

dr hab. inż. Adam Wysokowski, prof. UZ<sup>1)</sup>

# Przegląd technologii bezwykopowych stosowanych w budownictwie komunikacyjnym

*Overview of the trenchless technologies currently used in transport engineering*

DOI: 10.15199/33.2015.04.16

**Streszczenie.** W ostatnich latach Polska dołączyła do światowej czołówki państw wykorzystujących technologie bezwykopowe w budownictwie infrastrukturalnym. Świadczą o tym m.in. zrealizowane i w dalszym ciągu realizowane spektakularne inwestycje oraz przyznane Polsce nagrody z tego zakresu. Obecnie technologia ta rozwija się niezwykle dynamicznie i „bije są” kolejne światowe rekordy. Z uwagi na swoje niezaprzeczalne zalety, obszar aplikacji technologii bezwykopowych jest wielokierunkowy i dotyczy zarówno stosowanych materiałów, technologii wykonawstwa (maszyn i urządzeń), jak też nowoczesnych metod projektowania. Artykuł stanowi krótki przegląd omawianych technologii stosowanych obecnie w budownictwie komunikacyjnym.

**Słowa kluczowe:** technologie bezwykopowe, budownictwo komunikacyjne, mikrotunelingu.

**Abstract.** Recent years Poland has joined the world leaders of trenchless technologies used in the infrastructure. Evidenced by the accomplished spectacular investments and a number of awards assigned to Poland in this field of engineering. Now this technology is developing very rapidly and another world records are made. Because of its unquestionable advantages trenchless technologies application area is multidirectional and relates both, the materials, and technology (machinery and equipment) as well as modern design methods. This article provides short overview of the technologies used nowadays in civil engineering.

**Keywords:** trenchless technologies, civil engineering structures, microtunneling.

Polska jest jednym z liderów w stosowaniu technologii bezwykopowych (tunelowych) w budownictwie komunikacyjnym. Kierunki rozwoju tych technologii dotyczą zarówno stosowanych materiałów, maszyn, urządzeń (np. systemów sterowania), jak również nowoczesnych metod projektowania. Ma to szczególnie duże znaczenie w aglomeracjach miejskich, gdyż technologie tunelowe można stosować bez wstrzymywania ruchu kołowego lub kolejowego, wiążące się z ogromnymi kosztami finansowymi i społecznymi [3, 4, 5].

Moim zdaniem, ze względu na znaczny zakres prowadzonych inwestycji infrastrukturalnych w Polsce na terenie dużych aglomeracji miejskich i w ciągach głównych szlaków komunikacyjnych, konieczna jest budowa większej liczby obiektów zapewniających bezkolizyjny ruch, a w efekcie bezpieczeństwo wszystkim użytkownikom ciągów komunikacyjnych [1].

Dobrym przykładem wykorzystania technologii mikrotunelingu jest bu-

## dowa tunelu pod Martwą Wisłą w ciągu Trasy Sucharskiego w Gdańsku

– obecnie największej tego typu inwestycji w Polsce. Przed podjęciem ostatecznej decyzji o wyborze technologii, rozważano budowę w wykopie otwartym, metodą elementów zatapiających oraz z wykorzystaniem technologii TBM (Tunneling Boring Machines). Ostatecznie z powodzeniem zastosowano ostatnią technologię m.in. na podstawie opinii przygotowanej przeze mnie. Na fotografii 1 przedstawiono przykład tarczy TBM wykorzystywanej przy budowie tuneli komunikacyjnych, m.in. tunelu pod Martwą Wisłą w Gdańsku.



**Fot. 1. Widok jednej z większych stosowanych na świecie tarcz TBM (Tunneling Boring Machines) o średnicy 15,50 m [9]**

*Photo. 1. View of one of the larger boring shield TBM (Tunneling Boring Machines) used in the world with a diameter of 15,50 m [9]*

## Materiały stosowane w technologiach bezwykopowych

Sytuowanie obiektów pod nasypem drogowym lub kolejowym wymaga stosowania materiałów odpowiedniej jakości i wytrzymałości oraz odpowiednich technologii [6, 7]. Podobnie jak w przypadku innych konstrukcji, stanowiących część nowoczesnej infrastruktury komunikacyjnej, oprócz walorów użytkowych ważnym aspektem jest trwałość budowli. Materiał, z którego są wykonane, powinien wykazywać dużą wytrzymałość na ściskanie wywołane siłami przecisku, być odporny na korozję i media oraz gwarantować bezawaryjną pracę konstrukcji.

