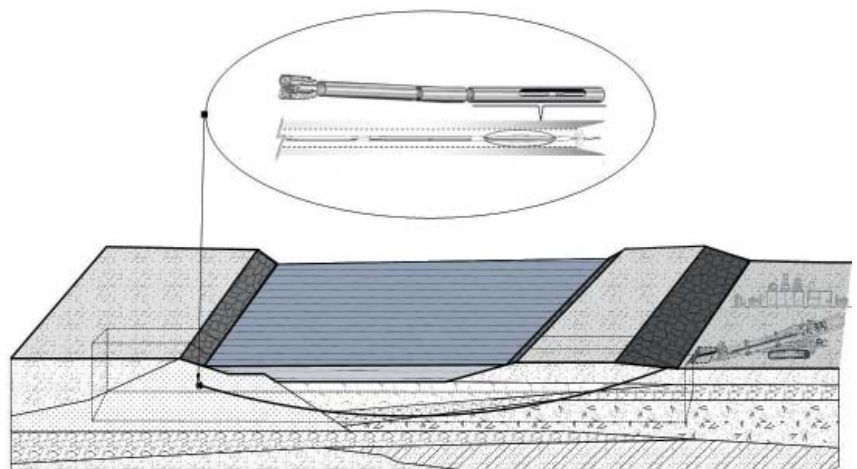
towych (zarówno w obszarze inklinacji, jak i azymutu) przewód jest wpychany w głąb otworu bez rotacji. Pozycja narzędzia pod ziemią jest określona za pomocą grupy sensorów umieszczonych w dolnej części przewodu. System nawigacji wykorzystuje pole magnetyczne i pole grawitacyjne ziemi. Sygnał z sondy pomiarowej przekazywany jest przez kabel montowany wewnątrz przewodu wiertniczego do interfejsu inżyniera prowadzącego nawigację.

Wymagana dokładność systemu nawigacji i jego podatność na zakłócenia muszą być brane pod uwagę i analizowane na etapie selekcji oraz planowania. W przypadku rurociągów z tworzyw sztucznych i rurociągów stalowych o średnicy do 12" (305 mm) dopuszcza się stosowanie radiowych systemów lokalizacji. Dla rurociągów stalowych o większych średnicach rekomenduje się stosowanie magnetycznych systemów nawigacji MGS (klasy Paratrack) lub systemu GST bazującego na żyrokompasie. System MGS dysponuje dodatkowym elektromagnetycznym układem pomiarowym w postaci pętli kablowej, dającym możliwość weryfikacji i doprecyzowania wskazań systemu wgłębnego. Należy przewidzieć w projekcie miejsce na rozłożenie pętli pomiarowej o szerokości dwukrotnej głębokości otworu, przy czym jeden z boków pętli układany jest wzdłuż osi realizowanego przekroczenia. Wybrany system nawigacji powinien umożliwić osiągnięcie punktu wyjścia z akceptowalną dokładnością, przy zachowaniu pozostałych parametrów trajektorii otworu (głębokość,

promienie krzywizny). Systemy magnetyczne i żyrokompasowe mogą być stosowane na głębokościach przekraczających nawet 100 m. Zasięg systemów radiowych ograniczony jest zwykle do około 20 m. W bardziej zaawansowanych systemach dostępne są także informacje o rzeczywistym ciśnieniu panującym na dnie otworu. Kontrola ciśnienia dennego (zarówno w warunkach dynamicznych, jak i statycznych) i porównywanie go z estymowanym ciśnieniem dopuszczalnym to jedna z podstawowych zasad, jakimi kieruje się branża wierceń kierunkowych HDD.

Metoda Intersect – jedną z technik (procedur), które nadały HDD nowy wymiar, jest instalacja typu Intersect (*Meeting in the Middle*). Dzięki niej realizuje się coraz dłuższe i bardziej złożone projekty. Metoda polega na jednoczesnym wierceniu dwóch otworów pilotowych, których trajektorie przecinają się w wyznaczonym miejscu na głębokości kilkunastu, kilkudziesięciu metrów pod ziemią. Do spotkania przewodów dochodzi najczęściej w sekcji poziomej lub sekcji o stałej inklinacji. Długość odcinka otworu, w obrębie którego dokonuje się wzajemnego naprowadzania zestawów wiertniczych, liczy na ogół kilkadziesiąt metrów. W zależności od przyjętej techniki wiercenia (*jetting drilling* lub *motor drilling*) można zastosować dwie podziemne metody naprowadzania: *rotating magnet* lub *axial magnet*.

Axial magnet jest systemem o zasięgu około 5 m, dlatego ta metoda jest wykorzystywa-



RYS. 2. Pilot

na w trybie wiercenia hydromonitorowego (*jetting assembly*). Łącznik magnetyczny jest zlokalizowany nad świdrem. Pomiar dystansu pomiędzy dolnymi zestawami możliwy jest dzięki przesuwaniu się łącznika wzdłuż równoległe umieszczonej sondy pomiarowej. Rekomendowane jest, aby pomiar był weryfikowany także przez pętlę powierzchniową.

Rotating magnet jest systemem o zasięgu do 20 m. Wykorzystywany jest przy projektach aplikujących silnik węglenny (*motor assembly*) do drążenia otworu lub też wtedy, kiedy użycie powierzchniowej pętli nad obszarem Intersect jest niemożliwe. Jest to również system, który dokonuje pomiaru w trakcie przesuwania jednego przewodu względem drugiego (*pass-by system*). W wyniku pomiaru otrzymujemy nie tylko odległość, ale też dokładne wskazania azymutu i inklinacji. Po uzyskaniu dokładnego wskazania odległości, kierunku i pochylenia, dłuższy przewód steruje w kierunku krótszego otworu, który jest dla niego celem. Po fizycznym połączeniu się otworów wykonuje się też mechaniczne sprawdzenie kontaktu dwóch świdrów. Po tym zdarzeniu krótszy przewód jest wycofywany na powierzchnię, a w jego miejsce wprowadzany jest dłuższy przewód operowany przez podstawowe urządzenie wiertnicze. Zaleca się pozostawienie niewielkiego dystansu pomiędzy świdrami w trakcie operacji zapuszczania/wyciągania, tak aby nie spowodować ryzyka utracenia (zagubienia) otworu. Ostatecznie w otworze znajduje się jeden zintegrowany przewód wiertniczy. Przechodząc do fazy poszerzania otworu, można

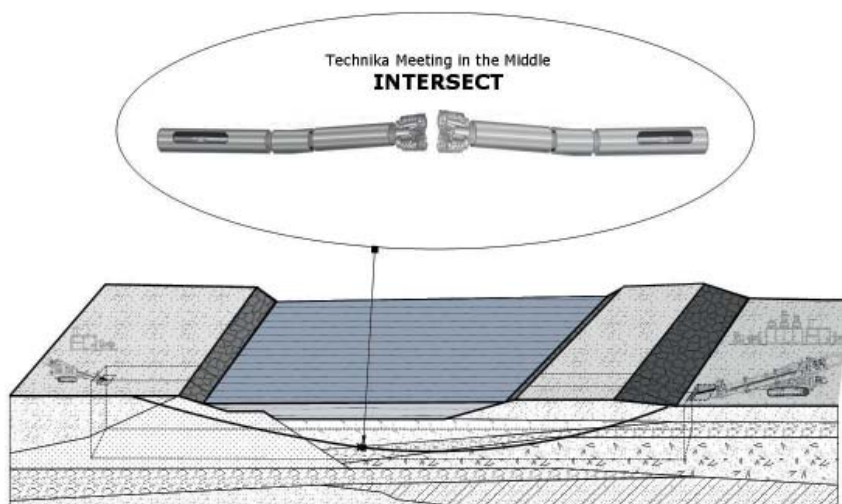
wykorzystać obydwa urządzenia, z których jedno pełni funkcję główną (ciągnie narzędzie i nadaje mu odpowiednią prędkość obrotową), a drugie spełnia funkcję pomocniczą, polegającą na dokładaniu elementów przewodu wiertniczego, napinaniu przewodu i asekuracji narzędzi.

Jak wynika z powyższej analizy, do prawidłowego zastosowania techniki HDD Intersect wymagane są: dwa urządzenia wiertnicze klasy maxi lub mega, dwa rozbudowane systemy płuczkowe, podobne średnice otworów pilotowych, system nawigacji magnetycznej Paratrack 2 lub nawigacji żyrokompasowej GST Radar, dokładna analiza geologiczna dla ustalenia optymalnego miejsca spotkania, a także wykorzystanie tymczasowego orurowania otworu (*casing*) po obydwu stronach przekroczenia.

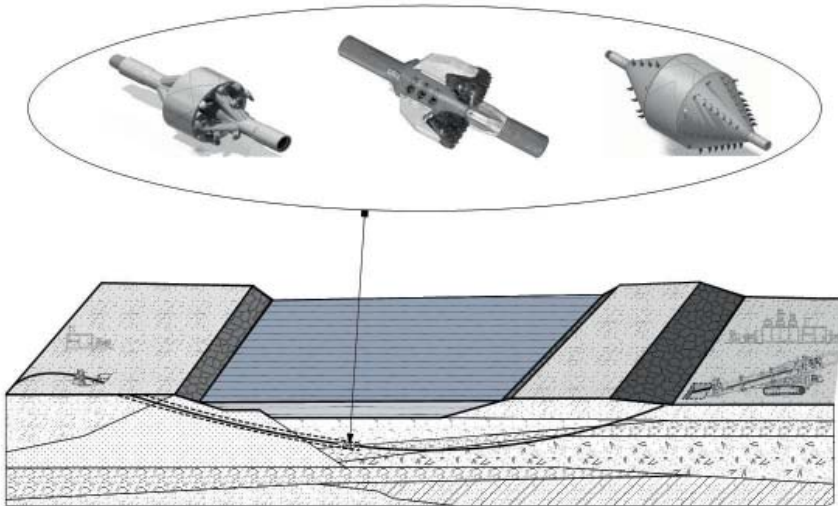
Poszerzanie otworu – etap następujący bezpośrednio po zakończeniu wiercenia pilotowego. Celem tej operacji jest osiągnięcie stabilnego otworu o średnicy większej od średnicy zaprojektowanego rurociągu. Pole przekroju poprzecznego otworu powinno przewyższać o kilkadziesiąt procent pole przekroju rury. Szczegółowe wytyczne w tym zakresie można znaleźć w wielu fachowych publikacjach. Narzędzia służące do poszerzania zastępują narzędzia pilotowe. Na tym etapie projektu przewód wiertniczy poddawany jest permanentnie prawej rotacji. Prędkość obrotowa jest uzależniona od rodzaju i średnicy zastosowanego narzędzia. Jeśli to możliwe, poszerzanie

