

BEZWYKOPOWA BUDOWA

ANALIZA
WYBORUTECHNIKI
BUDOWYJAKOŚCIOWA OCENA
PROCESU WIERTNICZEGO■ ROBERT OSIKOWICZ
ROE

(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 ponad 20 referatów wygłoszonych na międzynarodowych konferencjach technicznych, a także 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 międzynarodowej branżowej organizacji wiertniczej Drilling Contractors Association (DCA-Europe).





Z TEKSTU DOWIESZ SIĘ:

- ☑ jakie są zalety technik HDD i Direct Pipe
- ☑ w jaki sposób wykonać analizę wyboru techniki
- ☑ co składa się na wieloparametrową ocenę jakości procesu wiertniczego

Planując bezwykopowe instalacje rurociągów stalowych na dystansach przekraczających kilkaset metrów, projektanci mają obecnie do wyboru dwie techniki budowy: HDD lub Direct Pipe®. Dla podjęcia optymalnej decyzji należy wziąć pod uwagę szereg warunków brzegowych stosowania poszczególnych metod konstrukcyjnych, ocenić najważniejsze czynniki wpływu i wnikliwie przeanalizować kryteria oceny przydatności danej techniki do konkretnego przypadku. Zarówno Inwestor, jak i Projektant powinni

dobrze rozpoznać ich zalety i limity stosowania. Wybór powinien być w pełni świadomy i prawidłowo uzasadniony.

INFORMACJE PODSTAWOWE O TECHNIKACH BUDOWY

W tab. 1 zaprezentowano podstawowe cechy i parametry zarówno HDD, jak i DP. Jak wynika z lektury danych, HDD jest techniką dobrze znaną w Polsce. Dzięki niej zrealizowano około 120 projektów z wykorzystaniem

rur stalowych, identyfikowanych jako projekty duże (HDI > 10.000), bardzo duże (HDI > 20.000) i ekstremalne (HDI > 40.000). Direct Pipe® może pochwalić się dwudziestoma pięcioma instalacjami spełniającymi powyższe kryteria. Większa popularność HDD wynika ze znacznie dłuższej obecności na rynku, ale także z faktu, że DP stosowane jest w węższym zakresie średnic. Analizując wykres (rys. 1), możemy zaobserwować rozkład polskich projektów zrealizowanych w latach 1991–2022. Grafika wskazuje na aktualne li-

Parametr	Technika budowy	
	HDD	DP
Rozwinięcie skrótu	Horyzontalne Wiercenie Kierunkowe Horizontal Directional Drilling	Direct Pipe®
Pierwsza instalacja na świecie Pierwsza instalacja w Polsce	1971 1991	2007 2016
Definicja	Płuczkowe wiercenie kierunkowe po zdefiniowanej trajektorii z użyciem przewodu wiertniczego	Technika hybrydowa polegająca na wierceniu po zdefiniowanej trajektorii z jednoczesną instalacją stalowego rurociągu
Ilość zrealizowanych projektów dla instalacji rur stalowych	Polska	Polska
HDI > 40.000	4	1
40.000 > HDI > 20.000	31	12
20.000 > HDI > 10.000	84	12
10.000 > HDI > 5.000	75	1
Skala zrealizowanych projektów	HDI	HDI
TOP 1	47.200	56.000
średnia TOP 3	44.453	44.528
średnia TOP 10	38.364	33.247
średnia TOP 20	33.565	26.166
Maszyna robocza	wiertnica HDD	maszyna mikrotunelowa stacja pchająca
Urabianie formacji	mechaniczno-hydrauliczne	mechaniczne
Rodzaj narzędzia urabiającego	świdry, poszerzacze	tarcza mikrotunelowa
Transport urobku	płuczkowy w przestrzeni pierścieniowej otworu	płuczkowy w rurociągach
Wymuszenie obiegu płuczkowego	pompa wysokiego ciśnienia	system pomp niskiego ciśnienia
Nawigacja w otworze	MGS / GST	GST
Ilość etapów prac wiertniczych	2-4	1
Parametry wiertnicze: nacisk obroty strumień płuczki	średni średnie – wysokie wysoki	wysoki niskie średni
Zasięg instalacji (długość): świat Polska	5200 m 1800 m	2000 m 1400 m
Wymagane przykrycie	>10D	>5D
Średnica rurociągów stalowych świat Polska	4" – 60" 4" – 40"	28" – 56" 28" – 48"
Lokalizacje: instalacje lądowe instalacje na styku lądu i morza	tak tak	tak tak
Typy instalacji: rurociągi ciśnieniowe rurociągi osłonowe	tak tak	tak tak
Najpopularniejsze aplikacje rurociągów stalowych w Polsce	gaz ropa	gaz kanalizacja
Metoda stabilizacji ściany otworu	płuczka wiertnicza / casing	instalowany rurociąg
Metoda Intersect	tak	nie
Overcut dla rurociągów od 28"	8" – 12"	4" – 5"
Operacje wiertnicze	na ogół po obydwu stronach pokonywanej przeszkody	po jednej stronie przeszkody
Metoda instalacji	PULL / PUSH (do 24")	PUSH
Możliwość balastowania rurociągów stalowych	tak całkowite lub selektywne	nie
Konkurencja na rynku usług	wysoka	niska
Dostawcy technologii	wiele źródeł	limitowana liczba źródeł