W obiektach realizowanych metodą przecisku z zastosowaniem stalowych rur osłonowych, jako docelową konstrukcję obiektu inżynierskiego można stosować rury o charakterze podatnym wykonane np. ze stalowych blach falistych lub z tworzyw sztucznych. Powszednie są one stosowane w przypadku renowacji istniejącej infrastruktury metodą reliningu. Bardzo istotna w tej technologii jest jakość wykonania rur przeciskowych. W odróżnieniu od

<sup>1)</sup> Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska; e-mail: awysokowski@infra-kom.eu

technologię polegających na układaniu rur w wykopie otwartym, zewnętrzna ścianka rur przeciskowych musi mieć gładką powierzchnię, co znacznie zmniejsza siły tarcia na poboczniczy, a w efekcie redukuje koszty związane ze stosowaniem dodatkowych środków smarnych, np. bentonitu. W związku z nielegalnym wypalaniem łąk i rowów w okresie wiosennym wskazane jest stosowanie rur ognioodpornych, gdyż wysoka temperatura może prowadzić do uplastycznienia materiału.

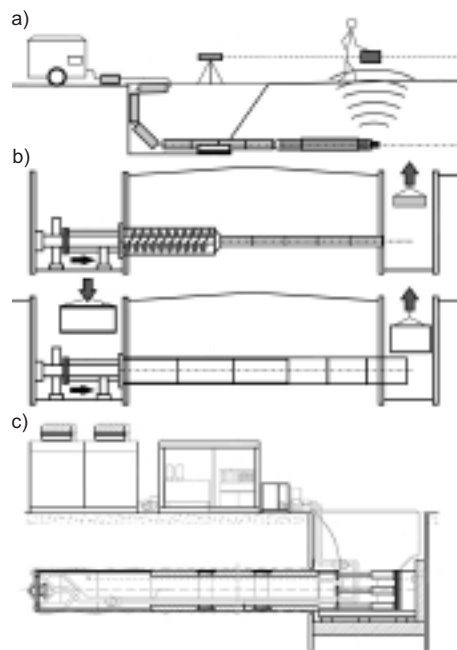
Do łączenia rur przeciskowych stosowane są udoskonalone zintegrowane systemy łączników zapewniające wymaganą sztywność, ciągłość wytrzymałości rurociągu składającego się z poszczególnych segmentów oraz szczelność. Nowoczesne typy łączników umożliwiają również prowadzenie rur przeciskowych w łuku poziomym i pionowym, co jest bardzo istotne w przypadku terenów silnie zurbanizowanych (lokalizacja komór odbiorczych i startowych).

Na fotografii 2 przedstawiono różne wyroby stosowane w technologiach bezwykopowych w budownictwie komunikacyjnym.

### Najczęściej stosowane technologie bezwykopowe w infrastrukturze komunikacyjnej

Do najczęściej stosowanych technologii bezwykopowych przy budowie lub przebudowie infrastruktury drogowej i kolejowej można zaliczyć m.in.: przeciski pneumatyczne; przeciski hydrauliczne; mikrotunelingu. Schemat ideowy wymienionych technologii bezwykopowych przedstawiono na rysunku.

Przeciski pneumatyczne należą do jednej z najstarszych i obecnie najtańszych metod bezwykopowych. Głównym urządzeniem stosowanym w tej technologii jest podłużny przebijańca pneumatyczny, popularnie nazywany kretem. Przy użyciu tej metody instalowane są przewody o niewielkiej średnicy.



Schemat ideowy najczęściej stosowanych w budownictwie komunikacyjnym technologii bezwykopowych: a) przecisk pneumatyczny; b) przecisk hydrauliczny; c) mikrotunelingu

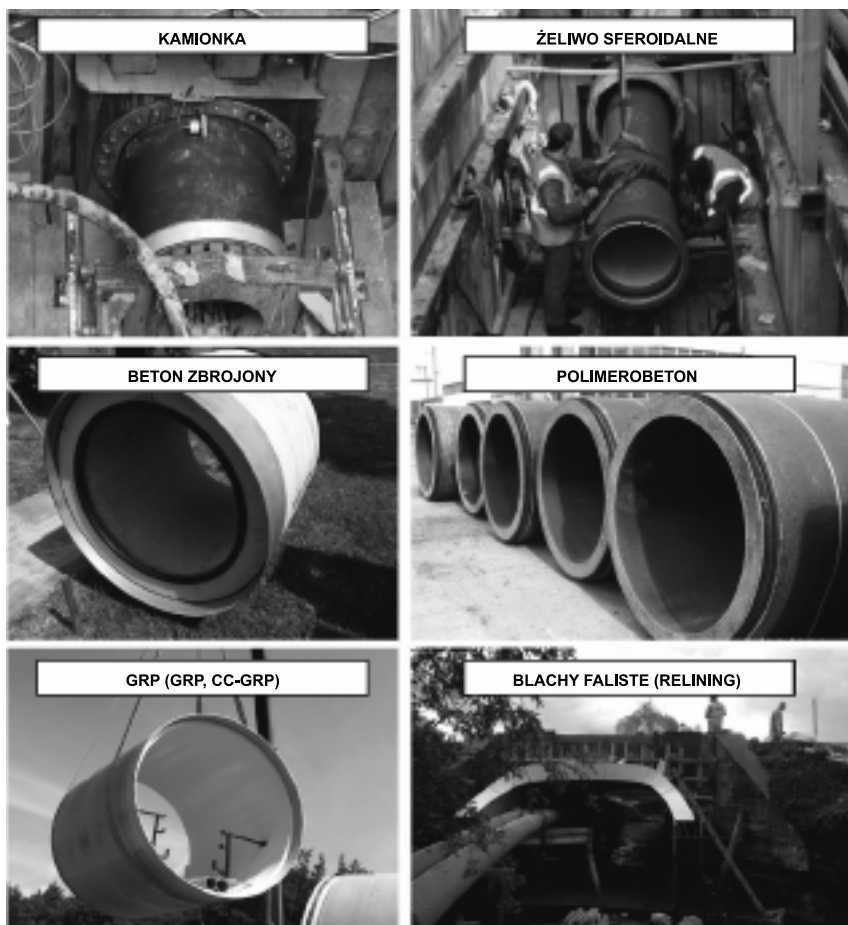
Schematic diagram of the most commonly used in civil engineering No-Dig technology: a) pneumatic jacking; b) hydraulic jacking; c) microtunneling

