

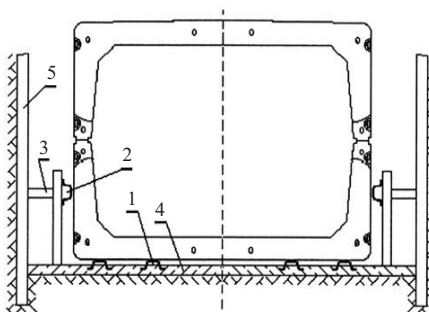
dr inż. Bogdan Przybyła¹⁾

Przecisk hydrauliczny – klasyczna technika bezwykopowa w zmieniających się odśłonach

Podziemne obiekty liniowe, takie jak tunele, przepusty, a przede wszystkim rurociągi podziemnej infrastruktury sieciowej są obecnie często budowane z użyciem technologii bezwykopowych, określanych angielskim skrótem *no-dig* lub *trenchless technologies*. Zasadniczą ich cechą jest brak wykopów w trasie przebiegu budowanego obiektu, z wyjątkiem niezbędnych, o punktowym charakterze, sytuowanych najczęściej na początku i na końcu realizowanego odcinka. Zasadność stosowania metod bezwykopowych jest szczególnie widoczna w sytuacji pokonywania czynnych szlaków komunikacyjnych – dróg, ulic, linii kolejowych itp., ponieważ nie ma potrzeby zatrzymywania ruchu pojazdów w tych krytycznych miejscach realizacji.

Do najstarszych i najprostszych metod bezwykopowej realizacji należy **przecisk hydrauliczny** (ang. *pipe jacking*), stosowany w Polsce już w latach siedemdziesiątych XX wieku do przejść pod drogami i liniami kolejowymi z użyciem rur stalowych, następnie również żelbetowych, a w końcu do przeciskania prefabrykatów betonowych o różnych wymiarach. Należy przypomnieć, że w tej technice wykonano w latach 1997 – 1999 dwa krótkie tunele drogowe w Piotrkowie Trybunalskim w ciągu trasy W-Z, wraz z sąsiadującym tunelem pieszo-rowerowym. Dwa większe bliźniacze tunele miały wymiary 8 x 5 m przy długości 26 m. W trakcie realizacji, z użyciem zestawu siłowników hydraulicznych o łącznej sile 4000 kN, przeciskane były jednocześnie dwa elementy prefabrykowane o długości 1,20 m, tworząc razem prostokątny przekrój obudowy tunelu. Przecisk był

wykonywany pod osłoną rur stalowych, tworzących sztuczny strop (jako wariant metody *pipe-roofing*), na głębokości ok. 2,70 m pod czynną linią kolejową (rysunek 1). Była to pierwsza tego typu realizacja w Polsce. Podobne prace prowadzono później w Łodzi i w Nowym Sączu. Bardziej szczegółowo realizacja ta została opisana w [1].



Rys. 1. Schemat prefabrykowanej, żelbetowej obudowy tunelu wraz z prowadnicami na etapie przeciskania obudowy pod drogą [1]: 1 i 2 – prowadnice dolne i boczne z grodzic G 62; 3 – stalowa konstrukcja wsporcza dla prowadnicy bocznej; 4 – ściany boczne szybu startowego z G 62