TAB. 1. | Podstawowe dane charakteryzujące technikę budowy

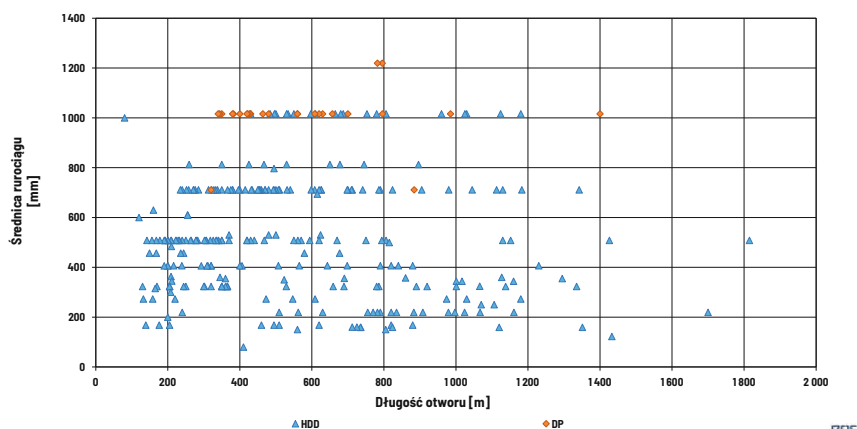
mity stosowania technik w układzie: X – długość instalacji, Y – średnica rurociągu.

Literatura przedmiotu wskazuje na szereg potencjalnych zalet. W przypadku HDD są to: setki udokumentowanych projektów, możliwość wiercenia długich i bardzo długich otworów o skomplikowanych trajektoriach, ustandaryzowane procedury, łatwa do realizacji wymiana narzędzi, możliwość instalacji wielorurowych, niskie obciążenia instalacyjne, umiarkowane koszty aplikacji. Z kolei DP charakteryzuje się wysoką dokładnością położenia instalacji, szeroką tolerancją wobec zastanych warunków geologicznych, możliwością realizacji płytkich profili i zredukowanym ryzykiem szczelinowania hydraulicznego nadkładu.

Techniki wykazują pewne podobieństwa. Do najbardziej istotnych należy zaliczyć: kształt trajektorii otworu, zastosowanie żyrokompasowych systemów nawigacji, wykorzystanie rozbudowanych systemów mechanicznej separacji faz i kondycjonowania płuczki, tożsame materiały płuczkowe, rejestratory procesu wiercenia, a także – w pewnych przypadkach – stacje pchające. Przy wszystkich wzmiankowanych podobieństwach istnieje wiele różnic, które mogą zaważyć na dokonaniu wyborze. Najbardziej widoczne to: sposób urabiania formacji, sposób podparcia ściany otworu, czas ekspozycji rurociągu na obciążenia instalacyjne, organizacja placu budowy.