Przecisk hydrauliczny polega na wprowadzaniu rur w ośrodek gruntowy za pomocą hydraulicznych siłowników instalowanych w wykopie początkowym (komorze startowej). Rozmieszczenie i konstrukcja komór startowych i odbiorczych wynikają z zaprojektowanej trasy przewodu, parametrów zastosowanego sprzętu oraz warunków gruntowo-wodnych.

Technologia mikrotunelingu powstała w latach 70. ubiegłego wieku, w wyniku modernizacji metody przecisku hydraulicznego. Stosowane są podobne elementy systemu jak w metodzie przecisku. Różnice polegają na zwiększeniu automatyzacji procesu wprowadzania rur do ośrodka gruntowego. Wykorzystuje się mechaniczną głowicę z tarczą skrawającą odpowiednio dobraną do panujących warunków gruntowych. Podstawowe zalety technologii to m.in.:

- duża dokładność wykonania;
- krótki czas realizacji zadania;
- możliwość wykonywania przewodów w trudnych warunkach gruntowo-wodnych.

Największą różnicą pomiędzy technologiami bazującymi na przeciskaniu rur a mikrotunelingu jest sposób urabia-



Fot. 2. Główne materiały stosowane w technologiach bezwykopowych w budownictwie komunikacyjnym [8]

Photo 2. The most common used materials in trenchless technologies in transport engineering [8]

nia i transportu gruntu. Ośrodek grunto- wy drażony jest za pomocą obracającej się tarczy, która odspaja go i wstępnie rozdrabnia. Materiał urobiony przez tarczę tnącą rozdrabniany jest w kruszarce i mieszany z wodą lub płuczką bentonitową. System płuczki działa w układzie zamkniętym. W separatorze urobek oddzielany jest od płuczki, która jest ponownie wykorzystywana. System płuczki może być wspomagany przez wysokociśnieniowe dysze wodne, które znacznie poprawiają wydajność całego systemu transportu urobku [5].

Dzięki szybkiemu rozwojowi technologii bezwykopowych duży postęp odnotowano w przypadku sprzętu do wykonywania prac mikrotunelowych. Obecnie umożliwia on znaczne obniżenie kosztów budowy w tej technologii. Ponadto jest bardziej przyjazny dla środowiska naturalnego, co wynika m.in. z ograniczenia stosowania spalinowych zespołów napędowych na rzecz jednostek hydraulicznych. Dzięki wydajnym, hydraulicznie napędzanym tarczom oraz kruszarkom możliwe jest wykonanie mikrotuneli praktycznie w każdym rodzaju gruntu, nawet twardych skałach. Koła tnące znajdujące się w tarczy z reguły są wymienne, co pozwala na szybkie i sprawne dopasowanie ich do warunków gruntowo-wodnych.

W nowoczesnych rozwiązaniach zespoły sterujące oraz osprzęt peryferyjny instalowane są poza komorą startową w mobilnych kontenerach, które odpowiadają międzynarodowym przepisom transportowym. Standardowo stosowany zespół hydrauliczny napędzany jest z reguły silnikiem elektrycznym zasilanym z generatora lub dostępczej sieci zewnętrznej. Sercem nowoczesnych maszyn mikrotunelowych jest system sterujący, za pomocą którego nadzoruje się wszelkie parametry wiercenia. Siły oddziałujące na rury, obciążenia, przepływy, przemieszczenia, prędkości obrotowe są pokazywane w formie graficznej i za pomocą wartości liczbowych. Zapewnia to odpowiednią dokładność pracy przy różnej długości odcinków, w tym także budowanych po łuku.

