

# Zastosowanie przebijaka pneumatycznego – kret do bezwykopowych instalacji przewodów uzbrojenia podziemnego

## Utilization of pipe moling for trenchless installation of underground utility lines

Andrzej Kolonko<sup>\*)</sup>

**Słowa kluczowe:** kret, metody bezwykopowe, instalacja przewodów uzbrojenia podziemnego

### Streszczenie

W pracy przedstawiono etapy rozwoju metody kret służącej do bezwykopowej instalacji przewodów uzbrojenia podziemnego, która swoje początki miała w Polsce. Opisano zakres zastosowania metody oraz ograniczenia dla jej stosowania. Technologia wciąż jest rozwijana i chętnie stosowana w określonych przypadkach z uwagi na swoją prostotę i niski koszt.

**Keywords:** pipe moling, trenchless methods, installation of underground utility lines

### Abstract

The paper presents the stages of development of the pipe moling method for trenchless installation of underground utility lines, which had its origins in Poland. The scope of application of the method and limitations for its use are described. The technology is still being developed and willingly used in specific cases due to its simplicity and low cost.

## 1. Wprowadzenie

Mimo coraz częściej stosowanych metod bezwykopowych przy budowie przewodów uzbrojenia podziemnego dominują metody tradycyjne – w wykopie otwartym. W wielu przypadkach są one po prostu znacznie tańsze, szczególnie, gdy inwestycje realizowane są poza centrami miast. Wówczas jednak powstają problemy związane z przekraczaniem krótkich przeszkód takich jak drogi, ulice, cieki wodne, torowiska itp. Chcąc uniknąć zakłóceń komunikacyjnych często w takich przypadkach pokonuje się te przeszkody bezwykopowo. Z uwagi na bardzo ograniczoną skalę zadań stosuje się technologie uzasadnione technicznie i ekonomicznie, do których można tu zaliczyć przebijanie pneumatyczne („kret”) oraz różne odmiany krótkich przewiertów [3,4,6]. W oparciu o te technologie można bezwykopowo instalować w gruncie kable i rury, przy czym kable w takich sytuacjach często prowadzone są w rurach osłonowych, co umożliwia w przyszłości ich wymianę w przypadku zaistnienia takiej potrzeby. Celem referatu, jest przedstawienie rozwoju jednej z najstarszych metod umożliwiających bezwykopową realizację krótkich przejść przewodów uzbrojenia podziemnego pod krótkimi przeszkodami – metody „kret” oraz przedstawienie różnych typów specjalistycznych urządzeń, z których część produkowana jest w również w naszym kraju. Mało kto ma świadomość, że ta metoda narodziła się w Polsce.

## 2. Metoda bezwykopowej instalacji przewodów za pomocą „kreta”

### 2.1. Historia rozwoju metody „kret”

Jedną z najstarszych technologii bezwykopowej instalacji przewodów uzbrojenia podziemnego jest wciąganie przewodu za pneumatyczną głowicą dynamiczną. Jest to metoda zasadniczo zaliczana do metod niesterowalnych, choć ostatnio pojawiły się modele z możliwością sterowania. Podczas wbijania głowicy grunt wokół niej jest zagęszczany. Z uwagi na zagrożenia

związane z przemieszczaniem gruntu dla innych elementów infrastruktury podziemnej i komunikacyjnej zakres zastosowań ogranicza się od średnicy DN 200. Obecnie technologia ta jest powszechnie znana i stosowana od końca lat siedemdziesiątych XX w. na całym świecie, a w Polsce znana pod nazwą „kret” lub gruntowy przebijak pneumatyczny. W angielskiej zagranicznej literaturze technicznej funkcjonuje określenie „impact moling” a niemieckiej „Erdrakete”. Historia „kreta” w obecnej postaci została zapoczątkowana w Polsce i warto o tym przypomnieć doceniając myśl techniczną polskich konstruktorów.

Sama idea „kreta” narodziła się podczas Pierwszej Wojny Światowej. Potrzebne było wówczas urządzenie, którym z bezpiecznej odległości można by wykonać podkop pod fortyfikacjami przeciwnika, umieścić w nim ładunek wybuchowy i zdetonować go. Spośród kilku zgłoszeń patentowych złożonych w USA i Wielkiej Brytanii uwagę zwróciło rozwiązanie Thomasa Thomasona [8]. Było to urządzenie składające się z cylindrycznego płaszcza zaopatrzonego w głowicę. Wewnątrz umieszczony był ruchomy cylindryczny tłok napędzany pneumatycznie poprzez samoczynny zawór suwakowy. Wniosek o patent został złożony we wrześniu 1915 r a w lipcu 1916 r patent został przyznany. Jednak ówczesny stan techniki nie pozwalał na realizację proponowanego rozwiązania technicznego ze względu na brak odpowiednich metod pomiarowych i materiałów mogących wytrzymać obciążenia występujące w konstrukcji.