powinno zostać wykonane w sposób konwencjonalny, to jest od punktu wyjścia w stronę wiertnicy metodą „ciągnąc” (*pull reaming*). Pod pewnymi warunkami dopuszcza się wykonanie pierwszego marszu poszerzającego w kierunku przeciwnym: od punktu wejścia do punktu wyjścia (*push reaming*). Warunkowane jest to jednak geometrią i jakością stosowanego przewodu wiertniczego oraz lokalnymi warunkami geologicznymi. Selekcja i konfiguracja narzędzi jeśli ściśle związana z typem przewiercanej formacji oraz dostępnymi parametrami systemu wiertniczego. Rekomendowane jest, aby finalna średnica otworu została osiągnięta w trakcie jak najmniejszej ilości marszy poszerzających. Narzędzia poszerzające powinny posiadać co najmniej przednią, a w pewnych sytuacjach także tylną stabilizację. Geometria (średnica, długość) i ilość centralizatorów powinna wynikać z doświadczenia spółki wiertniczej. Narzędzia wierzące należy tak skonfigurować, by były skorelowane z warunkami geologicznymi, geometrią otworu pilotowego, hydrauliką otworową i dostępnym momentem obrotowym. Podobnie zresztą, jak technika wiercenia (nacisk, obroty przewodu i strumień płuczki). Postęp wiercenia powinien pozostawać w zakresie bezpiecznym i uwzględniać dopuszczalną wartość fazy stałej w płuczce wiertniczej, przy której możliwe jest zachowanie prawidłowego obiegu płuczki w otworze. Rekomenduje się, aby na etapie poszerzania otworu utrzymywać zintegrowany przewód wiertniczy od punktu wejścia do punktu wyjścia. Nie zaleca się procedur nieprzewidujących dokręcania przewodu wiertniczego za narzędziem (grupą narzędzi). Obecność przewodu wiertniczego w całym otworze znacząco podnosi bezpieczeństwo prowadzonych prac, zwiększa skuteczność usuwania zwiercin z otworu, a także zapobiega deformacjom trajektorii.

Operacja poszerzania i czyszczenia otworu prowadzona jest do momentu uzyskania adekwatnego marginesu bezpieczeństwa dla planowanej instalacji. Co prawda, większość projektów zakłada poszerzenie otworu przed rozpoczęciem fazy instalacyjnej, jednak w przypadku nieskomplikowanych przypadków spotyka się rozwiązanie typu „poszerzaj i instaluj w jednym kroku”. Podobnie jak w fazie wiercenia pilotowego, także na etapie poszerzania otworu kluczową rolę odgrywa płyn wiertniczy. Jest nim na ogół suspensja



RYS. 3. Pilot INTERSECT



RYS. 4. Poszerzanie

wyprodukowana na bazie bentonitu, której parametry fizyczne i chemiczne powinny zostać określone w programie technologicznym. Prawidłowe zaprojektowanie i bieżący monitoring płynu wiertniczego znacząco obniża ryzyko występowania komplikacji i problemów technicznych w otworze. Do podstawowych funkcji płynu wiertniczego należą: dostarczanie mocy hydraulicznej na spód otworu, oczyszczanie czoła narzędzia, transport zwiercin, odprowadzenie ciepła, utrzymywanie tarcia w otworze na umiarkowanym poziomie. Strumień tłoczony do otworu płuczki pozostaje w ścisłej relacji do średnicy i długości otworu. Zawartość fazy stałej w szlamie wiertniczym waha się od kilku do około 20% objętościowo.

Marsz kontrolny (kalibracja otworu) – jest to marsz techniczny, w trakcie którego nie dochodzi teoretycznie do urabiania formacji. Tego typu operacje rekomendowane są bezpośrednio przed instalacją rurociągu o znaczącej średnicy (od 500 mm wzwyż). Możliwe jest również wykonywanie marszy kontrolnych pomiędzy kolejnymi etapami poszerzania otworu. Średnica baryłkowych narzędzi kalibrujących i ewentualne dystanse pomiędzy nimi są uzależnione od parametrów trajektorii otworu i typu formacji geologicznej. Marsz kalibrujący pozwala uzyskać istotne informacje o jakości otworu i jest jednym z najlepszych źródeł dla oceny jego przydatności do dalszych prac. W trakcie marszy sprawdzających jakość otworu monitoruje się moment obrotowy

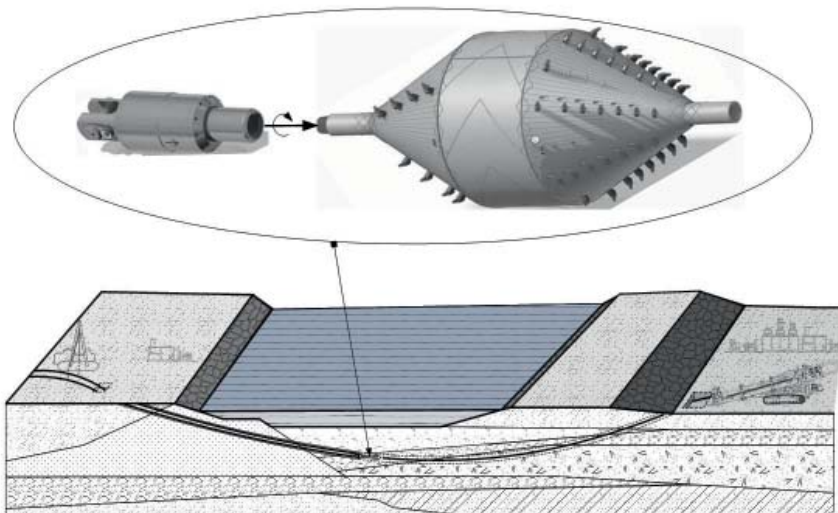
w funkcji prędkości przesuwania się narzędzi w otworze. Jako opcjonalne rozwiązanie należy wskazać na użycie basket reamerów służących do mechanicznego usuwania kamieni lub innych obiektów o znaczących rozmiarach, niekwalifikujących ich do transportu hydraulicznego.

Montaż rurociągu (wiązki rurociągów) – rurociąg powinien zostać przygotowany (o ile to możliwe) w jednym wymaganym odcinku. Prefabrykacja odbywa się po stronie punktu wyjścia (*pipe side*). Musi ona zostać ukończona przed rozpoczęciem procesu instalacji (wciągania rurociągu do otworu). W zależności od użytego materiału, rury są spawane (stal), zgrzewane (PE, specjalne odmiany PVC) lub łączone poprzez zworniki (żeliwo sferoidalne). Stalowe rurociągi przeznaczone do transportu gazu, ropy czy innych paliw ze względu na specyfikę swojego przeznaczenia wyposażone są w zewnętrzną wielowarstwową izolację oraz poddawane ustandaryzowanym próbom szczelności, wytrzymałości i testom stresowym. Jednak dominującym i najpowszechniej wykorzystywanym materiałem, z którego prefabrykuje się rurociągi dla techniki HDD, jest polietylen, co wiąże się z łatwością w jego stosowaniu oraz z relatywną odpornością na naprężenia występujące w trakcie instalacji. Rury o małych średnicach mogą być dostarczane na teren budowy w postaci kręgów, natomiast rury o większych średnicach transportowane są w odcinkach i zgrzewane bezpośrednio na miejscu realizacji projektu.

Technika zgrzewania pozwala na uzyskanie połączeń równie wytrzymałych, co calizna rury. Polietylen cechuje doskonała odporność na korozję, działanie bakterii czy oddziaływanie agresywnych substancji chemicznych. Jako materiał ośmiokrotnie lżejszy od stali nie wymaga zwykle zaangażowania ciężkiego sprzętu budowlanego, w tym zwłaszcza dźwigów bocznych stosowanych powszechnie podczas instalacji rurociągów stalowych. Parametry techniczne rurociągu, w tym materiał, grubość ścianki i typ izolacji powinny być precyzyjnie określone przez projektanta. W przypadku technologii HDD ważne jest zastosowanie rur grubościennych, wzmocnionych izolacji fabrycznych oraz dodatkowych powłok ochronnych (np. z laminatu epoksydowo-szklanego). W projekcie budowlanym powinna znaleźć się analiza złożonego stanu naprężeń, w jakim znajduje się rurociąg podczas procesu zabudowy w otworze wiertniczym.

Instalacja rurociągu – to ostatnia faza procesu konstrukcyjnego HDD. W przypadku potwierdzenia odpowiedniej do klasy projektu jakości otworu rurociąg zostaje dopuszczony do instalacji. Rurociągi stalowe i większe rurociągi z tworzywa sztucznego powinny być umieszczone na podporach (rolkach) o odpowiedniej nośności. W przypadku rurociągów stalowych zaleca się, aby sekcja wejściowa (*overbend*) została przygotowana na ruchomych zawieszach rolkowych. Na ogół wymagane jest zastosowanie od dwóch do sześciu takich zawiesi. Podtrzymywanie zawiesi w określonej pozycji należy powierzyć dźwigom o odpowiedniej sile i wysokości podnoszenia. Instalacja odbywa się na ogół w kierunku przeciwnym do kierunku wiercenia pilotowego. Znane jednak są także przypadki zapuszczania rurociągu do otworu od strony punktu wejścia, np. projekty związane z pokonywaniem linii brzegowej (projekty morskie).

Podczas tej fazy prac rurociąg jest połączony z przewodem wiertniczym za pomocą narzędzia prowadzącego oraz łącznika obrotowego. Łącznik ten – krętlik, zapobiega przenoszeniu ruchu obrotowego przewodu wiertniczego na instalowany rurociąg. Rekomenduje się, aby instalacja rurociągu odbyła się w jednym odcinku. Jeśli jednak z powodu braku wymaganej ilości miejsca na jego prefabrykację jest to niemożliwe, instalacja może odbyć się w kilku etapach. Niezbędna jest przy tym pełna kon-



RYS. 5. Instalacja

trola nad zachowaniem się rurociągu w otworze i zdolność do uruchomienia rurociągu po przerwie niezbędnej dla zesparowania (zgrzania) kolejnego odcinka rury.

Rurociąg powinien być poddany minimalnym możliwym wyężeniem dla zapewnienia bezpiecznej i długoletniej eksploatacji. Rekomendowane jest, aby dla zminimalizowania tarcia, wywołanego przez siły kontaktowe działające pomiędzy rurociągiem a ścianą otworu, wewnątrz rurociągu było balastowane płynem. Wyróżnia się przy tym balastowanie całkowite i balastowanie selektywne. W tym drugim przypadku do rurociągu podstawowego wprowadzana jest komora wypornościowa wykonana z polietylenu. Płyn balastujący wypełnia wówczas wnętrze komory wypornościowej, natomiast przestrzeń międzyrurowa pozostaje pusta. Zaleca się, aby balast wodny tłoczony był tylko do sekcji znajdującej się pod powierzchnią terenu (pod lustrem płuczki). Ilość wtłoczonej wody powinna być na bieżąco monitorowana i dostosowana do postępu instalacji. Odrębnego przygotowania wymagają instalacje rurociągów z tworzyw sztucznych o średnicach przekraczających 500 mm. Optymalnym rozwiązaniem w takim przypadku jest balastowanie rurociągu szlamem wiertniczym wypełniającym otwór. Płyn wiertniczy przedostaje się do wnętrza instalowanej rury przez otwory w niej wycięte.