W celu budowy obiektów infrastruktury znacznej długości w technologiach bezwykopowych konieczne jest stosowanie odpowiednich komór startowych i odbiorczych zwanych szybami. Wykonywane są one na ogół w formie ścianki szczelnej najczęściej z grodzic stalo-

wych, lub z wykorzystaniem gotowych prefabrykatów żelbetowych (fotografia 3). Wymiary komór muszą być każdorazowo dostosowane do specyfiki danego zadania inwestycyjnego. Na terenie dużych aglomeracji miejskich po-



**Fot. 3. Elementy prefabrykowane typowej komory startowej stosowanej w technologii bezwykopowej** [Fot. A. Wysokowski]  
Photo. 3. The prefabricated elements typical starting shaft used in the No-Dig technology

winny one zapewniać swobodną pracę urządzeń hydraulicznych i transport materiałów niezbędnych do wykonania obiektu. Ze względu na znaczne długości odcinków stosuje się komory pośrednie. Wymiary komory odbiorczej powinny zapewnić bezproblemowy transport osprzętu wiertniczego na powierzchnię i późniejszy transport. Właściwa lokalizacja komór wpływa niejednokrotnie na powodzenie inwestycji. Należy uwzględnić też inne aspekty technologii tunelowania, np. kolizje z uzbrojeniem terenu, warunki gruntowo-wodne itp. Ważny jest także wybór miejsca ze względu na warunki instalacji oraz ewentualny odzysk materiałów (zasady zrównoważonego rozwoju).

W celu zilustrowania wykorzystania omawianych technologii w budownictwie komunikacyjnym w Polsce na fotografii 4 przedstawiono budowę przepustu pod magistralną linią kolejową.



**Fot. 4. Widok komory startowej w trakcie wykonywania przepustu metodą mikrotunelową pod linią kolejową w Ostrowie Wielkopolskim** [Fot. Hobas]  
Photo 4. View of the starting shaft of culvert during construction in microtunneling technology under the railway line in Ostrow Wlkp.

## Wnioski

Pomimo że Polska ma duże doświadczenie w stosowaniu technologii bezwykopowych, a nawet niektóre krajowe osiągnięcia w tej dziedzinie są rekordowe, to w dalszym ciągu technologie te są zbyt rzadko stosowane w infrastrukturze komunikacyjnej, pomimo niezaprzeczalnych zalet [2].

W przypadku dużych inwestycji związanych z przebudową infrastruktury komunikacyjnej (budowa dróg, ulic, kolejowych linii magistralnych, jak też kolei miejskich i podmiejskich, budownictwo obiektów ekologicznych – przejść dla zwierząt), należałoby w większym stopniu stosować technologie bezwykopowe, które usprawniłyby proces inwestycyjny.

Z analiz ekonomicznych przeprowadzonych przeze mnie jasno wynika, że wpływ kosztów społecznych na efektywność ekonomiczną prowadzonych inwestycji jest bardzo duży. Niezbędne są analizy technologiczno-ekonomiczne już na etapie wstępnego przygotowania inwestycji, gdyż przyczynią się one z pewnością do właściwej decyzji ekonomicznych w przedmiotowym zakresie. Nie bez znaczenia jest trwałość i aspekty ekologiczne [2] inwestycji realizowanych technologiami No-Dig.

## Literatura

- [1] Kuczyński J. Miejskie budowle sanitarne i podziemne. Państwowe Wydawnictwo Naukowe Warszawa 1980 r.
- [2] Kulczkowski A. Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska. Wyd. Seidel-Przywecki. Józefosław 2010 r.
- [3] Kulczkowska E., Kulczkowski J. Technologie bezwykopowe pomagają zmniejszyć emisję CO<sub>2</sub>. Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne. Nr 2/2011 r.
- [4] Madryas C. Tunele wieloprzewodowe – historia czy przyszłość? Inżynieria Bezwykopowa. Nr 1/2013.
- [5] Madryas C., Kolonko A., Szot A., Wysoki L. Mikrotunelowanie. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne. Wrocław 2006 r.
- [6] Wysokowski A. Specyfika budowy dolnych przejść dla zwierząt w technologii bezwykopowej. Materiały Budowlane nr 2/2014 r.
- [7] Wysokowski A., Howis J. Nowoczesne technologie budowy tuneli dla pieszych i rowerzystów. Materiały Budowlane 04/2014 r.
- [8] Materiały informacyjne firm produkujących elementy do budowy obiektów infrastruktury komunikacyjnej w technologii bezwykopowej.
- [9] Materiały firmy Herrenknecht AG ([www.herrenknecht.com](http://www.herrenknecht.com)).

Otrzymano 04.03.2015 r.