Do idei „kreta” w celach pokojowych powrócono w Polsce w roku 1955, kiedy to Wiktor Zienkiewicz pracujący w Polskim Ratownictwie Okrętowym zaproponował wykorzystanie tego urządzenia do przeciągnięcia lin pod dnem zatopionego statku i podniesieniu go z dna. Rozwiązania Wiktora Zienkiewicza zostały opatentowane w 1956 i 1958 roku. Niestety rozwiązania konstrukcyjne nie dały zadowalających rezultatów głównie ze względu na ograniczoną żywotność urządzenia (kilka minut pracy).

W latach sześćdziesiątych XX w. również w naszym kraju podjęto pierwszą próbę wykorzystania idei „kreta” do bezwykopowej instalacji przewodów

\* Andrzej Kolonko, Politechnika Wrocławska, e-mai: andrzej.kolonko@pwr.edu.pl

uzbrojenia podziemnego. Wówczas to profesorowie Politechniki Gdańskiej, Kazimierz Zygmunt i Tadeusz Gerlach opracowali konstrukcję pneumatycznego przebijaka gruntu (typ 100P1) przeznaczonego do wciągania w grunt kabli lub rur stalowych. Było to, jak na ówczesne czasy, wybitne dzieło sztuki inżynierskiej chronione kilkoma patentami [7]. Nazwa "kret" była zastrzeżona w Urzędzie Patentowym jako element znaku towarowego. Wykonano 20 prototypów zanim dopracowana konstrukcja została przekazana do masowej produkcji.

Produkcję tych maszyn uruchomiono w ówczesnych Gnieźnieńskich Zakładach Metalowych Przemysłu Terenowego w Gnieźnie i Zakładach Metalowych w Skarżysku – były to pierwsze w świecie maszyny tego typu. Wyprodukowano około 4000 egzemplarzy, z których dużą część wyeksportowano je do wielu krajów m.in. do USA, Rosji, Japonii. Kolejną konstrukcją zespołu był „kret” 88KZ, którą opracował prof. Kazimierz Zygmunt. Było to rozwiązanie podobne do modelu 88ZD, lecz wyposażone w specjalną końcówkę przeznaczoną do ciągnięcia liny oraz stożek do poszerzania otworów. Model 88KZ produkowany był od 1966 r. w USA na podstawie licencji zakupionej przez północnoamerykańską firmę Schramm West Chester w Pensylwanii pod nazwą „Pneuma Gopher”.

Wszystkie dotychczasowe konstrukcje mogły poruszać się tylko do przodu. Konieczność wykonywania ślepych otworów zmusiła konstruktorów do prac nad „kretem” nawrotnym. W wyniku tego powstał nowy model 100NA konstrukcji prof. Gerlacha. W efekcie na Politechnice Gdańskiej w latach 1958 – 1968 opracowano następujące modele [8]:

- 50KZ, 50S, 50Z i „Figa 50” o średnicy 50mm
- 88ZAC, 88ZD, 88ZC, 88KZ o średnicy 88mm.
- 100NA, 100NC, 105NB, 88KZR z możliwością ruchu wstecznego.
- 140P1 „kret” o średnicy 140mm z możliwością ruchu wstecznego.

Od końca lat sześćdziesiątych w Polsce nie zajmowano się dalszym rozwojem konstrukcji „kreta”. W tym czasie na świecie opracowywano nowe rozwiązania konstrukcyjne tego urządzenia (Stany Zjednoczone, Rosja, Niemcy, Szwajcaria).

Przykładowo, w końcu lat sześćdziesiątych w Związku Radzieckim uruchomiono produkcję przebijaków o nazwie "Rakieta", a w latach następnych serię różnej wielkości przebijaków gruntu i młotów do wbijania rur. Zastosowano w nich inną niż w polskiej konstrukcji zasadę rozdziału powietrza, mniej korzystną pod względem energetycznym, ale umożliwiającą znaczne uproszczenie konstrukcji. Polski kret nie był też wystarczająco trwały i nie wytrzymał konkurencji z doskonalszymi maszynami. W konsekwencji w połowie lat siedemdziesiątych zaprzestano produkcji.

W tym okresie podjęto produkcję urządzeń typu "kret" także w innych krajach (Niemcy, Szwajcaria, USA).

## 2.2. Współczesne rozwiązania techniczne „kreta” w Polsce

W roku 1996 polska firma Terma powróciła do dawnej idei. Rok później przy udziale dawnego zespołu z Politechniki Gdańskiej powstał prototyp „kreta” o średnicy 130 mm. Oparty był on na konstrukcji modelu 140P1. Próby terenowe oraz złożoność konstrukcji sterownika w obliczu nowych rozwiązań światowych zmusiły zespół konstruktorów do opracowania nowego rozwiązania. Od roku 1997 do 2000 prowadzono prace mające na celu stworzenie konstrukcji dorównującej parametrom urządzeń znajdującym się na rynku. W okresie tym powstało sześć prototypów. Przechodziły one próby na hamowniach (indykowanie i pomiary tensometryczne naprężeń) oraz próby terenowe mające na celu wyeliminowanie słabych punktów konstrukcji i poprawę parametrów pracy. W efekcie na początku roku 2001 powstała konstrukcja pneumatycznego „kreta” nawrotnego o nazwie MAX 130, która została wdrożona do produkcji. Parametry techniczne urządzeń przeciskowych typu MAX sprawiają, że znajdują one nabywców mimo bardzo silnej konkurencji.