ANALIZA PORÓWNAWCZA

Celem przeprowadzenia analizy jest wybór najlepszego wariantu postępowania spośród dostępnych rozwiązań konstrukcyjnych. Porównanie dwóch pokrewnych metod wymaga wskazania cech jakościowych, które będą istotne dla ustalenia pokrewieństwa technik. Wybrane cechy będą podlegały ocenie – czy występują w obydwu metodach oraz czy ich stopień istotności jest podobny, czy też wręcz przeciwnie. Na podstawie selekcji odpowiednich cech metody i wskaźników technologicznych można przewidzieć prawdopodobieństwo zachodzenia konkretnych zdarzeń w ramach projektów. Analiza tego typu może stanowić istotne narzędzie zarządzania projektem, dając możliwość wyodrębnienia



RYS. 1. Chmura projektów HDD i DP zrealizowanych w Polsce (rurociągi stalowe)

(selekcji) lepszych, tańszych lub bezpieczniejszych technik i praktyk postępowania.

W analizach porównawczych można popełnić kilka błędów, do których należą: subiektywny wybór kryteriów oceny, jednokowy poziom istotności dla wszystkich analizowanych parametrów – brak hierarchii oraz brak wyróżnionych parametrów (lub metodyki oceny), które mogą całkowicie wykluczyć wybór techniki niemożliwej do zastosowania w konkretnych warunkach.

MONITORING PROCESU KONSTRUKCYJNEGO

Porównując dostępne metody bezwykopowej budowy rurociągów stalowych, powinniśmy przeprowadzić analizę, której jednym z podstawowych elementów będzie umiejętność weryfikacji jakości planowania działań i jakości prowadzonych operacji wiertniczych. W tab. 2 zestawiono typowe dokumenty powstające w trakcie całego cyklu realizacji projektu rurociągowego. Wymagana dokumentacja ważnej inwestycji rurociągowej powinna być tworzona według szczegółowych wytycznych Inwestora, branży konstrukcyjnej i być zgodna z aktualnie obowiązującymi aktami normatywnymi.

W ramach niniejszego artykułu omówimy dwie analizy. Jedna z nich powstaje na etapie projektowania inwestycji (analiza wyboru techniki), druga jest przykładem analizy tworzonej w trakcie realizacji robót wiertniczych (wieloparametrowa ocena jakości procesu wiertniczego).

ANALIZA WYBORU TECHNIKI

Zagadnienie wyboru i oceny projektów (metod działania) ze względu na ich złożoność niejednokrotnie jest działaniem trudnym. Decyzja dotycząca zastosowania konkretnego rozwiązania technicznego wymaga przeanalizowania wielu (kilku, a nawet kilkunastu) czynników technologicznych, geologicznych, środowiskowych, specyficznych uwarunkowań lokalnych, wreszcie strony ekonomicznej przedsięwzięcia. Stosowane kryteria oceny są często trudno porównywalne, a mają znaczący wpływ na realizację i funkcjonowanie danego projektu. Różnicowane kryteria pozwalają jednak na ocenę projektów z różnych punktów widzenia. Kluczowe jest przy tym jasne i czytelne określenie warunków oceny walorów technicznych danego rozwiązania.

Zaleca się wykorzystanie analizy wielokryterialnej zarówno na etapie wyboru techniki, jak i na etapie wiertniczym. Jest to metoda wspomagająca skutecznie proces decyzyjny. Wykorzystywana jest do oceny i wyboru optymalnego rozwiązania spośród analizowanych alternatywnych wariantów. Dzięki niej możemy uniknąć podejmowania decyzji w sposób przypadkowy i nieracjonalny. W celu należytej oceny wariantów przyjęto grupy kryteriów, które powinny zostać uwzględnione w analizie. Każdej grupie kryteriów przypisano wagę, tj. współczynnik ważności danej grupy w porównaniu do pozostałych grup. Następnie w każdej grupie wyznaczono główne czynniki wpływające na ocenę. Korzystający z kon-