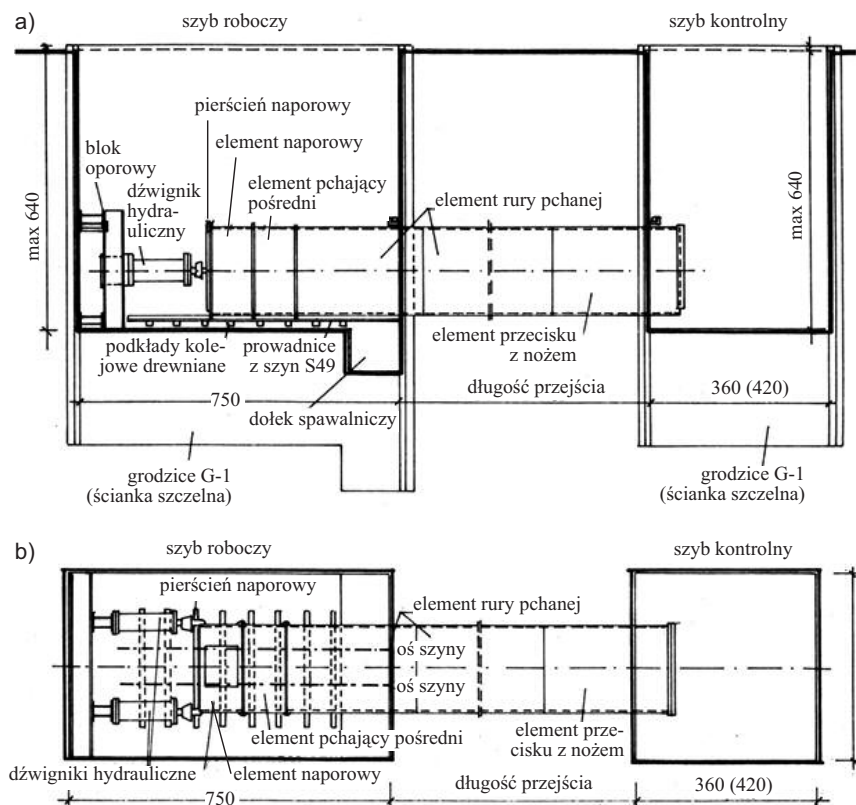
Najprostsza wersja przecisku zakłada wprowadzenie rury stalowej w przestrzeń gruntową, wciskanej tam z użyciem parzystej liczby siłowników hydraulicznych, między komorą startową wyposażoną w blok oporowy, o który zapierają się siłowniki, a komorą końcową po drugiej stronie pokonywanej przeszkody terenowej. Grunt jest urabiany na bieżąco i transportowany do komory startowej. W przypadku niewielkich przekrojów transport gruntu odbywa się z użyciem podajnika (transportera) ślimakowego (wersja bez udziału ludzi na przodku). Możliwe jest też wyflukiwanie gruntu z rury za pomocą lancy wodnej lub pneumatycznej – przez sprężenie powietrza i wypchnięcie gruntu rury z użyciem korka. Jest to wariant rozwiązania stosowany najczęściej w metodzie wbijania dynamicznego rur otwartych od czoła (*pipe*

ramming). W wariantach przecisku hydraulicznego z udziałem ludzi na przodku, transport urobionego gruntu prowadzony jest z użyciem wózków lub podajnika taśmowego (taśmociągu). W przypadku pokonywania nasypów lub przeszkód wyniesionych nad otaczającym terenem może nie być potrzeby wykonywania nawet płytkich komór startowej i końcowej. Wówczas projektant musi indywidualnie rozwiązać zagadnienie bloku oporowego, stanowiącego oparcie dla siłowników.

W przypadku metody z użyciem podajnika ślimakowego, stosowanej od dawna w Polsce, opracowano wewnątrz wytyczne prowadzenia prac. Na rysunku 2 przedstawiono schemat takiego tradycyjnego rozwiązania z komorami startową i końcową w obudowie z profili stalowych. W monografii [2] można znaleźć bardziej szczegółowe rysunki detali i opis zasad takiego prowadzenia prac. Przykładowe krajowe pozycje literaturowe prezentujące technologię przecisku hydraulicznego w bardziej współczesnej wersji to [3 ÷ 5].

Przyjmuje się, że klasyczne przeciski hydrauliczne pozwalają na realizację odcinków do ok. 60 m. Odległość ta jest ograniczona dokładnością realizacji w przedziale 1 – 2% długości realizowanego odcinka [6]. Zwiększenie długości przecisków jest możliwe, ale wymaga zastosowania rozwiązań umożliwiających kontrolę i utrzymanie założonego kierunku (w linii prostej), także, szczególnie przy większych przekrojach, ograniczenia siły tarcia na poboczniczy konstrukcji, szybko rosnącej z długością przecisku. Powoduje to konieczność zapewnienia nie tylko odpowiedniej mocy zestawu siłowników w komorze startowej, ale również napotyka barierę wytrzymałości materiału rurociągu realizowanego tą metodą. Innym czynnikiem ograniczającym długość

¹⁾ Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego; bogdan.przybyla@pwr.edu.pl