Demobilizacja – są to wszystkie czynności mające przywrócić teren objęty praca-

mi konstrukcyjnymi do stanu pierwotnego. W ramach tych prac kluczowy jest demontaż zaangażowanego sprzętu wiertniczego wraz z infrastrukturą rurociągową i kablową, usunięcie czasowych konstrukcji (np. barierek) oraz utylizacja urobku i szlamu wiertniczego. W przypadku zaistnienia technicznych możliwości płuczka wiertnicza może zostać użyta w kolejnym projekcie. Zaleca się, aby wszelkie prace związane z przywróceniem terenu po inwestycji były konsultowane na bieżąco z zarządcami terenu. Drogi dojazdowe należy przywrócić do stanu pierwotnego. Właściwy stan terenu i przynależnych instalacji powinien zostać potwierdzony sporządzonym przez strony protokołem odbioru.

Finalizacja (odbioru, przekazanie instalacji) – po skutecznym zainstalowaniu rurociągu powinno nastąpić odłączenie od niego elementów przewodu wiertniczego, usunięcie z jego wnętrza płynu balastującego, ewentualnie usunięcie komór wypornościowych. Po oczyszczeniu i wysuszeniu podziemnej instalacji rurociąg poddawany jest wymaganym testom, w tym m.in. badaniu jakości izolacji (rezystancji) czy badaniu szczelności. Spółka wiertnicza przekazuje swojemu klientowi dokumentację powykonawczą przeprowadzonych robót, w tym rysunki potwierdzające przebieg instalacji. Następnie zostają podpisane niezbędne i wymagane kontraktem protokoły odbioru. Odbiór techniczny polega na sprawdzeniu zgodności wykonanych prac z umową. Jest

przeprowadzany przez wykonawcę i zamawiającego po zakończeniu prac oraz wykonaniu wymaganych lub niezbędnych pomiarów, prób i badań.

Analiza postprojektowa

Projekty realizowane metodą HDD to w znacznym stopniu złożone i niepowtarzalne przedsięwzięcia. Zarządzanie nimi w sposób profesjonalny i zgodny z zasadami sztuki inżynierskiej staje się więc koniecznością. Wraz z ukończeniem kolejnego projektu powinny wzrastać zasoby doświadczeń zgromadzone w firmie wiertniczej. Byłby to stan idealny. Niestety, znaczna część zgromadzonych informacji i danych ulega rozproszeniu po zakończeniu zadania i nie jest w praktyce wykorzystywana w przyszłych projektach. Szwankuje tutaj przede wszystkim metoda archiwizowania danych i przygotowywania raportów końcowych, podsumowujących w sposób syntetyczny całość przeprowadzonych działań. Większość firm nie ma opracowanej strategii postępowania wobec gromadzonych w wyniku działań nad projektem zasobów. Można nawet postawić tezę, że te podmioty, które posiadły umiejętność zachowywania wiedzy projektowej i powtórnego (wielokrotnego) jej wykorzystania, są obecnie liderami na rynku. Ich przewaga wynika nie tylko z posiadanego sprzętu, ale też z umiejętnego adaptowania i wykorzystania wiedzy oraz nieustannego dążenia spółki wiertniczej do uczenia się tego, jak zbudować i utrzymać w dłuższym okresie przewagę nad konkurencją.

Zespół realizujący projekt powinien systemowo przyswajać i gromadzić nową wiedzę (doświadczenia, spostrzeżenia i wnioski). Można wyróżnić przy tym doświadczenia wynikające z zarządzania procesem oraz doświadczenia techniczne odnoszące się np. do technologicznych aspektów projektu. Obserwacja działań w trakcie projektu może wykazać przykładowo, że istnieją obszary, w których wiedza i kompetencje firmy powinny zostać uzupełnione. Można to osiągnąć za pomocą dodatkowych szkoleń lub poprzez współpracę z firmami eksperckimi. Zakończenie projektu powinno doprowadzić nie tylko do jego skonsolidowania w postaci otrzymanego wynagrodzenia i uwolnienia zaangażowanych zasobów technicznych. Należy także umiejętnie dokonać jego podsumowania z dokładną analizą zgromadzonych danych i doświadczeń. Szcz-

gólną uwagę trzeba poświęcić ocenie zdarzeń negatywnych, do których doszło w trakcie realizacji zadania, w tym komplikacji i awarii wiertniczych. Przedmiotem postprojektowej oceny są także zastosowane rozwiązania technologiczne, porównanie założonego harmonogramu i estymowanego budżetu z wynikami rzeczywistymi. Umiejętne gromadzenie firmowych doświadczeń umożliwi budowę własnej i niepowtarzalnej bazy danych, nieodzwonej w planowaniu przyszłych projektów.

Analiza wielokryterialna warunków stosowania techniki HDD

HDD charakteryzuje się wieloma niekwestionowanymi zaletami nie tylko wobec konwencjonalnych technik budowy z użyciem wykopów liniowych, ale także wobec innych metod bezwykopowych. Analiza wielokryterialna to metoda wspomagająca proces decyzyjny. Wykorzystywana jest do oceny i wyboru optymalnego rozwiązania spośród analizowanych alternatywnych wariantów. Analiza tego typu pomaga w ocenie projektów z różnych punktów widzenia. Celem tego typu analizy jest wybór rozwiązania optymalnego (techniki) według różnych kryteriów, często trudno porównywalnych ze sobą, a mających znaczący wpływ na realizację i funkcjonowanie danego projektu. Decyzja dotycząca zastosowania konkretnego rozwiązania technologicznego dla planowanego przedsięwzięcia wymaga przeanalizowania wielu (kilkunastu, a nawet kilkudziesięciu) czynników technologicznych, geotechnicznych, środowiskowych, specyficznych uwarunkowań lokalnych. Jej uzupełnieniem powinna być staranna analiza ekonomiczna.

Zagadnienie wyboru metody i oceny projektów inwestycyjnych (ze względu na ich złożoność) jest działaniem trudnym i niezwykle żmudnym. Ocena taką przeprowadza się m.in. w celu wyboru najlepszego spośród różnych wariantów rozwiązań, np. systemowych, konstrukcyjnych, technologicznych czy organizacyjnych, opisanych poprzez wskaźniki techniczno-ekonomiczne wyrażone w określonych jednostkach. Trudność tego zagadnienia polega m.in. na właściwym określeniu kryteriów oceny walorów technicznych danego rozwiązania, które powinny być sformułowane i zdefiniowane w sposób jasny i czytelny.

Poniżej poddano ocenie w skali od 1 do 5 przydatność i uniwersalność techniki HDD w kontekście przykładowych czynników (parametrów) wpływających na wybór metody konstrukcyjnej, przy czym 5 oznacza ocenę bardzo dobrą.

Typy instalacji – zasadniczo możliwe są trzy rodzaje instalacji HDD: pomiędzy dwoma punktami zlokalizowanymi na lądzie, pomiędzy lądem i wodą oraz pomiędzy dwoma punktami na wodzie. Przypadek pierwszy dotyczy ponad 95% projektów. Przekraczamy rzeki, jeziora, zatoki morskie, linie kolejowe, drogi, pasy startowe lotnisk, tereny bagienne, obszary silnie zurbanizowane, tereny bagienne, obszary chronione lub takie, do których dostęp jest utrudniony. Pod pewnymi warunkami można wykorzystać HDD do wykonywania instalacji liniowych zastępujących jeden do jednego otwarty wykop. *Ocena dla technologii: 5.*

Przeznaczenie instalacji – co do zasady przedmiotem instalacji mogą być: pojedynczy rurociąg, wiele rurociągów lub wiązka kabli. Zabudowywane rurociągi mogą służyć do transportu mediów (gaz, ropa, paliwa, woda, ścieki) lub też być obudową dla kabli światłowodowych, kabli energetycznych lub innych instalacji rurowych. Najczęściej stosowanym więc podziałem jest wyróżnienie instalacji rurociągów ciśnieniowych i rurociągów osłonowych. Spotykane są też przypadki jednoczesnej zabudowy dwóch współosiowych rurociągów. *Ocena dla technologii: 5.*

Ilość etapów wśród operacji wiertniczych – co najmniej dwa: wiercenie pilotowe i instalacja rurociągu. Etapy związane z poszerzeniem otworu i jego kalibracją można uznać za opcjonalne. *Ocena dla technologii: 4.*

Długość pojedynczej instalacji – zakres długości możliwych instalacji jest najszerszym ze wszystkich bezwykopowych technik wiertniczych. Dla urządzeń kompaktowych limit techniczny wynosi około 1000 m, natomiast dla urządzeń pełnowymiarowych potencjalny zasięg pojedynczego urządzenia wiertniczego przekracza nawet 2500 m. Zastosowanie techniki Intersect pozwala myśleć o instalacjach o długości sięgającej 5 km. *Ocena dla technologii: 5.*

Materiał rurociągu – technologia akceptuje rurociągi wykonane z różnych materiałów, począwszy od stali, poprzez tworzywa sztuczne, takie jak polietylen czy zgrzewalne PVC, a na żeliwie i rurach hybrydowych kończąc. Nie ma innej metody bezwykopowej, która jest w stanie zabudować pod ziemią tak skrajnie odmienne typy. *Ocena dla technologii: 5.*

Geometria rurociągu – dzięki technice możemy bezpiecznie zabudowywać rurociągi stalowe i z tworzyw sztucznych do średnicy około 1400 mm metodą „ciągnąc” i rurociągi stalowe do średnicy około 600 mm metodą „pchając”. *Ocena dla technologii: 4.*

Geometria otworu – znane są przypadki poszerzenia otworu w warunkach gruntów niespoistych do średnicy około 1800 mm, a dla litych formacji skalnych do średnicy około 1600 mm. *Ocena dla technologii: 4.*

Instalacje wielorurkowe w jednym otworze – technika umożliwia umieszczenie w pojedynczym otworze kilku, a nawet kilkunastu rur. Rozmiar otworu musi uwzględnić ekwiwalentną wartość pola przekroju wszystkich rur. Materiał rur może być jednolity, można też instalować w jednym otworze rury wykonane z różnych materiałów. *Ocena dla technologii: 5.*

Głębokość posadowienia instalacji – parametr ten związany jest ściśle ze stosowanym systemem nawigacji (lokalizacji) i geometrią otworu. Dostępny zakres głębokości waha się od 20 m (dla systemów radiowych) do ponad 100 m dla systemów magnetycznych i żyroskopowych. Im dłuższy otwór, tym większa wymagana głębokość wiercenia. *Ocena dla technologii: 5.*

Przykrycie pod newralgiczną przeszkodą – rekomendacje techniczne opracowane dla HDD wymagają, aby przykrycie w sekcji głębokiej otworu było co najmniej 10 x większe niż średnica zaprojektowanego rurociągu. Nadrzędnym wymaganiem jest jednak równoważenie ciśnienia wewnętrznego panującego w otworze przez warstwy nadległe (nadmok). Różnica pomiędzy ciśnieniem dopuszczalnym a ciśnieniem dennym nie powinna być mniejsza niż 0,5 bara. *Ocena dla technologii: 4.*