W wyniku ostatnich modernizacji „kretów” polegającej głównie na zmianie sposobu łączenia głowicy z cylindrem powstała nowa konstrukcja o nazwie MAX K130S, charakteryzująca się wzrostem energii uderzenia, trwałości i niezawodności. Na bazie tego nowego rozwiązania powstało kilka nowych maszyn o różnych średnicach począwszy od 65mm skończywszy na 160 – 180 mm. Najnowszym produktem z oferty Terma Sp. z o.o.,

jest kret MAX K180S którego współpomyślnymi byli dotychczasowi użytkownicy starszych modeli. Potrzeba uzupełnienia luki w ofercie o taką maszynę podyktowana była zmieniającymi się wymaganiami dotyczącymi minimalnych średnic rur dla wszelkiego rodzaju instalacji, począwszy od wodociągów a skończywszy na gazie i teleinformatyce. Jeszcze kilka lat temu najpopularniejszymi „kretami” były krety o średnicy 130 mm, które idealnie nadają się do instalacji rury  $\varnothing 110$ mm. Lecz w ostatnim czasie, coraz częściej pojawia się konieczność instalacji rur o średnicach  $\varnothing 160$ mm. Kret MAX K180S jest przeznaczony głównie do wciągania rur  $\varnothing 160$ mm wykonanych z tworzyw sztucznych, a także do wbijania osłonowych rur stalowych o średnicach do 406 mm. Tak jak wszystkie pozostałe „krety” z rodziny MAX K posiada on bieg wsteczny (rewers) sterowany pneumatycznie dźwignią umieszczoną na olejaczku, więc jego obsługa jest także prosta i bezpieczna. Kolejnymi atutami są niskie zapotrzebowanie powietrza, kompatybilność z osprzętem od MAX K130S oraz MAX K160S oraz precyzja i szybkość pracy.

W 1997 roku w firmie PT JAS (Jan A. Szumański) w Gnieźnie opracowano konstrukcję przebijaków gruntu, wykonano i przebadano prototypy. Po wprowadzeniu udoskonaleń wyprodukowano następne maszyny, uwzględniając dotychczasowe doświadczenia produkcyjne i eksploatacyjne [7]. Obecnie najnowsze rozwiązania techniczne w tej dziedzinie pochodzą z USA, Niemiec, Szwajcarii i Ukrainy. Produkowane w oparciu o nie urządzenia są najbardziej rozpowszechnione w Europie (dostępne także w Polsce).

## 3. Idea metody „kret”

Metoda „kret” jest przeznaczona do bezwykopowej instalacji przewodów uzbrojenia podziemnego (rur i kabli) o średnicy do 200 mm na odcinkach 30 – 60 metrów. W praktyce jest to jedna z najczęściej stosowanych metod bezwykopowych znajdująca zastosowanie przy układaniu przewodów ciśnieniowych (wodociągów i gazociągów) oraz kabli prowadzonych bezpośrednio w gruntach lub w rurach osłonowych. „Kret” może także wprowadzać kable lub rury w mini tunele wcześniej już wykonane.

Metoda polega wciągnięciu przewodu do gruntu za dynamiczną głowicą o wrzecionowatym kształcie. Podczas wbijania grunt nie jest usuwany, lecz jedynie zagęszczany wokół głowicy. Dlatego też metoda wciągania przewodu za dynamiczną głowicą o napędzie pneumatycznym najlepiej sprawdza się w gruntach łatwo zagęszczalnych. W niektórych przypadkach można napotkać na duże trudności podczas prowadzenia robót. Może to mieć miejsce w gruntach o wysokim stopniu zagęszczenia, gdy głowica napotyka znaczny opór, który nie zawsze jest zdolna pokonać. W luźnych piaskach i żwirach wskutek drgań może dojść do zagęszczenia i znacznych osiadań gruntu pod i nad głowicą. Prowadzi to do niekontrolowanego zapadania się głowicy w gruncie oraz grozi uszkodzeniem nawierzchni dróg i ulic. Innym poważnym zagrożeniem związanym z zastosowaniem „kreta” jest uszkodzenie istniejących w pobliżu sieci uzbrojenia podziemnego. Uniknięcie tych zagrożeń związane jest z koniecznością dokładnego rozpoznania warunków geotechnicznych oraz rozmieszczenia instalacji i innych podziemnych obiektów inżynierskich. Schemat obrazujący ideę opisaną metody w wersji GRUNDOMAT przedstawiono na rys. 1 [1].