Rys. 2. Przecisk hydrauliczny rury stalowej, spawanej z odcinków o długości 4 m pod przeskodę między komorą startową a końcową (szyby startowy i kontrolny) [2]: a) przekrój pionowy; b) rzut poziomy (wymiar w centymetrach)

przecisku o małej średnicy jest transport urobionego gruntu na większe odległości przenośnikiem ślimakowym. Wymienione problemy (z wyjątkiem ostatniego) są rozwiązywane od dawna przez wtłaczanie suspensji, zmniejszającej tarcie między rurą a gruntem na całej długości konstrukcji (rurociągu), zastosowanie pośrednich stacji siłowników hydraulicznych oraz systemów sterowania i kontroli. Wtedy mamy jednak do czynienia z rozwiązaniami będącymi na pograniczu metody mikrotunelowania (mikrotunelowanie traktowane jest w literaturze jako rozwinięcie zaawansowanej wersji przecisku hydraulicznego).

Współcześnie przeciski rur stalowych w klasycznej wersji metody wykonywane są rzadziej, ze względu na upowszechnienie metod przewiertu poziomego niesterowanego i sterowanego (*boring* i *guided boring*). Ponadto w grunt wprowadzane są obecnie najczęściej rury z innych materiałów – betonowe, kamionkowe, polimerobetonowe, GRP, ewentualnie bazaltowe. Klasyczna wersja dalej jednak znajduje zastosowanie, szczegól-

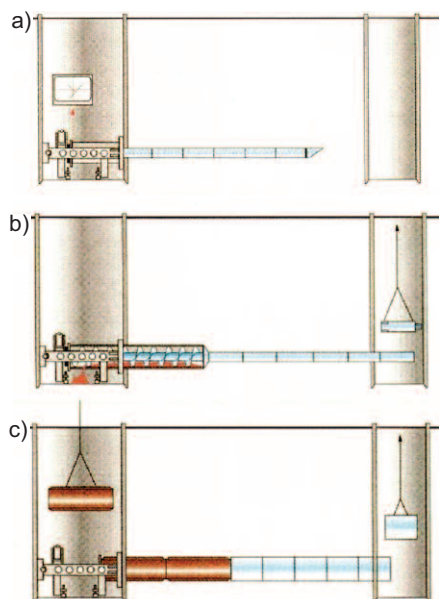
nie w trudnych przypadkach przejść rurociągami o dużej średnicy pod czynnymi drogami i liniami kolejowymi. W przypadku przekroju (od jednego do ponad trzech metrów) bardziej odpowiednio byłoby zastosowanie metody mikrotunelowania, ale pomimo jej niepodważalnych zalet przy krótkich odcinkach klasyczny przecisk jest bardziej korzystny ekonomicznie, a zakładana dokładność wykonania zazwyczaj wystarczająca. Grunt w tych wariantach urabiany jest najczęściej z użyciem koparki, pod osłoną stalowego płaszcza, o ostrzu usztywnianym poprzecznymi stężeniami (klasyczna tarcza do tunelowania), z transportem za pomocą wózków (koleb) różnej konstrukcji.

Przewiertki poziome niesterowane i sterowane

Techniki przewiertu poziomego niesterowanego i sterowanego (*boring* i *guided boring*) można traktować jako bardziej zaawansowane wersje klasycznej metody przecisku, stosowane obecnie powszechnie przy realizacji przejść

o długości odpowiednio do 80 i 60 m [2], z użyciem rur o przekroju kołowym i średnicy nieprzekraczającej DN 600. Transport urobku w tych metodach odbywa się wyłącznie z użyciem przenośnika ślimakowego, a charakterystycznym elementem jest powiązanie odcinków przenośnika z osłonową rurą stalową, stanowiącą część systemu. Rury osłonowe wraz z przenośnikiem są stopniowo demontowane w szybie wyjściowym po jego osiągnięciu (przewierceniu odcinka), a na ich miejsce sukcesywnie wciskane są od strony szybu startowego właściwe elementy projektowanego rurociągu (żelbetowe, kamionkowe, GRP, bazaltowe, stalowe). Przewiert poziomy składa się więc z dwóch charakterystycznych etapów (przewiert rur osłonowych i przecisk rur przewodowych), natomiast w przewiercie poziomym sterowanym etapy te są poprzedzone wierceniem pilotowym, w którym w przestrzeń gruntową wprowadzana jest, bez usuwania gruntu, stalowa żerdź pilotowa wraz z głowicą pilotową (wciskana z rozepchnięciem gruntu na boki). Dzięki prostemu systemowi kontroli monitorowane jest na bieżąco położenie głowicy pilotowej w gruncie i tym samym wszystkich żerdzi, a w razie potrzeby głowica umożliwia korektę odejścia od zakładanego kierunku realizacji. Wprowadzone w przestrzeń gruntową żerdzie ustalają precyzyjnie trajektorię przewiertu, prowadząc następnie narzędzie do rozwiercania gruntu, wraz z rurami osłonowymi. Zastosowanie tego wstępnego etapu z żerdziami pilotowymi diametralnie poprawiło dokładność realizacji i w połączeniu ze stosowanymi kompaktowymi maszynami przewiertowymi oraz możliwością wprowadzania w przestrzeń gruntową rur innych niż stalowe spawane zdecydowało o popularności tej metody. Na rysunku 3 pokazano etapy przewiertu sterowanego w klasycznym ujęciu, a na fotografii 1 przykładowe urządzenie prezentowane na targach Wod-Kan w Bydgoszczy.