Etap inwestycji	Rodzaj dokumentu	
	HDD	DP
Etap projektowania	Dokumentacja Geologiczno-Inżynierska Projekt wykonawczy Analiza wyboru techniki Analiza wykonalności Analiza ryzyka	
Etap kontraktowania	Specyfikacja istotnych warunków zamówienia Kalkulacje techniczne i ekonomiczne Procedura przetargowa (składanie ofert) Umowa z wykonawcą robót Zamawianie towarów, materiałów i usług specjalistycznych	
Etap planowania działań wiertniczych	Technologiczny plan wykonalności (instrukcja wiercenia) Harmonogram prac	
Etap mobilizacji	Protokół kolaudacji (dopuszczenia do prac wiertniczych)	
Etap prefabrykacji rurociągu, izolowania i testów	Protokoły techniczne dopuszczające rurociąg do instalacji	
Etap wiertniczy	Raport kierownika wiertni	Raport kierownika budowy
	Raport wiertacza	Raport z drążenia tunelu
	Raport wiercenia kierunkowego	Raport nawigacji w otworze
	Raport serwisu płuczkowego	
	Raport Inspektora Nadzoru (WNI)	
	Wieloparametrowa ocena jakości procesu wiertniczego	
Etap odbioru prac	Ocena stanu izolacji zewnętrznej rurociągu na podstawie parametru r_{co} – jednostkowej rezystancji przejścia Raport podsumowujący roboty wiertnicze	
Etap demobilizacji	Protokół likwidacji (utylizacji) produktów pozostałych po procesie wiertniczym Protokół zamknięcia projektu	

TAB. 2. | Podstawowe dokumenty tworzone w trakcie planowania i realizacji instalacji bezwykopowych o wskaźniku HDI powyżej 10.000

cepcji omówionej w niniejszej pracy może dowolnie kształtować wagi poszczególnych kryteriów, modyfikować je, rozszerzać lub upraszczać w zależności od swoich potrzeb.

KRYTERIA OCENY I ICH WAGA
DLA WYBORU TECHNIKI
KONSTRUKCYJNEJ

Proponuje się wyróżnienie sześciu kryteriów oceny, do których można zaliczyć:

- 1. geometrię instalacji,
- 2. warunki geologiczne,
- 3. warunki zabudowy,
- 4. parametry rurociągu,
- 5. parametry technologiczne,
- 6. parametry ekonomiczne.

Udział w ostatecznej ocenie dla poszczególnych kryteriów waha się od 15 do 25%. Ustalenie wagi dla konkretnego kryterium

powinno być pozostawione Projektantowi lub jego Konsultantowi. Specyfika każdego z analizowanych zadań będzie determinować wzmacnianie lub osłabianie wpływu danego kryterium oceny.

WIELOPARAMETROWA OCENA
JAKOŚCI PROCESU WIERTNICZEGO
WEDŁUG METODYKI ROE

Proponuje się wykorzystanie dziewięcioparametrowej oceny jakości procesu. Siedem parametrów zostało przyjętych jako cechy wspólne dla HDD i DP. Dwa parametry są różnicowane i świadczą o pewnej odrębności technik. Zaleca się dokonywanie codziennej oceny. Prowadzenie bieżącej analizy jakości pozwala na ocenę prawidłowości przyjętych założeń projektowych oraz ocenę celowości zastosowanych procedur wiertniczych. Konsekwencją tego może być też ocena stopnia

dopasowania zgromadzonego sprzętu, materiałów i przyjętych rozwiązań technologicznych. Bezpośrednim zyskiem płynącym z wdrożonej analizy jest trwałe obniżenie poziomu ryzyka operacyjnego i możliwość utrzymania racjonalnych kosztów projektu.

Wśród analizowanych cech znalazły się między innymi: postęp wiercenia, odwzorowanie trajektorii otworu, obciążenia rejestrowane w trakcie procesu (T&D), bilans objętości płynu wiertniczego i bilans masy zwiercanej formacji, obciążenia kalibracyjne i instalacyjne, stan zabezpieczenia mechanicznego rurociągu. Każdemu z dziewięciu wytypowanych parametrów należy przydzielić wagę (procentowy udział) w ocenie ogólnej.