Kąty wejścia i wyjścia – wymagany minimalny kąt wejścia dla większości urządzeń wiertniczych dostępnych na rynku wynosi około 8°. Kąt maksymalny nie jest precyzyjnie ustalony i jest ściśle związany z konstrukcją maszyny wiertniczej. Znane są przypadki projektów, dla których kąty wejścia przekraczają 30°. Rekomendowany kąt wyjścia zawiera się w przedziale od kilku do kilkunastu stopni i jest warunkowany średnicą oraz materiałem zastosowanego rurociągu. *Ocena dla technologii: 4.*

Różnica rzędnych pomiędzy wejściem i wyjściem – znacząca różnica elewacji skutkuje pustą (pozbawioną płuczki) sekcją otworu. W przypadku występowania w tym obszarze gruntów niespoistych lub wręcz nienośnych należy zastosować środki zaradcze zapewniające stateczność ściany (casing, iniekcje cementowe). *Ocena dla technologii: 3.*

Zdolność do wykonywania zabiegów uszczelniających – w przypadkach osiadania gruntu lub ryzyka migracji wody przez otwór, lub jeżeli różnica poziomów pomiędzy punktem wejścia lub wyjścia jest bardzo duża, albo jeśli przekraczane są specyficzne konstrukcje (szlaki kolejowe, wały przeciwpowodziowe itp.), przestrzeń pierścieniowa pomiędzy ścianą otworu i rurociągiem powinna być wypełniona zaczynem cementowym lub łożo-cementowym. Materiał izolacyjny musi trwale i równomiernie łączyć się ze ścianą otworu, jednociele wypełniając przestrzeń pozarurową. Zabiegi uszczelniające mogą być wykonywane w trakcie robót wiertniczych dla uszczelniania stref chłonnych i utrzymywania prawidłowego obiegu płuczki w otworze. *Ocena dla technologii: 4.*

Dokładność systemów nawigacji – stosowane powszechnie systemy MGS oraz GST pozwalają bardzo skutecznie skontrolować przebieg trajektorii w stopniu doskonałym i dającym gwarancję instalacji sztywnych rur stalowych o dużych średnicach. *Ocena dla technologii: 5.*

Pojemność otworu w stosunku do objętości rurociągu – zakres parametru overcut (stosunek średnicy otworu do średnicy zewnętrznej rurociągu) mieści się w zakresie od 1,25 do 1,5. *Ocena dla technologii: 4.*

Konsumpcja wody i materiałów płuczkowych – zużycie wody jest warunkowane wieloma czynnikami: geometrią otworu, warunkami geologicznymi, jakością zastosowanych elementów w układzie płuczkowym. Dla projektów realizowanych z zamkniętym obiegiem płuczki konsumpcja wody technologicznej mieści się w przedziale od 1,5 do 3 objętości wywierconego otworu. *Ocena dla technologii: 4.*

Warunki utylizacji urobku i szlamu – współczesna technika HDD pozwala na znaczące ograniczenie ilości deponowanego urobku i szlamu dzięki wykorzystaniu nowoczesnych metod rozdziału faz i odwadniania (zestawienia) odpadów. Płuczki wiertnicze stosowane w branży HDD bazują na certyfikowanych materiałach spełniających rygorystyczne normy i wymagania środowiskowe. *Ocena dla technologii: 5.*

Instalacje grawitacyjne – pod pewnymi warunkami technikę można stosować dla budowy instalacji grawitacyjnych. W zależności od zaprojektowanego spadku i zastanych warunków geologicznych można osiągnąć dystans przekraczający 1 km. *Ocena dla technologii: 3.*

Geologia – wiercenie otworu jest wykonalne w zdecydowanej większości warunków geologicznych. Istnieje przy tym cała gama zabiegów technologicznych, dzięki którym można neutralizować potencjalne problemy wynikające ze specyfiki przewierczanych warstw. Możemy zaliczyć do nich: inhibicję płuczki (formacje ilaste), zapuszczanie casingu (grunty nienośne), stabilizujące iniekcje cementowe (żwiry), marsze czyszczące ze specjalnymi narzędziami (usuwanie kamieni). *Ocena dla technologii: 4.*

Woda gruntowa – obecność wody gruntowej nie jest czynnikiem wykluczającym lub w znaczącym stopniu utrudniającym przygotowanie otworu i wykonanie instalacji. Stabilność otworu jest ściśle powiązana z obecnością lepkiej płuczki w otworze, która stabilizuje ścianę, zapobiegając migracji wody do wnętrza podziemnego tunelu. *Ocena dla technologii: 4.*

Skomplikowane trajektorie – technika HDD oferuje największe możliwości w zakresie wykonywania zmian kątowych zarówno

w obszarze azymutu, jak i inklinacji. Również wiercenie po krzywych typu „S” jest skuteczne. Zakres stosowanych promieni krzywizny zależy od geometrii instalowanej rury, długości otworu i parametrów przewodu wiertniczego. Jako nadrzędną zasadę można przyjąć, że im dłuższy wiercony otwór, tym większy wymagany średni promień krzywizny. Podobna rekomendacja odnosi się do geometrii rurociągu. Im większa średnica, tym większy rekomendowany promień krzywizny. *Ocena dla technologii: 5.*

Zagospodarowanie i powierzchnia terenu – jedną z głównych zalet wynikających z użycia HDD jest fakt, że prace prowadzone są z powierzchni terenu i na ogół bez konieczności wykonywania głębokich komór roboczych w punkcie wejścia i wyjścia. Głębokość zbiorników ziemnych służących do krążenia płuczki w obiegu zamkniętym i do jej magazynowania, nie przekraczają 2 m. *Ocena dla technologii: 4.*

Dostępność do dróg i placów – w większości przypadków wymagana jest dostępność po dwóch stronach zaplanowanego przekroczenia. Rozmiar placu maszynowego i pasa montażowego uzależniony ściśle od klasy projektu. *Ocena dla technologii: 4.*

Odległość od najbliższych instalacji – równoległe otwory wiertnicze nie powinny być prowadzone w odległości mniejszej niż 5 m (dla dłuższych instalacji 10 m). W przypadku krzyżowania się linii wiercenia z funkcjonującymi już instalacjami lub konstrukcjami, minimalna odległość osi otworu wiertniczego od nich musi uwzględniać docelową średnicę planowanego otworu, dokładność zastosowanego systemu nawigacji oraz dokładność odwzorowania (inventaryzacji) podziemnej infrastruktury. *Ocena dla technologii: 4.*

Czas realizacji – dopracowana koncepcja stosowania techniki i długoletnia praktyka w jej stosowaniu powodują, że HDD należy do grona technik o najwyższym wskaźniku produktywności. Tempo tworzenia otworu o wymaganej geometrii dla zainstalowania projektowanego rurociągu jest szybsze niż metod alternatywnych. *Ocena dla technologii: 5.*

Koszty budowy – konkurencyjny w stosunku do innych bezwykopowych metod budowy i metod tradycyjnych. Niskie koszty przywró-

cenia placu budowy do stanu pierwotnego, niskie koszty społeczne i umiarkowane koszty pozyskania sprzętu oraz osprzętu wiertniczego. *Ocena dla technologii: 5.*

Wytyżenia w trakcie instalacji – technika charakteryzuje się najniższymi obciążeniami instalacyjnymi w przeliczeniu na pole powierzchni pobocznic rury. Dzięki stosowaniu aktywnych metod balastowania rurociągu można osiągnąć najniższy wśród metod bezwykopowych poziom tarcia wynikającego z kontaktu rurociągu i ściany otworu. *Ocena dla technologii: 5.*

Bezpieczeństwo rurociągu – instalacje HDD mogą być poprowadzone w zasadzie na każdej wymaganej głębokości i posadowione w stabilnym i nośnym gruncie. *Ocena dla technologii: 5.*

Konkurencyjność – na polskim rynku HDD funkcjonuje ponad 100 firm dysponujących sprzętem wiertniczym różnych klas i zajmujących się profesjonalnym świadczeniem usług dla podmiotów zewnętrznych. *Ocena dla technologii: 5.*

Poziom kompetencji – czołowe polskie firmy osiągnęły satysfakcjonujący poziom kompetencji technicznych w obszarze planowania, organizacji robót i bezpośredniej realizacji prac wiertniczych. Rośnie liczba absolwentów czołowych wyższych uczelni technicznych (wiertnictwo, geologia, inżynieria środowiska) zatrudnionych w spółkach wiertniczych. *Ocena dla technologii: 4.*

Innowacje technologiczne

Technologię rozumiemy jako umiejętność połączenie wiedzy praktycznej i teoretycznej, skuteczności jej stosowania, wdrażania procedur technicznych, narzędzi i urządzeń. Rozwój technologii ma ogromny wpływ na stan aktualny i będzie w przyszłości napędzać rozwój HDD. Pod wpływem osiągnięć technicznych i dokonującego się postępu technologicznego pojawia się konieczność szerszego podejścia do kwestii optymalizacji, poprawy jakości i redukcji ryzyka operacyjnego w oparciu o innowacyjność. Wdrożenie technologicznych innowacji bez wątplenia będzie wpływało na skuteczność i wydajność procesu wiertniczego.

Obszar	Innowacja	Stopień zaawansowania w skali od 1 do 5	
		Polska	Europa
Technologiczny	Magnetyczny system nawigacji MGS	****	*****
	Żyroskopowy system nawigacji GST	**	*****
	Metoda Intersect bazująca na systemie Paratrack	*	****
	Metoda Intersect bazująca na systemie GST Radar	-	****
	Monitoring ciśnień dennych APWD	***	***
	Monitoring zmian inklinacji w wierceniu z użyciem motoru ABIA	-	***
	Technologia RSS	-	*
	Stabilne płuczkowe systemy bentonitowe	****	****
	Nowoczesne płuczkowe systemy inhibitowane	****	****
	Modelowanie zachowania się fazy stałej w płuczce	***	***
	Monitoring rzeczywistych sił instalacyjnych	*	***
	System transmisji danych typu ProData	*	***
	Instalacje powyżej 1500 m	*	****
	Przekroczenie linii brzegowej (landfall-outfall)	*	****
Sprzętowy	Zaawansowane projekty typu rock drilling	**	*****
	Rurociągi o dużych średnicach 40–56" (1016–1422 mm)	***	*****
	Dostępność nowoczesnych urządzeń klasy maxi	***	*****
	Powszechność stosowania zamkniętego obiegu płuczkowego	***	****
	Nowoczesne systemy separacji faz	****	****
	Przewód wiertniczy o dużych średnicach	***	****
	Połączenia gwintowe typu Double Shoulder	**	****
	Nowoczesne narzędzia konwencjonalne (skrawające) do poszerzania otworu	***	****
Nowoczesne narzędzia typu hole opener	***	*****	
Nowoczesne powłoki izolujące na rurociągach	***	****	

TAB. 1. Innowacje technologiczne w HDD obserwowane po 2000 r.

Będzie też decydowało o konkurencyjności, zasobach organizacyjnych i poziomie zysków firmy.