Kontrola położenia głowicy pilotowej realizowana jest w przewiertach sterowanych przez obserwację położenia zamontowanej w niej tarczy celowniczej (rysunek 4). Schemat działania systemu kontroli przedstawiono na przykładzie zestawu nawigacyjnego rodzimej pro-



Rys. 3. Realizacja rurociągu metodą sterowanego przewiertu poziomego (z wierceniem pilotowym): a) etap 1 – wiercenie pilotowe (głowica pilotowa i żerdzie pilotowe); b) etap 2 – rozwiercania z transportem gruntu do komory startowej i przeciskiem rur osłonowych; c) etap 3 – przecisk rur przewodowych i demontaż rur osłonowych w komorze końcowej [Rys. autora na podstawie materiałów firmy Bohrtec]



Fot. 1. Przykładowe urządzenie do poziomego przewiertu sterowanego – widoczna żerdź pilotowa, pierwsza stalowa rura osłonowa z przenośnikiem ślimakowym i wiertnica zamontowana na torowisku Fot. autor

dukcji [6]. Zakłada się, że dokładność przecisków z wierceniem pilotowym wynosi ± 20 mm w pionie i ± 25 mm w poziomie [4], w przypadku maksymalnej długości realizacji.

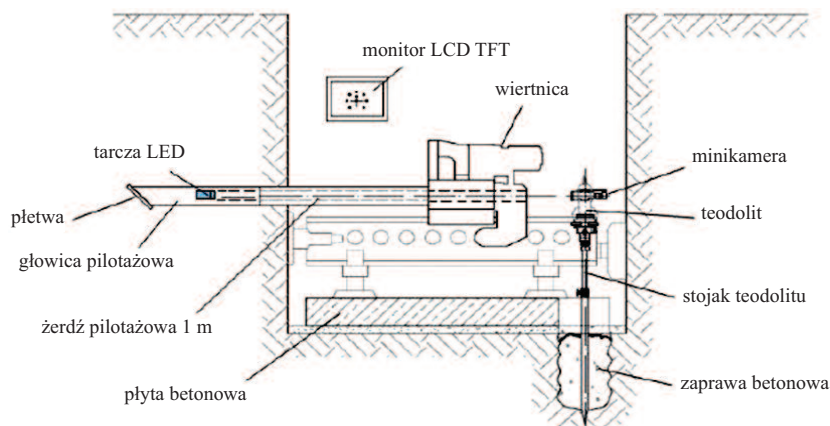
Rozwiązania niestandardowe i nowe techniki

Za szczególne rozwiązania w przewiertach poziomych można uznać systemy służące do wykonywania przyłączy kanalizacyjnych bezpośrednio z typowych, włazowych studzienek kanalizacyjnych lub nawet z wnętrza czynnych kolektorów kanalizacyjnych. Wymagało to odpowiedniej miniaturyzacji urządzeń i takiej ich konfiguracji, aby poszczególne elementy można było wprowadzić do wnętrza studzienki przez jej standardowy właz i dokonać montażu urządzenia. Zmianie uległy też żerdzie do przecisku pilotowego. Wynikało to nie tylko z konieczności dostosowania ich wymiarów do studzienek, lecz i ze sposobu wykorzystania. W trój-etapowym przewiercie poziomym, w przypadku, gdy żerdzie były rozmontowywane w wykopie końcowym (rysunek 3b), teraz z zasady służą do wciągnięcia przewodu docelowego na drodze powrotnej z wykopu końcowego do miejsca zamontowania wiertnicy.