Rys. 1. Schemat metody GRUNDOMAT

Fig. 1. Schematic of GRUNDOMAT method

Najczęściej „krety” pracują jako urządzenia niesterowalne a projektowane trasy to odcinki proste. Producenci oferują różne typy głowic dostosowane do przewidywanych warunków gruntowych. „Krety” w wersji klasycznej to

urządzenia niesterowalne, które przeznaczone są do wykonywania otworów prostoliniowych, jednak niejednorodność gruntu i inne czynniki sprawiają, że pojawiają się mniejsze lub większe odchyłki od założonej trasy. Operator w takich przypadkach praktycznie nie ma wpływu na jej przebieg ani możliwości jej korekty. W celu zminimalizowania wielkości odchyłek ważne jest bardzo dokładne ustawienie urządzenia w wykopie początkowym. Ma to decydujący wpływ na zgodność przebiegu wykonanego otworu z założoną trasą. Najlepsze efekty uzyskuje się stosując specjalne lawety startowe. Z uwagi na stosunkowo małą długość otworów wykonywanych w gruncie wg opisywanej technologii, odstępstwa od planowanej trasy są w praktyce niewielkie. W celu ich ograniczenia stosuje się dodatkowo jak najbardziej precyzyjne naprowadzanie urządzenia w wykopie startowym na cel ustalony w wykopie końcowym, co pokazano na rys. 1 [1].

Przełączanie na posuw wsteczny w większości starszych modeli odbywa się przez pociągnięcie lub przekręcenie przewodu dostarczającego sprężone powietrze (powoduje to zmianę zaworów, przez które tłoczone jest powietrze). W nowszych rozwiązaniach [1, 8] zmiana kierunku odbywa się poprzez połączenia dźwigni na zintegrowanej z olejczym jednostce sterującej. Niektóre „kreta” wyposażone są w sygnalizatory położenia głowicy. Wówczas operator może dokładnie ją zlokalizować. Jeżeli odchyłki od założonej trasy są zbyt duże jest możliwość wycofania „kreta” do wykopu początkowego i rozpoczęcie wykonania nowego otworu. W ostatnich latach pojawiła się na rynku oferta „kreta” sterowanego umożliwiającego prowadzenie trasy otworu w łuku, bądź bieżącej zmiany kierunku np. przy wystąpieniu zejścia z założonej trasy.

#### Założenia techniczne

Minimalne zagłębienie trasy otworu jest równe jego 10-krotnej średnicy, przy czym nie powinno być ono mniejsze niż 1,0 m. Spełnienie tego warunku ogranicza zasięg strefy przemieszczeń w ośrodku gruntowym do obszaru poniżej powierzchni terenu, co zapobiega ewentualnemu uszkodzeniu nawierzchni drogowych itp.

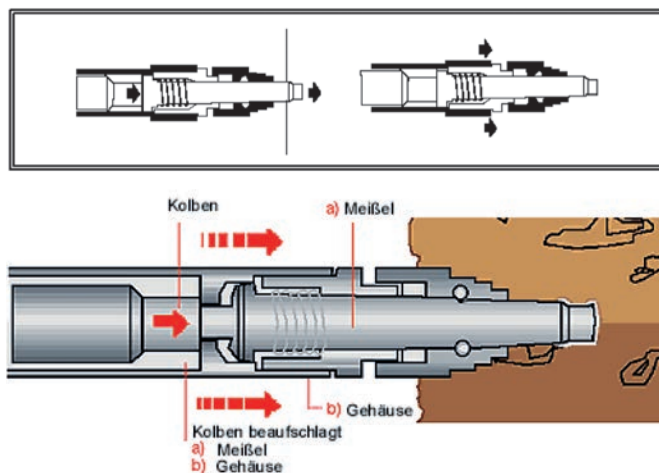
Wydajność 0,30 – 1,5 m/min w zależności od warunków gruntowych dla „kretów” niesterowalnych oraz 0,30 m/min dla „kretów” sterowalnych [10, 11].

Wymiary wykopu początkowego są zależna od modelu „kreta”. W przypadku najmniejszych modeli, których długość nie przekracza 1,0 metra a masa 5 kg, minimalna szerokość wykopu wynosi  $b = 0,60$  m a długość  $l \geq 1,00$  m. Największe „kreta” mają długość 2,0 metry i masę przekraczającą 150 kg. W takim przypadku minimalne wymiary wykopu początkowego wynoszą odpowiednio  $b = 0,60$ ;  $l \geq 2,00$  m [10, 11].