W niniejszym rozdziale dokonano podsumowania stanu technologii HDD w Polsce i w Europie w wybranych obszarach. Wymieniono najistotniejsze innowacje technologiczne, które wpłynęły na rozwój techniki i pokonywanie kolejnych barier. <

W najbliższych numerach kwartalnika „Inżynieria Bezwykopowa” zostaną opublikowa-

ne kolejne części artykułu. Będą to:

- Część 3: Weryfikacja założeń projektowych
- Część 4: Selekcja urządzeń i materiałów
- Część 5: Konfiguracja wyposażenia wgłębnego
- Część 6: Programy technologiczne i technika wiercenia
- Część 7: Dokumentacja i raporty. Wymagania kompetencyjne
- Część 8: Zarządzanie projektem. Harmonogram i budżet.

Rok	Kraj	Wydarzenie	Projekt HDD
1964	USA	Martin Cherrington konstruuje pierwszą swoją wiertnicę i zakłada firmę Titan Contractors	
1971	USA	Pierwsze udokumentowane przekroczenie HDD dla firmy Pacific Gas and Electric Company, wykorzystujące krzywy łącznik, silnik wstępny i naftowy system pomiarowy typu Single Shot	Rzeka Pajaro w pobliżu Sacramento w Kalifornii – Titan Contractors Gazociąg stalowy: 180 m @ stal 4"
1972	USA	Drugie przekroczenie HDD	Rzeka San Joaquin w Kalifornii – Titan Contractors
1974	USA	Powstanie pierwszej pełnowymiarowej wiertnicy Martina Cherringtona	Rzeka Vermillion
1978	USA	Pierwsze urządzenie wiertnicze o sile ciągnięcia 1 mln funtów (4500 kN) skonstruowane przez Cherringtona	Pierwsza wielkośrednicowa instalacja pod dnem Kanatu Żeglownego w Houston – Titan Contractors
1979	USA	Cherrington sprzedaje firmę Titan Contractors i 12 posiadanych patentów firmie Reading & Bates, zawieszając na pięć lat swoją aktywność na rynku	
1981–1984	USA / Holandia	Na rynku działają aktywnie firmy wykorzystujące ideę Cherringtona: BERCO, Drilled Crossings, InArc Drilling, Visser & Smit Hanab	
1984	Holandia	Visser & Smit realizuje pierwszy projekt HDD w Europie na zlecenie Gasunie	Rzeka Rotte – Visser & Smit, Reading & Bates Gazociąg 220 m @ stal 12"
	USA	Na rynku północnoamerykańskim pracuje kilkanaście urządzeń wiertniczych dla potrzeb budowy rurociągów	
	Francja	Powstaje firma Horizontal Drilling International, jeden z pionierów techniki HDD	
	USA	W Teksasie powstaje jedna z najbardziej zasłużonych firm dla branży – Sharewell HDD LLC. Wspólnie z firmą Tensor pracują nad kablowym magnetycznym systemem nawigacji.	
1986	Niemcy	Flow-Tex instaluje pierwszy rurociąg w rejonie Karlsruhe wykorzystując licencję firmy FlowMole	
1987	USA	American Augers produkuje pierwsze wiertnice typu MAXI RIG	
	Wielka Brytania	Pierwsza instalacja HDD w Zjednoczonym Królestwie	
	Australia	Pierwsza instalacja typu landfall (rurociąg z morza na ląd) wykonana dla koncernu Esso	Cieśnina Bassa – HDI (Francja / USA)
1988	USA	Firma Tensor wprowadza na rynek powierzchniowy system lokalizacji (pętlę) o nazwie TruTracker współpracujący z magnetycznym wglębym narzędziem pomiarowym	
	USA	Firma Michels Directional Crossings wchodzi na rynek HDD	
	Wielka Brytania	Radiodetection wprowadza na rynek pierwszy system lokalizacji (RD300 Locator)	
1989	USA	Ditch Witch wchodzi na rynek HDD z urządzeniami DW Jet Trac	
	Niemcy	Powstaje firma LMR Drilling należąca do grupy Ludwig Freytag z siedzibą w Oldenburgu	
	USA	Powstaje spółka wiertnicza Laney Directional Drilling Co z siedzibą w Teksasie	
	Francja	Pierwsze instalacje rur osłonowych kabli energetycznych wysokiego napięcia dla koncernu EDF	Rzeka Garonna i Sekwana – HDI (Francja)
1991	USA	Digital Control (DCI) zaprezentowało system lokalizacji DigiTrak Mark I (pitch and roll) ze zdalnym wyświetlaczem	
	USA	Vermeer wchodzi na rynek wiertnic HDD	
	Indie	Powstaje Trenchless Engineering Ltd, kontraktor wiertniczy	
	Niemcy	Powstaje pierwsza wiertnica Grundodrill firmy Tracto-Technik	
	Holandia	Pierwsze instalacje gazociągu o średnicy DN1200 dla Gasunie	Canal Noord Holland – HDI (Francja)
	Polska	Pierwsza instalacja HDD w Polsce	Rzeka Wisła we Włocławku – LMR Drilling Gazociąg 750 m @ stal 20"
1992	USA	Bernie Krzys wydaje pierwszy numer specjalistycznego miesięcznika Trenchless Technology	
	USA	Trzy rekordowe przekroczenia w delcie rzeki Sacramento dla konsorcjum Pacific Gas Transmission Co./Pacific Gas & Electric Co. Średnica otworu wynosiła 60" Debiut urządzenia typu Pipe Thruster	Rzeka Sacramento – Cherrington Corp. (USA) Gazociąg 1177 m @ stal 42" HDI = 49.434
1993	USA	Powstaje organizacja DCCA Drilling Crossing Contractors Association, jako pierwsza zrzeszająca specjalistyczne spółki wiertnicze	
	USA / Wielka Brytania	Powstaje firma INROCK, specjalista w zakresie systemów nawigacji i osprzętu do wierceń skalnych	

TAB. 2. Najistotniejsze projekty i wydarzenia w historii techniki HDD. Kolorem czerwonym zaznaczono wydarzenia związane z polskimi firmami lub rynkiem polskim

Rok	Kraj	Wydarzenie	Projekt HDD
1994	Niemcy	Powstaje organizacja Drilling Contractors Associatio DCA-Europe z siedzibą w Akwizgranie zraszająca spółki wiertnicze, spółki konsultingowe, dostawców sprzętu i technologii	
	Rosja	W Ulianowsku powstaje VIS-MOS, pierwsza rosyjska firma wiertnicza specjalizująca się w HDD	
	Polska	Pierwsze projekty HDD zrealizowane przez polskie firmy Beta Warszawa i TKC Poznań	
1995	Świat	Szacuje się, że liczba wiertnic HDD przekroczyła 2000	
	USA	Digital Control (DCI) dostarcza na rynek sondę promiową (0,1% Grade Pitch Sensitivity)	
	USA	Vermeer prezentuje wiertnicę D50x100 z mechanicznym podajnikiem przewodu wiertniczego	
	USA	Jedno z największych przekroczeń lat dziewięćdziesiątych	Rzeka St. John's (Floryda) – Horizontal Drilling International Gazociąg 1720 m @ stal 30" HDI = 51.600
	Australia	AJ Lucas po raz pierwszy wykonuje otwory kierunkowe w złożach węgla	
1996	USA	Firma Michels produkuje największe na rynku urządzenie HDD o nazwie Hercules o sile ciągnięcia 1,2 mln funtów (5500 kN)	
	USA	Vector Magnetics wprowadza na rynek magnetyczny system nawigacji Paratrack	
1997	Rosja	Pierwsze ważne przekroczenie dla instalacji gazociągu DN1400. Masa rurociągu w powietrzu wynosiła 550 t	Kanał żeglowny Wołga – Don / Vis-Mos (Rosja) Gazociąg 900 m @ stal 56" HDI = 50.400
	Kolumbia		Rzeka San Jorge – Harbert Directional Drilling Ropociąg 1200 m @ stal 36" HDI = 43.200
1998	USA	Pierwsze wiercenie w warunkach wiecznej zmarzliny na Alasce – cztery otwory o długości 1310m	Rzeka Colville – HDI (Francja / USA) Ropociąg 1310 m @ stal 20" HDI = 26.200
	Niemcy	Wielkośrednicowa instalacja DN1200 w okolicach Berlina	Rzeka Dahme – Bohlen and Doyen 871 m @ stal 48" HDI = 41.808
	Wielka Brytania	Największa instalacja rurociągu z polietylenu do 1998 zrealizowana w ramach szkockiego projektu BP Grangemouth	Grangemouth – Visser & Smit Hanab (Holandia) Wodociąg 1450 m @ HDPE 28" HDI = 40.600
1998–1999	Zjednoczone Emiraty Arabskie	Budowa magistrali wodnej i kanalizacji w Abu Dhabi	Lulu Island – DrillTec Gut (Niemcy) Wodociąg 2 x 1000 m @ stal 32" HDI = 32.000
1999	USA	Najdłuższy otwór wywiercony przed 2002 w ramach projektu Cardinal Pipeline Extension w Północnej Karolinie	Jezioro Jordan – Michels Pipeline Construction Gazociąg 1841 m @ stal 24" HDI = 44.184
	Niemcy	Powstaje firma Prime Drilling, producent urządzeń wiertniczych klasy midi, maxi i mega	
	USA	Firma Prime Horizontal wprowadza do komercyjnego użycia system nawigacji ParaTrack	
	Holandia	Otwór ze zmianą inklinacji 87 stopni (skręt w prawo) poprowadzony na głębokości 36 m	Leiderdorp Highway – Visser & Smit Hanab (Holandia) Gazociąg 952 m @ stal 12"
	Wielka Brytania	Dwa przekroczenia linii brzegowej w Szkocji Prace wiertnicze i instalacja prowadzona z platformy Rurociąg przygotowany na lądzie	Fife outfalls – Hydro Soil Services (Belgia) 935 m @ stal 18"
	Czechy	Sześć przekroczeń rzeki Łaby w Decinie dla instalacji rur z HDPE o średnicy 630 mm	Rzeka Łaba – Beta Warszawa 6 x 200 – 250 m @ HDPE 630 mm
2000	Wielka Brytania	Prime Horizontal realizuje pierwszy projekt wykorzystujący metodę Intersect	Rzeka Tees 860 m @ stal 16"
	Hongkong	Jeden z najbardziej skomplikowanych projektów XX-wieku Osiem przekroczeń o długości do 1,37 km w granitowym podłożu pod dnem kanału portowego	Ma Wan Island Underground Infrastructure Harbor Channel – AJ Lucas (Australia) Wodociąg 2 x 1369 m @ stal 32"
	Niemcy	Powstaje firma DrillTec GUT GmbH Großbohr- und Umwelttechnik	
	USA	Pięć otworów powyżej 1 km dla przełożenia instalacji rurowych o 30 m ze względu na modernizację kanału żeglownego	Kanał Żeglowny Houston – Laney (USA) Multi Duct 1584 m / 1567 m / 1532 m / 1424 m
	Wielka Brytania	Przekroczenie rzeki Tamar i linii kolejowych w rejonie Plymouth	Rzeka Tamar – LMR Drilling UK Kanalizacja 1335 m @ HDPE 560 mm HDI = 29.875
	Polska	Największa w historii polskiego HDD średnica zainstalowanego rurociągu	Martwa Wisła w Gdańsku – BETA Warszawa / LMR Drilling Kanalizacja 530 m @ HDPE 48" HDI = 25.440
	Polska	Pierwsza instalacja powyżej 1000 m wykonana przez polską spółkę wiertniczą	Tereny bagienne w rejonie Kamienia Pomorskiego – BETA Warszawa Gazociąg 1067 m @ stal 8 ¾"