Punktem odniesienia są zapisy w projekcie budowlanym i wymagania Inwestora.

Jakość procesu jest ustalana za pomocą analizy danych uzyskiwanych z bezpośrednich i pośrednich pomiarów parametrów wiercenia. Wysoka jakość procesu może być potwierdzona lub zakwestionowana na podstawie lektury wszelkiego typu raportów tworzonych dla potrzeb projektu. Kształt i zakres obowiązkowych raportów powinien być znany Stronom. Dokumenty powinny spełniać standardy przemysłu wiertniczego.

MINIMALNE WYMAGANIA
JAKOŚCIOWE

Wymagana jakość procesu (stanu technicznego otworu) będzie zależna od stopnia trudności projektu. Istnieje silna korelacja pomiędzy wymaganym stanem technicznym a wskaźnikiem HDI wynikającym z uwzględnienia długości otworu i rozmiaru przewidywanego do instalacji rurociągu. Uzyskana jakość procesu jest też silnie skorelowana z obciążeniami instalacyjnymi. Im niższa ocena jakości, tym wyższe prawdopodobne obciążenia instalacyjne, które należy przezwyciężyć, i wyższe ryzyko operacyjne związane z projektem. Zarządzanie jakością procesu (i jej mierzalnym poziomem) jest czynnością obowiązkową dla projektów wiertniczych o wskaźniku HDI powyżej 20.000 (identyfikowalnych jako bardzo duże) i silnie rekomendowaną dla projektów dużych (HDI > 10.000).

Zarządzanie jakością obejmuje planowanie jakości, sterowanie jakością, zapewnienie ja-

Numer	Kryterium	Stopień istotności	Główne czynniki wpływające na ocenę
1	Geometria instalacji	15-25%	długość instalacji przykrycie nad instalacją maksymalna głębokość otworu promienie krzywizn sumaryczne zmiany inklinacji i azymutu różnica rzędnych wejście / wyjście parametry geometryczne przekraczanej przeszkody
2	Warunki geologiczne	15-20%	formacje geologiczne na trasie wiercenia formacje geologiczne występujące w nadkładzie anomalie: żwiry, kamienie aktywne chemicznie iły grunty o niskiej wytrzymałości lite formacje skalne występowanie wody gruntowej powyżej linii wiercenia
3	Warunki zabudowy	15-20%	dostęp do wymaganych powierzchni placów konstrukcyjnych drogi dojazdowe instalacja rurociągu w kilku odcinkach dostęp do wody technologicznej (konsumpcja) utyliczacja szlamu i urobku konieczność wykonywania komór roboczych dostęp do terenu nadległego potencjalne źródła zakłóceń systemów nawigacji warunki atmosferyczne
4	Parametry rurociągu	15-20%	średnica zewnętrzna, grubość ścianki rurociągu rodzaj zastosowanej izolacji calizny rury i spoin stan naprężeń w rurociągu ryzyko wyboczenia czas ekspozycji w trakcie instalacji balastowanie rurociągu jednostkowe obciążenia instalacyjne wymagany poziom jednostkowej rezystancji przejścia
5	Parametry technologiczne	15-20%	szybkość mobilizacji postęp wiercenia (wydajność tworzenia otworu) trwałość narzędzi wymagana dokładność położenia instalacji ryzyko szczelinowania hydraulicznego elastyczność techniki referencje dla projektów standardy techniczne
6	Parametry ekonomiczne	15-25%	koszty mobilizacyjne koszty robót ziemnych i budowy komór koszty zaangażowanego sprzętu koszty personelu koszty prowadzenia robót koszty materiałów i utylizacji poziom konkurencji na rynku usług ryzyko operacyjne