#### 4. Zasada działania „kreta”

Urządzenie wbijane jest w grunt bezwładnościowo wskutek posuwistych ruchów znajdującej się w nim masy uderzającej od wewnątrz w jego głowicę. Ruchy masy najczęściej wymuszane są doprowadzaniem do urządzenia sprężonym powietrzem, którego przepływ regulowany jest systemem specjalnych zaworów. Częstotliwość uderzeń wynosi zwykle od 250 do 600 cykli na minutę. Tarcie pomiędzy urządzeniem a gruntem zapobiega cofaniu, tak więc posuwa się ono do przodu, aż do komory końcowej wciągając za sobą rurę lub kabel (np. telekomunikacyjny), względnie tworząc w pierwszym etapie otwór, do którego są one wciągane w drugim etapie. W praktyce wykonawcy preferują wykonywanie otworów w rurach osłonowych, które skutecznie zabezpieczają przewody zasilające przed uszkodzeniem. Może ono powstać wskutek przetarcia lub przecięcia takiego przewodu przez ostre kamienie, czy kawałki gruzu podczas przeciągania niezabezpieczonych przewodów za urządzeniem. Schemat dynamicznej głowicy „kret” o napędzie pneumatycznym i zasada jej działania przedstawiona jest na rys. 2 [1].

Istnieją dwa podstawowe systemy działania „kreta”. W pierwszym – starym systemie tłok uderza w korpus powodując przesunięcie głowicy i dołączonego do niego przewodu. Natomiast w drugim – nowszym systemie tłok uderza najpierw w ruchomy trzpień głowicy a dopiero potem w korpus. „Kret” pracuje więc dwutaktowo. Dzięki takiemu rozwiązaniu w pierwszym takcie cała energia przekazywana jest bezpośrednio na głowicę. Zwiększa to zarówno dokładność wykonywanego otworu (szczególnie w gruntach kamienistych), jak i wydajność wskutek łatwiejszego pokonywania oporów.



Rys. 2. Schemat głowicy i zasada jej działania

Fig. 2. Schematic of the head and the principle of its operation

#### 5. Założenia konstrukcyjne „kretów”

Poniżej przedstawiono podstawowe założenia konstrukcyjne na przykładzie uwzględnianych przy opracowywaniu nowych modeli „kreta” w firmie TERMA [8].

Skuteczność działania „kreta” zależy w dużym stopniu od stosunku masy bijaka do masy całego korpusu. Im cięższy jest bijak i lżejszy korpus tym efektywność wykorzystania energii kinetycznej bijaka jest lepsza. Dodatkowo wpływa to na znaczne obniżenie naprężeń w korpusie, szczególnie w miejscu połączenia z głowicą. Celowym jest też osadzanie wszystkich elementów, które nie muszą być połączone na sztywno z korpusem na amortyzatorach o dużej podatności. Tyczą się to szczególnie zaworu sterującego. Obniżając masę korpusu nie można przekroczyć dopuszczalnego momentu bezwładności pola przekroju, gdyż w tym rozwiązaniu konstrukcyjnym bijak przemieszcza się bezpośrednio wewnątrz korpusu i przy pewnych warunkach pracy mogło by dojść do zbyt dużego ugięcia i zablokowania bijaka. Podnoszenie masy bijaka powoduje obniżenie częstotliwości pracy i podniesienie energii siły uderzenia, co szczególnie ważne jest przy wbijaniu rur.

Ważna jest także relacja pomiędzy średnicą zewnętrzną „kreta”, a jego długością. Ma to wpływ na celność urządzenia. Na celność ma także wpływ kształt głowicy. W dotychczasowych polskich rozwiązaniach stosowane były głowice gładkie i bardzo ostre odpowiadające kątom tarcia w gruncie. Sprzyjało to wchodzeniu „kreta” w grunt oraz dużej prędkości roboczej. Niestety wadą tego rozwiązania była słaba celność w gruntach w których występują przeszkody i wrażliwość na głębokość krytyczną. Rozwiązania z głowicą typu schodkowego nie są tak wrażliwe ze względu na większą zdolność do rozbijania napotkanej przeszkody.

Ze względu na uderowy charakter pracy maszyny i związane z tym silne obciążenia konstrukcji do wykonania odpowiedzialnych detali potrzebne są stale o maksymalnie dużej udarności i wysokiej granicy plastyczności oraz wytrzymałości. Wymagania te spełniają stale stopowe konstrukcyjne do ulepszenia cieplnego oraz stale stopowe konstrukcyjne do sprzętu szczególnie obciążonego

Założono, że „kret” musi być uniwersalną maszyną wykorzystywaną do prac technologicznych bezwykopowymi wyposażoną w układ nawrotny. Ma on służyć do wykonywania samodzielnych przecisków, przecisków z jednoczesnym wciąganiem rur, poszerzania otworów oraz do wbijania rur stalowych

Konstrukcję „kreta” stanowić miał korpus składający się z głowicy typu schodkowego o dużej twardości, tulei o maksymalnie małej masie i odpowiednio dużej sztywności na zginanie i wykonanej z ulepszonej stali o wysokiej udarności. Wewnętrzna strona korpusu stanowić prowadzenie dla relatywnie ciężkiego bijaka wykonanego z ulepszonej stali o wysokiej udarności. Zawór sterujący osadzony miał być na elastycznym bloku wykonanym z tworzywa sztucznego. Rozwiązanie to jest przedstawione na rys. 3 [8], gdzie widoczny jest schemat konstrukcyjny „kreta”.