TAB. 2. cd. Najistotniejsze projekty i wydarzenia w historii techniki HDD. Kolorem czerwonym zaznaczono wydarzenia związane z polskimi firmami lub rynkiem polskim

Rok	Kraj	Wydarzenie	Projekt HDD
2000–2001	Brazylia	Ekstremalne wiercenie (4 otwory) w kwarcytach o wytrzymałości na ściskanie do 320 MPa w ramach projektu Bolivia – Mato Grosso Gas Pipeline Technika poszerzania otworu: forward reaming	Quartzite Ridges – Horizontal Drilling International (Francja) Gazociąg 943 m @ stal 18" ze specjalną powłoką ochronną
2001	Holandia	Intersect po raz pierwszy wykorzystany przez Prime Horizontal w projekcie przewidującym instalację wielkośrednicową	Rzeka Maas – Haustadt & Timmermann (Niemcy) Gazociąg 780 m @ stal 36" HDI = 28.080
	Kanada	W Edmonton powstaje firma Direct Horizontal Drilling	
	Niemcy	Firma Herrenknecht wchodzi na rynek HDD jako producent wiertnic kierunkowych	
	Wielka Brytania	Rock drilling – zainstalowano rurociąg o objętości 1055 m ³	Nailsea to St. Georges Pipeline – LMR Drilling UK Gazociąg 904 m @ stal 48" HDI = 43.392
	Rosja	Dwa wiercenia w warunkach zimowych, urządzenie wiertnicze i system płuczkowy zlokalizowane pod dachem	Rzeka Pur – DrillTec Gut (Niemcy) Gazociąg 2 x 1240 m @ stal 40" HDI = 49.600
2002	USA	Vector Magnetics wprowadza wspólnie z Prime Horizontal moduł PWD zintegrowany z systemem ParaTrack 2 służący do pomiaru ciśnień wglębnych w otworach HDD	
	Australia	Pierwsze przekroczenie HDD powyżej 2 km Budowa gazociągu wysokiego ciśnienia na Tasmanii	Rzeka Tamar – AJ Lucas (Australia) Gazociąg 2046 m @ stal 14" HDI = 28.644
	Chiny	Pierwsze istotne przekroczenie HDD w Chinach	Rzeka Jangcy – East China Pipeline Construction Gazociąg 1688 m @ stal 16" HDI = 27.008
	Argentyna	Budowa gazociągu w Andach pomiędzy Argentyną i Chile Rock drilling w warunkach górskich	Nor Andino – DrillTec Gut (Niemcy) Gazociąg 1412 m @ stal 20" HDI = 28.240
	Australia	Przekroczenie parku krajobrazowego, kłifu i linii brzegowej przy głębokości wody 15 m	Minerva Landfall – AJ Lucas (Australia) Gazociąg 2 x 1550 m @ HDPE 16" HDI = 24.800
	Australia	Pierwsza instalacja typu push z łądu do dna morskiego z użyciem urządzenia typu Pipe Pusher	Patricia Baleen HDD Shore Approach – Cherrington Australia Gazociąg 2 x 1100 m @ stal 12"
	Indonezja	Siedem przekroczeń w terenach bagiennych z użyciem wiertnic montowanych na barkach	Tunu Phase 8 – McConnell Dowell (Australia) Gazociąg 1250 m @ stal 24" HDI = 30.000
	Francja	Metoda Intersect, casing wiercony w technice mikrotunelowania, sekcje żwirowe, wapień	Rhone Valley – Nacap (Holandia) Gazociąg 1090 m @ stal 20" HDI = 21.800
2003	Świat	Szacuje się, że liczba pracujących wiertnic HDD przekroczyła 15 tysięcy	
	Świat	Rotating Magnet Ranging System użyty w metodzie Intersect doprowadza do znaczącego wzrostu produktywności i zasięgu technologii HDD	
	Australia	Jeden z najdłuższych otworów dla kanalizacji ciśnieniowej	Illawara Wastewater Sydney – AJ Lucas (Australia) Kanalizacja 1920 m @ HDPE 28" HDI = 53.760
	Australia	Najdłuższa instalacja grawitacyjna w historii (spadek 1,4°) Rock drilling	Sydney – AJ Lucas (Australia) Kanalizacja 1810 m @ HDPE 630 mm HDI = 44.893
	Portugalia	Przekroczenie zatoki morskiej w Setubal w trzech odcinkach, wiercenie pomiędzy platformami	Estuario do Sado – LMR Drilling Gazociąg 4300 m (4 sekcje) @ 32" 1400 m @ stal 32" HDI = 44.800
2003–2004	Indonezja	Trzy przekroczenia terenów bagiennych w ramach projektu udostępnienia złoża gazu Tunu	Tunu Field (phase 9) – Nacap Asia Pacific Gazociąg 2004 m @ stal 20" HDI = 40.080
2004	USA	Siedem morskich i lądowych przekroczeń w rejonie Bostonu	Duke Energy Hubline Salem Shore – Michels Directional Drilling (USA) Gazociąg 1486 m @ stal 30" HDI = 44.580
	Trynidad	Pierwsze instalacje rurociągów DN1400 na półkuli zachodniej w ramach projektu Trinidad Cross Island Pipeline	Clifton Hills – Southeast Directional Drilling (USA) Gazociąg 767 m @ stal 56" HDI = 42.952
	Tajlandia	Przekroczenie linii brzegowej w ramach projektu Trans Thai – Malaysia Offshore Pipeline	Landfall – Nacap Asia Pacific Gazociąg 1175 m @ stal 34" HDI = 39.950
	Kanada	Projekt górski realizowany w zimowych warunkach, wiercenie przy różnicy elewacji 434 m, zmiana inklinacji o 36°	Północno-wschodnia Kolumbia Brytyjska – Canadian Horizontal Drilling (Kanada) Gazociąg 1300 m @ stal 8"

TAB. 2. cd. Najistotniejsze projekty i wydarzenia w historii techniki HDD. Kolorem czerwonym zaznaczono wydarzenia związane z polskimi firmami lub rynkiem polskim

Rok	Kraj	Wydarzenie	Projekt HDD
2005	USA	InterCon Construction we współpracy z firmą Schlumberger wykonała pierwszy projekt HDD z użyciem naftowego systemu wiercenia Power Drive RSS (Rotary Steerable System)	
	Holandia / USA	Firma Brownline wprowadza na rynek żyrokompasowy system nawigacji DrillGuide GST	
	Niemcy	Najdłuższe przekroczenie zrealizowane do 2008 roku z wykorzystaniem metody Intersect i techniki wash over	Rzeka Łaba – LMR Drilling (Niemcy) Rurociąg petrochemiczny 2626 m @ stal 10"
	Niemcy	Dwanaście otworów wierconych dla połączenia platformy wydobywczej zlokalizowanej na Morzu Północnym z lądem Sześć sekcji (po dwa równoległe otwory), trzy urządzenia wiertnicze, wiercenie pomiędzy platformami	Pipeline Connection Mittelplate – DrillTec Gut Gazociąg 7500m (6 sekcji) @ stal 10" Najdłuższy odcinek 1400 m
	Kanada	Zimowe przekroczenie w ramach projektu Trans Quebec Pipeline	Rzeka St.Lawrence – Michels Directional Crossings (USA) Gazociąg 2316 m @ stal 20" HDI = 46.320
	Gruzja	Dwie istotne instalacje w ramach projektów budowy ropociągu Baku-Tbilisi-Ceyhan i gazociągu South Caucasus Pipeline	Rzeka Kura – Horizontal Drilling International (Francja) Ropociąg 780 m @ stal 46" HDI = 35.880 Gazociąg 780 m @ stal 42" HDI = 32.760
	Holandia	Przekroczenie 60 torów kolejowych z użyciem żyrokompasu	Gebr. van Leeuwen Boringen B.V. (Holandia) Kanalizacja 702 m @ stal 30"
2006	Kanada	Dwa przekroczenia w terenie górskim, Intersect, Rock drilling, maksymalna głębokość 350 m, różnica poziomów pomiędzy wiertnicami 260m	Projekt Chinooke Ridge Rzeka Wapiti – Mears Canada Gazociąg 1481 m @ stal 14" HDI = 22.215
	USA	Rock drilling w Południowej Karolinie	Rzeka Copper – Sunland Construction (USA) Wodociąg 1671 m @ stal 40" HDI = 66.840
	USA	Cztery przekroczenia w ramach projektu Freeport LNG w Teksasie	Wetland Marsh – Laney Directional Crossing (USA) Gazociąg 1513 m @ stal 42" HDI = 63.546
	Indonezja	Projekt Tangguh GPF, szereg przekroczeń HDD	Landfall – Nacap (Holandia) Gazociąg 1430 m @ stal 24" HDI = 34.320
	Australia	Rock drilling	Port Brisbane – Coe Drilling (Australia) Ropociąg 2 x 1500 m @ stal 24" HDI = 36.000
	Włochy	Przekroczenie parku krajobrazowego Jedna z pierwszych skutecznych aplikacji systemu pomiaru ciśnień wgłębnych APWD	Rzeka Ticino – LMR Drilling (Niemcy) Wiązka rurociągów petrochemicznych 1585 m
	USA	Najdłuższe przekroczenie wykonane z przewodem wiertniczym NC50	Kanał żeglowny Houston – Janco Directional Drilling (USA) Gazociąg 2516 m @ stal 10" HDI = 25.160
2006–2007	Polska	Sześć przekroczeń dla instalacji rurociągów DN1000 z polietylenu w zakresie długości 480–630 m	Szczecin – Hydrobudowa 9 / LMR Drilling Kanalizacja 630 m @ HDPE 40"
2007	Indie	Jedna z największych instalacji DN1200 w historii. Projekt dla firmy Reliance	Rzeka Vashista Godavari – HDI (Francja) 1760 m @ stal 48" HDI = 84.480
	Norwegia	Projekt w rafinerii ropy Mongstad dla StatoilHydro Kąt wejścia 45 stopni, głębokość 234 m poniżej dna morza Granity, bazalty i gnejsy do 270 MPa	Instalacja morska we fjordach – Visser & Smit Hanab (Holandia) Gazociąg 416 m @ stal 12"
	Indie	Magistrala gazowa East – West	Rzeka Narmada – Punj Lloyd (Indie) Gazociąg 1500 m @ stal 48" HDI = 72.000
	Rosja	Projekt Nord Stream Pierwszy rurociąg 56" powyżej 1000 m	Rzeka Szeksna – Vis-Mos (Rosja) Gazociąg 1043 m @ stal 56" HDI = 58.408
	Australia	Dwa skomplikowane przekroczenia dla instalacji sieci kanalizacyjnej. Jedna z najdłuższych instalacji rurociągu z tworzywa sztucznego	Projekt Upper Blue Mountains Kanalizacja 2 x 2400 @ HDPE 20" i HDPE 10" HDI = 48.000
	Nowa Zelandia	Projekt Kupe Gas Field Jedne z najdłuższych instalacji typu landfall Wiercenie w podłożu skalnym	Linia brzegowa Hawera – DrillTec Gut (Niemcy) Gazociąg 2 x 2250 m @ stal 20" HDI = 46.000
	Chiny	Dwa przekroczenia wykonane w technice Intersect	Rzeka Qiantang – CPP Crossing Company (Chiny) Gazociąg 2450 m @ stal 32" HDI = 78.400
	Wietnam	12 przekroczeń w terenach bagiennych	Ho Chi Minh – Nacap Asia Pacific Gazociąg 1998 m @ stal 22" HDI = 43.956