Rozwiązania poszczególnych producentów różnią się w szczegółach, ale w większości z nich wprowadzenie docelowego rurociągu odbywa się od strony wykopu roboczego w kierunku do studzienki, w której zlokalizowana jest wiertnica. Alternatywnie pozwalają one również na wykonywanie przewiertów od studzienki do studzienki kanalizacyj-

nej lub od studzienki do ściany piwnicznej czy fundamentowej budynku, aby po jej przewierceniu wprowadzać rury od strony piwnicy budynku w przestrzeń gruntową w kierunku do punktu startowego przewiertu. Nie zakłada się usuwania gruntu. Jest on rozpychany na boki, jak w metodach uderowych (np. zastosowanie przebijaków dynamicznych lub wbijanie rur zamkniętych od czoła). W drodze powrotnej, za pośrednictwem żerdzi pilotowych, wciągana jest w sposób statyczny głowica poszerzająca, rozpychając grunt na boki do wymiarów odpowiednich do wprowadzanej razem z nią rury. W niektórych rozwiązaniach wymusza się obrót głowicy, przy jednoczesnym rozkruszaniu gruntu z użyciem zamontowanych do niej noży tnących (rozwiercanie gruntu). W związku z tym, że grunt nie jest urabiany i transportowany na zewnątrz, narzuca to ograniczenia dotyczące przekrojów wprowadzanych rur. Inaczej niż w klasycznych przewiertach lub przeciskach, docelowy rurociąg budowany jest zazwyczaj z rur tworzywowych. Dominują obecnie krótkie moduły rurowe z polipropylenu lub zgrzewane rury polietylenowe (w wariantach innych niż wprowadzanie ze studzienki do studzienki). W literaturze podawano, że graniczna średnica tak wprowadzanych rur nie może być większa niż 30 (35) cm.

Poszczególne rozwiązania mogą być stosowane w warunkach wysokiego poziomu wody gruntowej. Stosowane systemy kontroli położenia głowicy są zazwyczaj inne niż na rysunku 4. Wykorzystuje się bowiem systemy kontroli z sondą umieszczoną w głowicy pilotowej, emitującą sygnał o określonej charakterystyce, kodując informacje o położeniu głowicy (głębokości) oraz o ustawieniu skośnej powierzchni głowicy umożliwiającej korektę kierunku. Emitowany sygnał jest rejestrowany z użyciem przenośnego odbiornika na powierzchni terenu, który następnie przekazuje informację do operatora wiertnicy. Są to proste i znane od lat radiometryczne systemy kontroli (typu „walk over”), których dokładność jest zazwyczaj wystarczająca w przypadku tego typu prac. W związku z tym, że rury w tych metodach nie są wciskane w przestrzeń gruntową, lecz ciągnięte



Rys. 4. Schemat systemu kontroli w poziomym przewiercie sterowanym [6]

do wykopu startowego, można by przyjąć inną ich klasyfikację niż jako warianty przecisków. Warto jednak zauważyć, że już w klasycznych zestawach do przewiertu trój etapowego (rysunek 3) stosowano rozwiązanie, w którym gruntu nie rozwiercano, lecz wyciągając żerdzie wiertnicze, wciągano zamocowane do nich rury – od strony wykopu końcowego do startowego.

Klasyfikacja technologii bezwykopowej budowy rurociągów podana jest w normie [7], ale nie wyjaśnia ona wszystkich przypadków. Nazewnictwo używane w [7] nie jest ogólnie stosowane. Na fotografii 2 przedstawiono przykładową realizację przewiertu między dwiema studzienkami lub studzienką a wykopem końcowym z użyciem systemu polskiego producenta [8]. Widoczne na zdjęciu krótkie żerdzie pilotowe są systematycznie wprowadzane w przestrzeń gruntową ze studzienki startowej, po czym następuje ich powrót z poszerzaniem otworu i wciąganiem modułów rurowych z PP lub PE. Charakterystyczne w tym systemie pozostaje użycie głowicy poszerzacza rozwiercającego grunt, podobnego do używanych w technologii HDD (horyzontalnych przewiertów sterowanych) oraz możliwość wspomagania głowicy pilotowej urabiającej grunt płuczką wiertniczą.