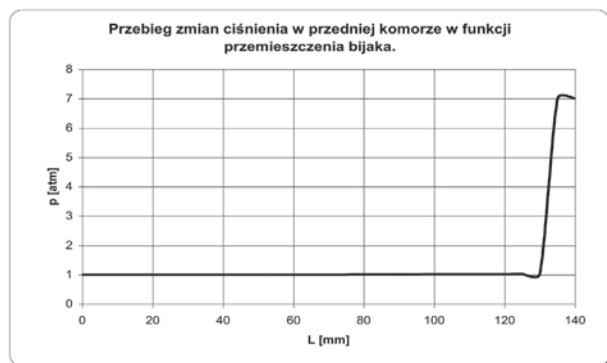


Rys. 3. Schemat konstrukcyjny „kreta”  
Fig. 3. Construction schematic of the "mole"

## 6. Zasady projektowania kretów

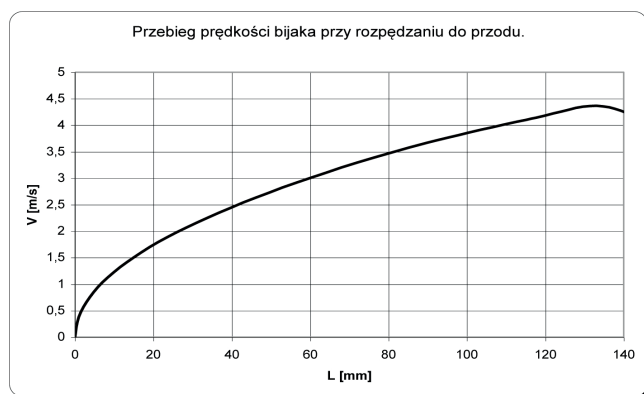
Projektowanie „kretów” obejmuje obliczenia teoretyczne, badania na hamowni oraz badania „in situ”. Przebieg całego procesu projektowego przedstawiono poniżej na podstawie doświadczeń polskiej firmy TERMA [8].

Prace rozpoczęto od teoretycznych obliczeń uwzględniających termodynamikę „kreta” oraz towarzyszące im zjawiska dynamiczne. Pozwoliło to na wstępne określenie wielkości powierzchni bijaka, jego masy i wielkości skoku przy założonej energii uderzenia. Przebieg zmian ciśnienia w komorze przedniej przedstawia rys.4.



Rys. 4. Przebieg zmian ciśnienia w komorze przedniej „kreta”  
Fig. 4. The profile of pressure changes in the front chamber of the "mole"

Wyniki analiz teoretycznych pozwoliły na określenie wartości siły rozpędzającej bijak (przy założonej masie), na ustalenie przebiegu prędkości na etapie jego rozpędzania do przodu (rys. 5) oraz na oszacowanie energii uderzenia.



Rys. 5. Przebieg prędkości bijaka podczas jego rozpędzania  
Fig. 5. The profile of speed of the mole piston during acceleration from the front

Oszacowana energia uderzenia była podstawą do wyznaczenia siły uderzenia a w konsekwencji do wykonania wstępnych obliczeń wytrzymałościowych i wykonania rysunków wykonawczych pierwszego prototypu.

## 7. Zakres zastosowań metody kret

Metoda „kret” jest przeznaczona dla bezwykopowej instalacji przewodów uzbrojenia podziemnego w zakresie średnic od 20 do około 200 mm. Przy czym większość realizacji nie przekracza średnicy 100 mm. Długość instalacji w przypadku „kretów” niestworzonych dochodzi do 40 m [1], lecz zwykle nie przekracza kilkunastu metrów. Większy zasięg mają „krety” sterowane – do-

chodzi on do około 70 metrów w dogodnych warunkach gruntowych. Jeżeli istnieje konieczność wykonania dłuższych przejść metodą bezwykopową, wówczas warto rozważyć możliwość zastosowania przewiertów sterowanych.

Jak wspomniano, otwór wykonany przez głowicę „kreta” powstaje dzięki zagęszczeniu otaczającego ją gruntu. Tak więc metoda jest przydatna do zastosowania w gruntach łatwo zagęszczalnych, czyli dość miękkich gruntów spoiwistych. Piaski i żwiry mogą stawiać duży opór, szczególnie jeśli są dobrze zagęszczone. Grunty skaliste mogą się okazać przeszkodą nie do pokonania.

Ocenia się [10,11], że „kret” jest najbardziej rozpowszechnioną metodą bezwykopowej instalacji przewodów uzbrojenia podziemnego a na całym świecie są dziesiątki tysięcy różnych modeli takich urządzeń. Inwestorzy z sektorów gazowego, wodnego, telekomunikacyjnego i energetycznego rozwijając, bądź modernizując istniejące sieci przesyłowe instalują bardzo duże ilości przewodów. Statystyki amerykańskie pokazują, że pod koniec lat 90 XX w. rocznie instalowano 1,2 miliona przyłączy gazowych z polietylenu (z tego 800 tysięcy były to nowe przyłącza, a 400 tysięcy to wymiana starych na nowe). Średnia długość takiego przyłącza wynosiła około 25 metrów, a 95% z nich miało średnicę poniżej 4 cali. Zdecydowana większość (95%) była realizowana w wykopie otwartym [10,11]. Podobne zapotrzebowanie na takie instalacje mają pozostałe z wyżej wymienionych sektorów przesyłu mediów. Można oczekiwać, że już w najbliższej przyszłości coraz większy udział przy realizacji takich zadań będą miały technologie bezwykopowe.