TAB. 2. cd. Najistotniejsze projekty i wydarzenia w historii techniki HDD. Kolorem czerwonym zaznaczono wydarzenia związane z polskimi firmami lub rynkiem polskim

Rok	Kraj	Wydarzenie	Projekt HDD
2008	USA	DCI prezentuje TensiTrak System służący do pomiaru rzeczywistych sił instalacyjnych i ciśnienia w przestrzeni pierścieniowej otworu	
	USA	Ciążar rurociągu w powietrzu 1600T Objętość zainstalowanego rurociągu 1815 m ³	Projekt Cameron LNG – Laney (USA) Gazociąg 2032 m @ stal 42" HDI = 85.344
	USA	Wielkośrednicowa instalacja na granicy Teksasu i Luizjany	Golden Pass Pipeline Old River – Michels Directional Crossing (USA) Gazociąg 1859 m @ stal 42" HDI = 78.078
	Arabia Saudyjska	Dwa przekroczenia linii brzegowej Rurociągi przygotowywane na morzu Rock drilling	Berri Causeway landfall – DrillTec Gut Wodociąg 1500 m @ stal 30" Ropociąg 2100 m @ stal 24" HDI = 45.000 / 50.400
	Holandia	Kombinowany system nawigacji MGS/GST, jednostopniowe poszerzenie otworu do średnicy 30" i bezpośrednia instalacja	Stellendam (Rotterdam) – LMR Drilling (Niemcy) Wodociąg 1714 m @ stal 24" HDI = 41.136
	Holandia	Pierwsza instalacja rurociągu DN1400 w Europie Zachodniej	Dordtse Kill – LMR Drilling Niemcy Wodociąg 704 m @ stal 56" HDI = 39.424
	Kanada	Projekt North Central Corridor zrealizowany w niskich temperaturach dla spółki TransCanada	Rzeka Peace – Direct Horizontal Drilling (Kanada) Gazociąg 1100 m @ stal 42" HDI = 46.620
	USA	Długie przekroczenie w ramach projektu Hampton Roads Crossings	Rzeka Elizabeth – Mears Group (USA) Gazociąg 2232 m @ stal 24" HDI = 53.568
	Włochy	Projekt Bocca di Malamocco Trzy otwory wiercone na głębokości do 66 m poniżej poziomu morza	Zatoka morska w Wenecji – Anese (Włochy) Energetyka 1350 m @ stal 24" HDI = 32.400 Wodociąg 1400 m @ stal 26" HDI = 36.400
2008–2009	Arabia Saudyjska	Pierwsze instalacje HDD powyżej 3 km Intersect, 32 m poniżej dna morza, rock drilling	Cieśnina morska pomiędzy Abu Ali Island i Berry Causeway Tatco Boring (ZEA) Ropociąg 3048 m @ stal 24" HDI = 73.152 Wodociąg 3048 m @ stal 30" HDI = 91.440
2009	USA	Vercor Magnetics integruje system ABIA (At Bit Inclination Assembly) z systemem ParaTrack 2	
	Francja	Intersect, casing stały z dwóch stron wywiercony metodą mikrotunelowania	Kanał Żeglowny w LeHavre – Horizontal Drilling International (Francja) Ropociąg 1500 m @ stal 34" HDI = 51.000
	Belgia	Dwa równoległe wielkośrednicowe wiercenia dla Gasunie	Schelde Crossings – Visser @ Smit Hanab (Holandia) Gazociąg 1450 m / 1320 m @ stal 48" HDI = 69.600 / 63.360
	USA	Najdłuższa instalacja rurociągu wykonanego ze zgrzewalnego PVC	Archers Creek Parris Island – Mears Group (USA) Kanalizacja 1950 m @ PVC 16" HDI = 31.200
	Kanada	Casing o średnicy 54" zapuszczony na głębokość 40 m i wyposażony w prewenter	Rzeka Athabasca – Direct Horizontal Drilling (Kanada) Kanalizacja 1350 m @ HDPE 36" HDI = 48.600
	Wielka Brytania	Cztery wiercenia o łącznej długości 5400 m Największy świder trójgrzyzowy wykorzystany w historii HDD – 23" napędzany silnikiem 11 ¼"	Newport – LMR UK Gazociąg 1621 m @ stal 18" HDI = 29.178
	Brazylia	Cztery długie otwory na zlecenie koncernu Petrobras	Rzeka Doce – Encalso Construcoes (Brazylia) Gaz plynny 1701 m @ stal 8"
2009–2010	Wielka Brytania	Najdłuższe wiercenie skalne (do 140 MPa) w historii w celu przekroczenia cieśniny morskiej z wykorzystaniem metody Intersect	Milford Haven – LMR Drilling (Niemcy / Wielka Brytania) Gazociąg 3004 m @ stal 18" HDI = 54.072
	Zjednoczone Emiraty Arabskie	Dwie wielkośrednicowe instalacje zrealizowane na Bliskim Wschodzie w warunkach podłoża skalnego	Kanał Abu Dhabi – FlowTex Egypt Wodociąg 1729 m / 1600 m @ stal 48" HDI = 82.992 / 76.800
	Chiny – Rosja	Przekroczenie rzeki granicznej metodą Intersect Bardzo trudne warunki geologiczne: kamienie, żwir, piaskowiec	Rzeka Heilongjiang – China Petroleum Pipeline Bureau Ropociąg 2 x 1084 m @ stal 32" HDI = 34.688

TAB. 2. cd. Najistotniejsze projekty i wydarzenia w historii techniki HDD. Kolorem czerwonym zaznaczono wydarzenia związane z polskimi firmami lub rynkiem polskim

Rok	Kraj	Wydarzenie	Projekt HDD
2010	Turkmenistan	Najdłuższa instalacja rurociągu stalowego DNI400 w historii Dwa urządzenia wiertnicze, stacja pchająca	Rzeka Amu Daria – Energoperetok (Rosja) Gazociąg 1705 m @ stal 56" HDI = 95.480
	Iran	Najdłuższy otwór wywierony przez pojedyncze urządzenie wiertnicze pod dnem cieśniny morskiej, system nawigacji Tensor	Wyspa Queshm (Zatoka Perska) – DrillTec Gut (Niemcy) Ropociąg 3060 m @ stal 16" HDI = 48.960
	Australia	Najdłuższe push reaming w granicie UCS > 150 MPa Instalacja z ładu za pomocą urządzenia Pipe Pusher	Projekt: Devil Creek Landfall Linia brzegowa – DrillTec Gut (Niemcy) Gazociąg 1850 m @ stal 16"
	Włochy	Projekt górski, rekordowa różnica elewacji pomiędzy punktem wyjścia i wejścia – 450 m	Elektrownia Valdastico – PATO (Włochy) Wodociąg 950 m @ stal 8"
	Tajlandia	Metoda Intersect	IRPC Pipeline – McConnell Dowell (Australia) Gazociąg 1907 m @ stal 24" HDI = 45.768
	Niemcy	Kilka instalacji wielkośrednicowych w ramach budowy magistrali gazowej OPAL	Rzeka Dahme – Visser & Smit Hanab (Holandia) Gazociąg 917 m @ stal 56" HDI = 51.352
	Holandia	Jeden z najdłuższych otworów wywieronych w piasku Intersect	Jezioro Ketelmeer – Nacap (Holandia) Gazociąg 2750 m @ stal 16" HDI = 44.000
	USA	Jedna z najdłuższych instalacji rurociągu z PVC – F	Rzeka Raritan – Mears Group (USA) Wodociąg 1635 m @ PVC 24" HDI = 39.240
	USA	Intersect na głębokości 40 m poniżej dna rzeki	Rzeka St. Johns – Mears Group (USA) Gazociąg 2256 m @ stal 16" HDI = 36.096
2010 – 2011	Wielka Brytania	Dwa równoległe przekroczenia pod dnem cieśniny morskiej w rejonie Southampton, rock drilling, Intersect, drugie i trzecie przekroczenie co do długości w historii	Cieśnina Solent – LMR Drilling Gazociągi 2 x 3930 m @ stal 12" HDI = 47.160
2011	Boliwia	Największy projekt w Ameryce Południowej	Rzeka Rio Grande – Tatco Boring (ZEA) Gazociąg 2700 m @ stal 32" HDI = 86.400
	Niemcy	Kilka wielkośrednicowych przekroczeń w ramach projektu budowy magistrali gazowej NEL Trudne warunki geologiczne, średnica otworu 70"	Rzeka Łaba – Visser & Smit Hanab (Holandia) Gazociąg 1082 m @ stal 56" HDI = 60.592
	Australia	Jeden z najkosztowniejszych projektów w historii (95 mln AUD), dziewięć przekroczeń linii brzegowej na wyspie Barrow dla koncernu Chevron, instalacje z wykorzystaniem Pipe Thrustera	Gorgon LNG – AJ Lucas (Australia) Gazociąg 520 m @ stal 34"
	Rosja	Jeden z najbardziej skomplikowanych projektów typu rock drilling	Cieśnina Wschodni Bosfor – VisMos (Rosja) Gazociąg 2857 m @ stal 14" HDI = 39.998
	Nigeria	Jedna z pierwszych ważnych instalacji w Zachodniej Afryce	Rzeka Eskravos – Fenog (Nigeria) Gazociąg 1631 m @ stal 24" HDI = 40.800
	USA	Przekroczenie szerokiej drogi wodnej w trzech odcinkach, wiercenie pomiędzy platformami	Rzeka York – Mears Group (USA) Kable energetyczne 2225 m @ stal 8"
	USA	Dwa przekroczenia powyżej 2 km każde tworzące jedną linię	Zatoka Nueces w Teksasie – Laney (USA) Ropociąg 2210 m / 2226 m @ stal 16" HDI = 35.616
2012	Kolumbia	Trzy przekroczenia dużych rzek w ramach projektu Bicentennial Pipeline	Rzeka Tame – Nacap (Holandia) Ropociąg 1615 m @ stal 42" HDI = 67.830
	Niemcy	Cztery długie instalacje 36" w ramach projektu Jemgum	Jemgum – DrillTec Gut (Niemcy) Gazociąg 1716 m @ stal 36" HDI = 61.776
	USA	Instalacja energetyczna pod dnem zatoki w Alabamie	Wolf Bay – Southeast Directional Drilling (USA) Energetyka 1890 m @ stal 36" HDI = 68.040
	USA	Jedna z najdłuższych północnoamerykańskich instalacji zrealizowana metodą Intersect	Jezioro Houston – Laney Directional Drilling Gazociąg 3344 m @ stal 6"
	USA	Budowa linii energetycznej w Północnej Karolinie	Rzeka Cape Fear – Michels Directional Crossings (USA) Energetyka 2072 m @ wiązka kabli w HDPE
	Grenlandia	Dwa przekroczenia linii brzegowej na głębokości 200 m pod dnem morza	Zatoka Greenland Sana – Visser @ Smit Hanab (Holandia) Telekomunikacja 2 x 1150 m @ ostona z rur płuczkowych