TAB. 3. | Zestawienie kryteriów wyboru techniki wiertniczej

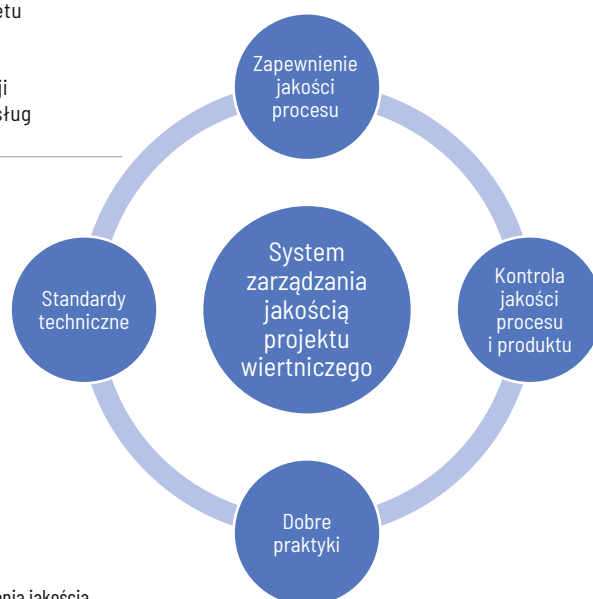
kości i jej doskonalenie. Jest ono realizowane poprzez wszelkie działania mające na celu przygotowanie programów technologicznych, planowanie i wdrażanie procedur, szkolenie personelu, kierowanie projektem i nadzorowanie realizowanych prac w kontekście jakości. Celem nadrzędnym powinno być przygotowanie gotowego produktu na wymaganym przez Klienta poziomie. Należy wskazać na następujące etapy działania: określanie za-

łożonych i niezbędnych do osiągnięcia celów (parametrów), kierowanie i sterowanie procesem wiercenia zmierzające do wytyczonych celów i w końcu ocenę uzyskanych rezultatów. Dodatkowym etapem może być korygowanie zaobserwowanych błędów.

Zapewnienie jakości (QA) i kontrola jakości (QC) to złożone procesy, które mają doprowadzić do uzyskania satysfakcjonującego poziomu bezpieczeństwa inwestycji. Pojęcia te są na ogół traktowane łącznie, gdyż procesy zapewnienia i kontroli jakości są nierozrwalne. System QA koncentruje się na planowaniu, ewidencji i zbiorze rekomendacji dla zapewnienia jakości procesu wiertniczego i produktu jakim jest skuteczna instalacja rurociągu w otworze wiertniczym. System QC skupia się na wykrywaniu niezgodności, uchybień i wad procesu (produktu). QC jest narzędziem, które pozwala upewnić się czy zostały spełnione nałożone na Wykonawcę wymagania jakości wykonania produktu (otwór / rurociąg w otworze) i usługi (proces / procedura). Na rys. 2 zaprezentowano w sposób graficzny instrumenty służące zapewnieniu, kontroli i ocenie jakości w projekcie wiertniczym (Quality Management System). Obejmują one także dobre praktyki wiertnicze i obowiązujące standardy i wytyczne techniczne.