## 8. Wytyczne projektowania

Lokalizacja otworu powinna uwzględniać warunki gruntowo-wodne występujące na trasie otworu. Optymalne warunki to średnio zagęszczone grunty o średniej wilgotności niezmiennie na całej długości planowanego otworu. Trudności mogą powstać w przypadku natrafienia na luźne, nawodnione piaski. Grunty takie mają bardzo małą nośność, co może powodować zapadanie się ciężkiej głowicy, a w konsekwencji niekontrolowaną zmianę trajektorii otworu. Lite skały są nie do przejścia dla „kreta”. Przy planowaniu trajektorii otworu należy znać dokładne położenie istniejących w gruncie instalacji i obiektów inżynierskich, aby nie dopuścić do kolizji podczas prowadzenia robót. Ważne jest również unikanie kolizji z korzeniami drzew rosnących na trasie otworu, gdyż mogą się okazać bardzo trudną przeszkodą. Znając powyższe warunki należy dobrać rodzaj „kreta” i jego odpowiednią głowicę, o ile dany model daje możliwość dokonania takiej wymiany.

„Krety” niestworzone służą do wykonywania otworów liniowych, natomiast w przypadku „kretów” sterowanych trajektoria może być odcinkiem łuku. Pozwalają one także w razie potrzeby na nagłą zmianę kierunku – nawet o 30°. Przy czym przewidywany promień krzywizny trasy nie powinien być mniejszy niż około 30 metrów w każdych warunkach gruntowych.

Minimalna głębokość ułożenia wynika głównie z konieczności ochrony nawierzchni drogowych. Wynosi ona co najmniej 1,0 m przy spełnieniu drugiego warunku, jakim jest zagłębienie otworu równe jego 10-krotnej średnicy. Zbyt płytkie położenie otworu nie tylko grozi uszkodzeniem nawierzchni, ale także powoduje, że głowica ma skłonność do schodzenia z planowanej trasy – skręcanie w górę [10,11].

Dobór rodzaju „kreta” związany jest z rodzajem gruntu. „Krety” niestworzone można stosować do wykonywania krótkich otworów w stabilnych gruntach, których parametry fizyczne nie zmieniają się na całej długości otworu i nie przewidujemy pojawienia się przeszkód (np. w postaci zagłębionych głazów narzutowych). Gdy mamy do czynienia ze zmiennymi warunkami geotechnicznymi bezpieczniej jest zastosować „krety” z możliwością sterowania.

## 9. Metoda sterowanego wciągania przewodu za głowicą dynamiczną

Kolejnym etapem rozwoju metody kret było pojawienie się wersji sterowanej o nazwie GRUNDOSTEER. Schemat jej działania przedstawiono na rys. 6 [1]. Umożliwia ona dokładne przejścia przewodu pod powierzchnią terenu na odległość do 70 metrów. Zastosowany system lokalizacji i sterowania oraz wyposażenie urządzenia przebijającego w ruchomą głowicę o asymetrycznym kształcie pozwala na zmianę kierunku poprzez odpowiednie ustawienie asy-



Rys. 6. Schemat metody GRUNDOSTEER  
Fig. 6. Schematic of GRUNDOSTEER method

metrycznej głowicy. Pozwala to na omijanie niezlokalizowanych wcześniej przeszkód znajdujących się w gruncie na planowanej trasie przewodu. Chodzi tu o takie przeszkody jak np. glazy narzutowe, stare fundamenty, czy nie wykazane na planach sytuacyjnych instalacje. Metoda umożliwia również prowadzenie trasy przewodu w łuku o promieniu  $R \geq 27$  metrów i jest stosowana także przy bezwykopowym wykonywaniu krótkich podłączeń do budynków.

## 10. Elementy systemu

Podstawowym elementem systemu pneumatyczno-udarowego drążenia otworów w gruncie stanowi sam „kret”, którego budowa oraz zasada działania została już wcześniej opisana. Widok „kreta” polskiej produkcji oraz jego głowicy (w powiększeniu) przedstawiono na rys. 7 [8].



Rys. 7. Widok „kreta” polskiej produkcji oraz jego głowicy  
Fig. 7. View of the Polish-made „mole” and its head

Oprócz opisanego już wcześniej „kreta” podstawowe elementy systemu do pneumatyczno-udarowego drążenia otworów w gruncie stanowią: olejacz, rejestrator oraz osprzęt.