Metody, w których nie występuje użycie gruntu i stosuje się sterowaną głowicę pilotową, określa się obecnie nazwą „przeciski hydrauliczne sterowane”. Poszczególni producenci, aby wyróżnić się na rynku, mają tendencję do używania innych określeń na podobny produkt. Rozwiązanie z wciskaniem żerdzi w przestrzeń gruntową, aby następnie przeciągać w drodze powrotnej rurociąg za poszerzaczem, jest znane od dawna, a pierwsze patenty na rynku amerykańskim pochodzą z lat sześćdziesiątych XX w. Podstawowym ograniczeniem była mała dokładność ze względu na brak dostępnych wówczas systemów nawigacji do sterowania takim przeciskiem. Rozwiązanie to zyskuje obecnie na popularności, ze względu na prostotę, niezawodność działania i dokładności przecisku. Jest wielu dostawców tych urządzeń, ale uznaniem cieszą się rozwiązania polskich producentów. Poszczególne urządzenia różnią się zasięgiem przecisków, różną dokładnością w sterowaniu, maksymalną średnicą wciąganych rur, możliwością wciągania ich w linii prostej lub krzywej, skutkami napotkania przez głowicę pilotową punktowych przeszkód, jak głazy, pnie drzew, fundamenty itp. Zróżnicowane może być podejście do stosowania płuczki przy przecisku (wierceniu) pilotowym, a przyjęty system łą-

czenia żerdzi może istotnie wpływać na czas realizacji w przypadku stosowania danego rozwiązania. Mogą też występować różnice w możliwościach realizacji, a mianowicie: tylko między wykopami (startowym i końcowym); między studzienką a wykopem; między studzienką a studzienką. Warto dokładnie przeanalizować ofertę danego producenta i porównać ją z innymi, uwzględniając wymienione aspekty. Niezależnie od budowy nowych rurociągów, zestawy do przecisków hydraulicznych umożliwiają zazwyczaj wymianę istniejących, uszkodzonych rurociągów metodą krakingu statycznego lub ich renowację metodą długiego lub krótkiego reliningu.

Opisane urządzenia są obecnie bezkonkurencyjne w prostych realizacjach infrastrukturalnych (długości do 50 m), w przypadku niewielkich średnic rurociągów (do ok. 40 cm) i w łatwych warunkach gruntowych. Powinny one przełamać tendencję to rozkopywania ulic dojazdowych, chodników, terenów zielonych itp., co ciągle jest obserwowane i skutkuje uciążliwościami dla mieszkańców oraz stopniową destrukcją nawierzchni w wyniku osiadania nieodpowiednio zagęszczonych wykopów.



Fot. 2. Przewiert poziomy realizowany między studzienkami kanalizacyjnymi zestawem polskiej produkcji [8]: a) przewiert pilotowy – maszyna rozparta na wymaganym poziomie w studzience, widoczne żerdzie pilotowe; b) wprowadzanie (wciąganie) modułów rurowych PP przez rozwierconą ściankę studzienki za cofanymi żerdziami pilotowymi i poszerzaczem; c) głowica pilotowa (tu w wariantcie ze wspomaganiem wiercenia płuczką wiertniczą); d) poszerzacz (w wariantcie wciągania z wykopu zgrzewanej rury PE)

Literatura

- [1] Furtak K, Kędracki M. Podstawy budowy tuneli. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. 2005.
- [2] Kalisz H. Wybrane zagadnienia budownictwa komunalnego. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1994.
- [3] Madryas C, Kolonko A, Szot A, Wysocki L. Mikrotunelowanie. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, 2006.
- [4] Zwierchowska A. Technologie bezwykopowej budowy sieci gazowych wodociagowych i kanalizacyjnych. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, 2006.
- [5] Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska, praca zbiorowa pod redakcją A. Kulickowskiego, Wydawnictwo Seidel – Przywecki, wyd. II., 2019.
- [6] materiały informacyjne firmy Jumarpol Gliwice: <http://jumarpol.pl/uslugi/nawosci>.
- [7] PN-EN 12889:2023-04 – wersja angielska: Bezwykopowa budowa i badanie przewodów kanalizacyjnych.
- [8] materiały informacyjne firmy Mido: <https://mido.net.pl/>.