PODSUMOWANIE

Zaprezentowane w artykule założenia dla dwóch analiz nie wyczerpują oczywiście



RYŚ. 2. | Zintegrowany system zarządzania jakością

Numer	Parametr / cecha	Dane brane pod uwagę	
		HDD	DP
1	Wydajność wiercenia	Ocena postępu wiercenia w kontekście przyjętego harmonogramu (powyżej lub poniżej oczekiwań) lub też w kontekście podobnych zrealizowanych projektów. Ocena musi uwzględniać możliwości techniczne urządzenia wiertniczego, systemu płuczkowego oraz typ formacji.	
2	Jakość profilu (stopień odwzorowania trajektorii)	Ocena wykonanego profilu w kontekście uzgodnionych założeń projektowych i standardów przemysłu. Zakładana jest poprawność i wykonalność profilu. Brane są pod uwagę w trakcie wiercenia lokalne i uśrednione promienie krzywizny, odejście od planowanej osi, punktów referencyjnych i zakładanego celu.	
3	Bilans fazy stałej (stopień oczyszczenia otworu)	Bilansowanie przepływów i zwieranej fazy stałej Bilans masy odseparowanej i trwale zawieszanej o granulacji poniżej skuteczności systemu separacji.	
4	Jakość cyrkulacji w otworze	Ocena stopnia zaników wgłębników w stosunku do objętości płuczki załoczonej do otworu. W analizie nie bierze się pod uwagę objętości płuczki niezbędnej do wypełnienia otworu i strat ponoszonych w systemach separacji faz.	
5	Integralność otworu (stabilność ściany otworu)	Szczelność otworu, kawerny, zapadliska na powierzchni, szczeliny, wręby, uskoki, migracja wody gruntowej do otworu, cyrkulowanie płuczki do punktów niewłaściwych, migracja cieczy smarnej na powierzchnię terenu.	
6A	Analiza Torque and Drag (obciążenie przewodu wiertniczego)	Ocena uśrednionego współczynnika tarcia rejestrowanego przy pchaniu / ciągnięciu i rotacji przewodu.	-
6B	Skuteczność procesu smarowania przestrzeni pierścieniowej	-	Ocena objętości załaczanej cieczy smarnej do pojemności teoretycznej przestrzeni pierścieniowej pomiędzy ścianą otworu a instalowanym rurociągiem.
7A	Analiza Torque and Drag (zachowanie narzędzi wiertniczych)	Jakość pracy narzędzi na spodzie, zaciąganie w trakcie zapuszczania do otworu, wyciąganie z otworu i w marszach kalibracyjnych, utykanie na przeszkodach, we wrębach, uskokach i innych deformacjach. Ocena musi uwzględniać aktualny poziom obciążeń wynikających z obecności przewodu wiertniczego.	-
7B	Analiza Torque and Drag (tarcza mikrotunelowa)	-	Ocena rejestrowanej siły nacisku na tarczę i momentu obrotowego w trakcie wiercenia w kontekście uzyskiwanego postępu liniowego.
8	Siła instalacyjna (siła potrzebna do przesuwania rurociągu)	Siła instalacyjna odniesiona do powierzchni poboczniczy instalowanej rury. Decydujące znaczenie dla oceny będzie miała końcowa siła instalacyjna, wykluczająca opory wynikające z obecności narzędzi i przewodu wiertniczego w otworze.	Siła przeciskowa odniesiona do powierzchni poboczniczy instalowanej rury. Monitorowana jest zarówno siła statyczna (dla uruchomienia ruchu) i dynamiczna (dla utrzymania ruchu). Decydujące znaczenie dla oceny będzie miała końcowa siła instalacyjna, wykluczająca opory wynikające z obecności głowicy mikrotunelowej w otworze.
9	Stan izolacji rurociągu	Post-instalacyjna ocena stanu izolacji zewnętrznej rurociągu na podstawie parametru r_{co} – jednostkowej rezystancji przejścia. Punktem odniesienia są zapisy w projekcie budowlanym i wymagania Inwestora.	

TAB. 4. | Zestawienie parametrów oceny jakości procesu HDD i DP

całości zagadnienia, jakim jest planowanie i realizacja projektu zmierzającego do instalacji rurociągów stalowych metodami wiertniczymi. Projektanci coraz częściej otrzymują zadanie projektowania wariantowego, to znaczy przygotowania założeń dla wykonania projektu przekroczenia metodą podstawową (preferowaną na etapie opracowania koncepcji), jak i alternatywną. Należy więc przeprowadzić dla każdego zadania

odrębną analizę wyboru umożliwiającą ustalenie hierarchii dostępnych technik. Należy też doprecyzować wymagania techniczne identyfikowane jako spełnienie oczekiwań Klienta w kontekście jakości. Dla tak postawionego problemu niezbędne jest stworzenie i wdrożenie modelu umożliwiającego dokonanie pomiarów ilościowych w obszarze jakości procesu wiertniczego i jakości produktu, jakim jest zainstalowany w otwo-

rze rurociąg. Opracowanie uniwersalnego zbioru kryteriów do mierzenia (szacowania) jakości jest trudne ze względu na fakt, że poszczególne projekty są unikatowe. Ważne jest, aby spełniać wymagania jakościowe zapisane w specyfikacji kontraktu. Ponadto dla zapewnienia sobie korzystnej pozycji w następnym przetargu, warto spełnić oczekiwania Klienta z pewnym rozsądnym nadmiarem. |