TAB. 2. cd. Najistotniejsze projekty i wydarzenia w historii techniki HDD. Kolorem czerwonym zaznaczono wydarzenia związane z polskimi firmami lub rynkiem polskim

Rok	Kraj	Wydarzenie	Projekt HDD
2013	USA	Digital Control (DCI) wprowadza F5 SST Guidance System	
	Chiny	Trzy równoległe przekroczenia rzeki Jangcy z użyciem metody Intersect. Jeden z największych projektów w historii	Rzeka Jangcy – China Petroleum Pipeline Bureau (Chiny) Gazociąg 3 x 3279 m @ stal 28" HDI = 91.812
	Zjednoczone Emiraty Arabskie	Przekroczenie szerokiej cieśniny morskiej pomiędzy wyspami Abu Dhabi Metoda Intersect. Najdłuższy otwór na Bliskim Wschodzie	Ras Ghurab Water Supply – Tatco Boring (ZEA) Wodociąg 3829 m @ stal 20" HDI = 76.580
	USA	Dziewięć otworów wierconych w ramach projektu budowy nowej magistrali gazowej New Jersey – Nowy Jork	Cieśnina Kill Van Kull – Michels Directional Crossing (USA) Gazociąg 2469 m @ stal 30" HDI = 74.070
	Holandia	Projekt DNWW w Rotterdamie, pierwszy spektakularny INTERSECT z wykorzystaniem metody GST RADAR	Kattendrecht, Rotterdam – Visser & Smit Hanab (Holandia) Ciepłownictwo 1500 m @ stal 24" HDI = 36.000
	Nigeria	Jedna z najdłuższych instalacji na kontynencie afrykańskim	Rzeka Niger – Fenog (Nigeria) Gazociąg 2800 m @ stal 26" HDI = 72.800
	Chiny	Aplikacja urządzenia wiertniczego klasy 10.000 kN Masa rurociągu: 1180 t	Rzeka Qinhe – Hongtai HDD Engineering (Chiny) Wodociąg 1827 m @ stal 40" HDI = 73.080
	USA	Metoda Intersect, wiercenie pod trudno dostępnym terenem bagiennym	Rzeka Sabine w Teksasie – Ranger Field Services (USA) Gazociąg 3372 m @ stal 12" HDI = 40.464
	Holandia	Zabudowa wstępnie wygiętych rur w otworze o promieniu 250 m, spawanie w trakcie procesu instalacji	Beverwijk – Wijngaarden – Visser & Smit Hanab (Holandia) Gazociąg 169 m @ stal 48"
	USA	Skomplikowana geometria, dwie krzywizny horyzontalne, Intersect, dwa casingi	Rzeka Elizabeth – Mears Group (USA) Wodociąg 1362 m @ stal 36" HDI = 49.032
Polska	Największy kontrakt w historii polskiego HDD – 19 przekroczeń w ramach projektu Gustorzyn – Rembelszczyzna	Rzeka Wisła – Nawitel Wrocław Gazociąg 1342 m @ stal 28" HDI = 37.576	
2014	USA	Najwyższy wskaźnik trudności otworu w historii Objętość zainstalowanego rurociągu 1808 m ³	Rzeka Missisipi – Michels Directional Crossing (USA) Ropociąg 2755 m @ stal 36" HDI = 99.180
	Holandia	Jeden z największych kontraktów wiertniczych w Europie zakładający ponad 30 instalacji rurociągu 48"	Wijngaarden – Beverwijk Visser&Smit Hanab (Holandia) Gazociąg 1602 m @ stal 48" HDI = 76.896
	Holandia	Cztery wiercenia Intersect o długości 2,5 km każde, dające w sumie dwie 5 km linie energetyczne	Projekt Haringvliet – Visser&Smit Hanab (Holandia) Kable energetyczne 4 x 2500 m @ HDPE 18"
	Indie		Rzeka Narmada – Punj LLOYD (Indie) Gazociąg 2098 m @ stal 24" HDI = 50.352
	Meksyk		Projekt Burelo (tereny prywatne) – Arendal (Meksyk) Ropociąg 1598 m @ stal 36" HDI: 57.528
	Polska	Dwa wiercenia w ramach budowy magistrali gazowej Gdańsk – Szczecin. Pierwszy przypadek użycia wiertnic klasy 1000kN dla instalacji rurociągów 28" na dystansie powyżej 1000 m	Bukowy Las Górki / Dolina Łupawy – PPI Chrobok Gazociąg 1183 m @ stal 28" Gazociąg 1113 m @ stal 28" HDI = 33.124
	Polska	Rekordowa zmiana azymutu w trakcie wiercenia (60 stopni)	Projekt Elektrociepłownia gazowa Orlen – Nawitel Gazociąg 1335 m @ stal 12 ¼"
Indie		Rzeka Ganges – Trenchless Engineering Services (Indie) Gazociąg 2325 m @ stal 24" HDI = 55.800	

TAB. 2. cd. Najistotniejsze projekty i wydarzenia w historii techniki HDD. Kolorem czerwonym zaznaczono wydarzenia związane z polskimi firmami lub rynkiem polskim

Rok	Kraj	Wydarzenie	Projekt HDD
2015	Świat	Szacuje się, że liczba pracujących wiertnic HDD przekroczyła 30 tysięcy	
	Holandia	Pierwsze w pełni funkcjonalne urządzenie HDD z napędem elektrycznym. Projekt, koncepcja i produkcja – Normag bv	
	Kanada	Najdłuższa instalacja rurociągu stalowego 42" w historii w ramach projektu Northern Courier Pipeline	Rzeka Athabasca – Michels Directional Crossing (USA) Ropociąg 2195 m @ stal 42" HDI = 92.190
	Chiny	Najdłuższe przekroczenie w Chinach	Rzeka Jangcy – China Petroleum Pipeline Bureau (Chiny) Gazociąg 3440 m @ stal 24" HDI = 82.660
	Litwa	Najdłuższa instalacja HDD wykonana przez polską spółkę wiertniczą. Otwór wywierony pojedynczym urządzeniem klasy 4000kN	Kłajpeda Terminal LNG – Albrehta Biała Podlaska Gazociąg 2300 m @ stal 28" HDI = 64.400
	Malezja		Cieśnina Malakka – Mersing Construction and Engineering (Malezja) Wodociąg 1960 m @ stal 16" HDI = 31.360
2016	Kanada	Szereg przekroczeń linii brzegowej o długości powyżej 2 km dla połączenia Nowej Funlandii i Nowej Szkocji podmorską linią energetyczną	Projekt Maritime Link Kable energetyczne – Direct Horizontal Drilling (Kanada)
	Bangladesz	Wiercenie w złożonych warunkach geologicznych na głębokości 70m	Rzeka Padma – China Petroleum Pipeline Bureau (Chiny) Gazociąg 2210 m @ stal 30" HDI = 66.300
	Bułgaria - Rumunia	Dwa równoległe otwory wywiercone w krasowej skale wapiennej pod dnem granicznej rzeki	Rzeka Dunaj – LMR Drilling (Niemcy) Gazociąg 2085 m @ 20" & 2079 m @ stal 20" HDI = 41.700
	USA	Dwa równoległe otwory o długości powyżej 3 km każdy	Sztuczne jezioro Sakakawea – Michels Directional Crossing (USA) Ropociąg 3421 m @ stal 16" Gazociąg 3472 m @ stal 16" HDI = 55.552
	Niemcy	Jednostopniowe poszerzenie otworu wiertniczego do średnicy 70"	Rzeka Szprewa – Visser & Smit Hanab (Holandia) Odwodnienie kopalni 220 m @ HDPE 56"
	Polska	Pierwsze instalacje rurociągów stalowych DN1000 w Polsce	Magistrala gazowa Czeszów – Wierzchowice Cztery przekroczenia DN1000 – PPI Chrobok i ZRB Janicki o długości od 480 do 670 m
	Polska	Najdłuższe przekroczenie linii brzegowej w ramach projektu we Władysławowie dla Lotos Petrobaltic	Landfall – Nawitel Wrocław Gazociąg 1433 m @ 5"
2016 - 2017	Turcja	Cztery przekroczenia dla instalacji rur stalowych DN 1400 w ramach budowy magistrali gazowej TANAP Najdłuższa instalacja tej klasy rurociągu w Europie	Rzeka Sakarya – Visser and Smit Hanab (Holandia) Gazociąg 1104 m @ stal 56" HDI = 61.824
2017	Holandia	Pierwsze przekroczenie powyżej 4 km Najdłuższa instalacja HDD w historii Radar Intersect, głębokość wiercenia 85 m	Cieśnina morską pomiędzy Texel i Den Helder LMR Drilling (Niemcy) Wodociąg 4608 m @ stal 12" HDI = 55.296
	Nowa Zelandia	Metoda Intersect, rock drilling	Zatoka portowa Tauranga – AJ Lucas (Australia) Kanalizacja 1550 m @ stal 36" HDI = 55.800
	Egipt		Rzeka Nil – FlowTex Egypt Gazociąg 976 m @ stal 42" HDI = 40.992
	Polska	Najdłuższy otwór w Polsce wywierony w litej skale (flisz karpacki)	Rzeka San – ZRB Janicki Gierattowice Gazociąg 980 m @ stal 28" HDI = 27.440
2018	Grecja	Najdłuższa instalacja rurociągu stalowego DN1200 w historii w ramach budowy międzynarodowej magistrali gazowej Trans Adriatic Pipeline	Rzeka Axios – HDI Horizontal Drilling International (Francja) Gazociąg 1809 m @ stal 48" HDI = 86.832
	Australia	Projekt Caloundra Sewerage Pipeline	Nicklin Way – Pipeline Drillers (Australia) Kanalizacja 1600 m @ HDPE 36" HDI = 56.693

TAB. 2. cd. Najistotniejsze projekty i wydarzenia w historii techniki HDD. Kolorem czerwonym zaznaczono wydarzenia związane z polskimi firmami lub rynkiem polskim