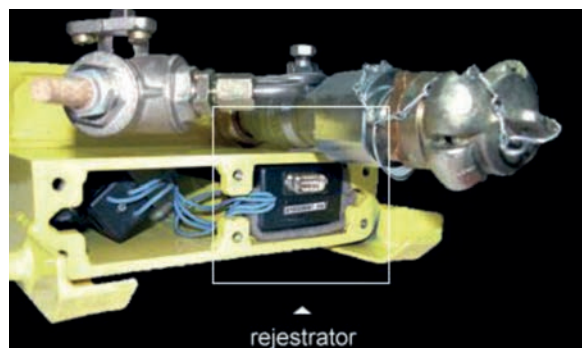
Olejacz – służy do sterowania i smarowania „kreta” w celu zmniejszenia tarcia pomiędzy korpusem a ruchomymi elementami oraz zwiększenia trwałości całego urządzenia. Powietrze zasilające przepływa przez olejacz, w którym tworzy się mgła olejowa. W takiej postaci, poprzez wąż zasilająco-sterujący, trafia do „kreta”, aby zapewnić właściwe warunki pracy ruchomym elementom urządzenia. Na olejaczu znajdują się dwa zawory służące do sterowania kierunkiem oraz szybkością pracy kreta. Do smarowania urządzeń należy używać specjalnego, firmowego oleju, wyprodukowanego z nieszkodliwych komponentów ulegających szybkiej biodegradacji. Widok olejacza pokazano na rys. 8 [8].

Rejestrator ma za zadanie zapis przebiegu pracy „kreta”. W urządzeniach pneumatyczno-udarowych produkowanych przez polską firmę TERMA TECHNOLOGIE został on wprowadzony w końcu 2003 roku. Jest to układ elektroniczny, który rejestruje aktualne ciśnienie podawane do urządzenia oraz czas



Rys. 8. Widok olejacza  
Fig. 8. View of the lubricator

pracy. Dane można skopiować lub przenieść do komputera PC w celu odczytania przebiegu pracy na wykresie. Czas pracy może być rejestrowany z dokładnością od 1 s do 60 min, natomiast maksymalne rejestrowane ciśnienie wynosi 16 bar (z możliwością rozszerzenia na wyższe ciśnienia). Zarejestrowane dane umożliwiają dokładne określenie czasu pracy z oznaczeniem konkretnych dni i godzin rozpoczęcia i zakończenia przecisku, przerw w pracy itp. Rejestratory są obecnie instalowane we wszystkich modelach „kreta”. Pozwalają one podczas przeglądów i napraw stwierdzić czy urządzenia były właściwie eksploatowane. Rejestrator umieszcza się w jednym z elementów składowych systemu jakim jest opisany wyżej olejacz sterującym prędkością i kierunkiem pracy „kreta”. Układ rejestratora zasilany jest z baterii litowej, która zapewnia jego działanie przez okres co najmniej 12 miesięcy. Widok rejestratora przedstawiono na rys. 9 [8].



Rys. 9. Widok rejestratora dla system kret  
Fig. 9. View of the recorder for the mole

Osprzęt obejmuje następujące grupy:

- akcesoria do ustawiania maszyny: tyczka namiarowa,
  - przyrząd optyczny.
- Do wciągania rur: tuleje do wciągania rur,
  - napinacz do wciągania rur – wyposażony w zamienne tuleje wtykowe dla zakresów średnic 90-180 mm,
  - lina do wciągania rur,
  - końcówka skrawająca do ręcznego wciągania rur.
- Do drążenia otworów powyżej średnic 130 mm i wciągania rur o średnicach 160 – 180 mm:
  - poszerzacze o średnicach 160, 180, 195 mm,
  - końcówka holująca,
  - wkrętka holująca,
  - linka przejściowa.

## 11. Wnioski

Metoda „kret”, będąca najstarszą metodą bezwykopowej instalacji przewodów uzbrojenia podziemnego o średnicach do 200 mm, sprawdza się w praktyce i jest wciąż udoskonalana. Można ją polecić przy krótkich przejściach, np. pod drogami czy ulicami, gdy dopuszczalne są odchyłki od planowanej trasy. W związku z tym nie należy jej stosować w przypadku instalacji przewodów grawitacyjnych a w razie takiej potrzeby należy zastosować sterowaną odmianę kreta GRUNDOSTEER.

## LITERATURA

- [1] Materiały informacyjne firmy Tracto – Technik
- [2] Materiały informacyjne firmy SOM Ukraina
- [3] Materiały informacyjne firmy WAMET
- [4] Materiały informacyjne firmy PERFORATOR
- [5] PN-EN 12889 Bezwykopowa budowa i badanie przewodów kanalizacyjnych
- [6] ATV A 161 Rohrvortrieb
- [7] Materiały informacyjne firmy JAS
- [8] Materiały informacyjne firmy TERMA
- [9] Materiały informacyjne firmy TERRA
- [10] J. Simicevic, R. L. Sterling: Guidelines for Impact Molding, TTC Technical Report #2001.03
- [11] J. Simicevic, R. L. Sterling: Guidelines for Pipe Ramming, TTC Technical Report #2001.04