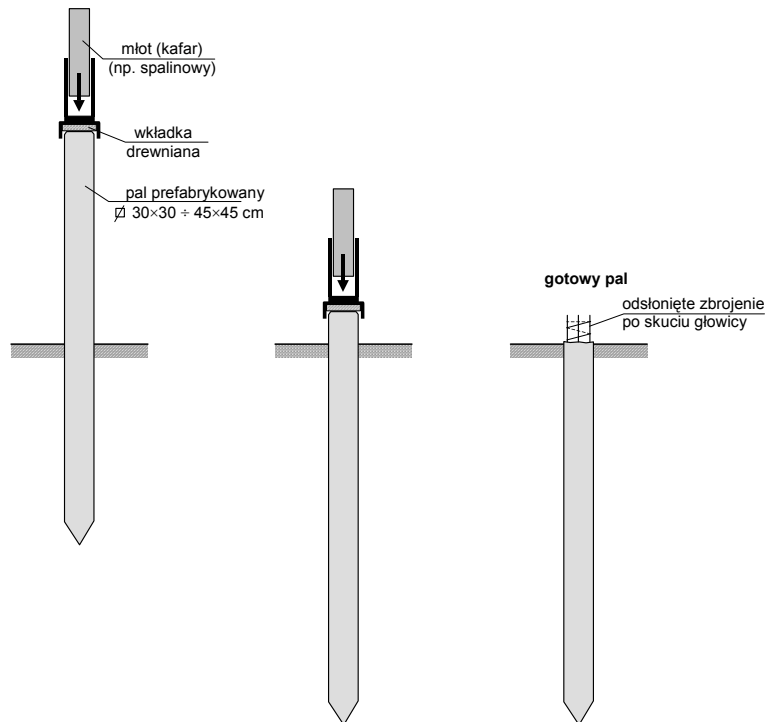


## Pale prefabrykowane wbijane

Prefabrykaty palowe o długości do 15.0 m betonowane są w zakładzie prefabrykacji i przywożone na budowę lub betonowane na budowie w specjalnych formach. W przypadku większych długości możliwe jest wykonywanie z odcinków łączonych o długości do 10 m. Podstawy pali mogą być zastrzone lub tępe. Wbijanie za pomocą kafarów spalinyowych (np. Delmag), hydraulicznych lub wolnospadowych.

Pale o średniej i dużej nośności w gruncie i wykazujące małe osiadania.

Szerokie zastosowanie, a szczególnie w budownictwie hydrotechnicznym.



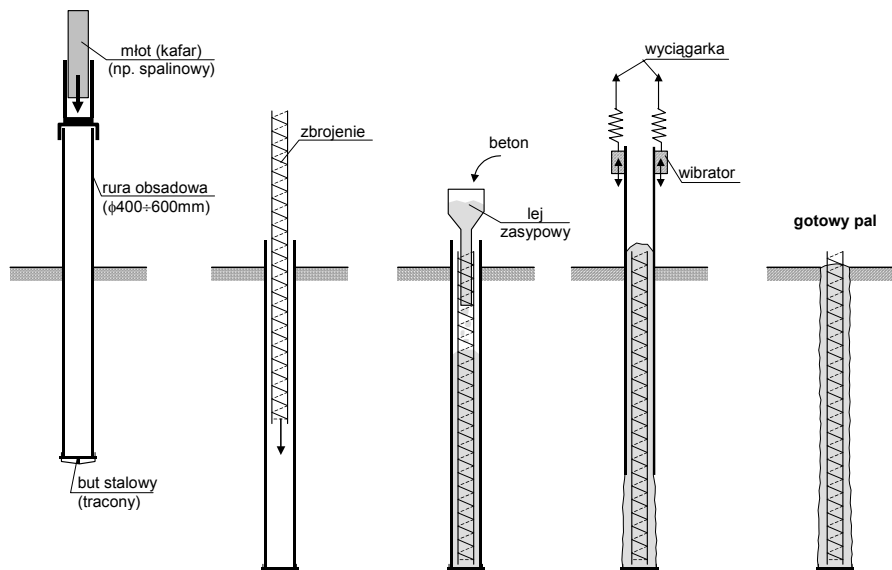
## Pale wbijane „Vibro”

Etapy wykonawstwa:

- wbijanie rury stalowej ze stalowym szczelnym butem w podstawie (kafar spalinyowy lub hydrauliczny)
- wprowadzenie szkieletu zbrojenia pala do suchego wnętrza rury stalowej
- wypełnienie wnętrza rury betonem
- wyciąganie rury za pomocą wyciągarki i wibratora, co powoduje zagęszczenie betonu i dogęszczenie gruntu wokół pala

Pale o dużej nośności w gruncie i wykazujące małe osiadania.

Zastosowanie – głównie w gruntach niespoistych średniozagęszczonych i zagęszczonych o  $I_D \leq 0.75$ .



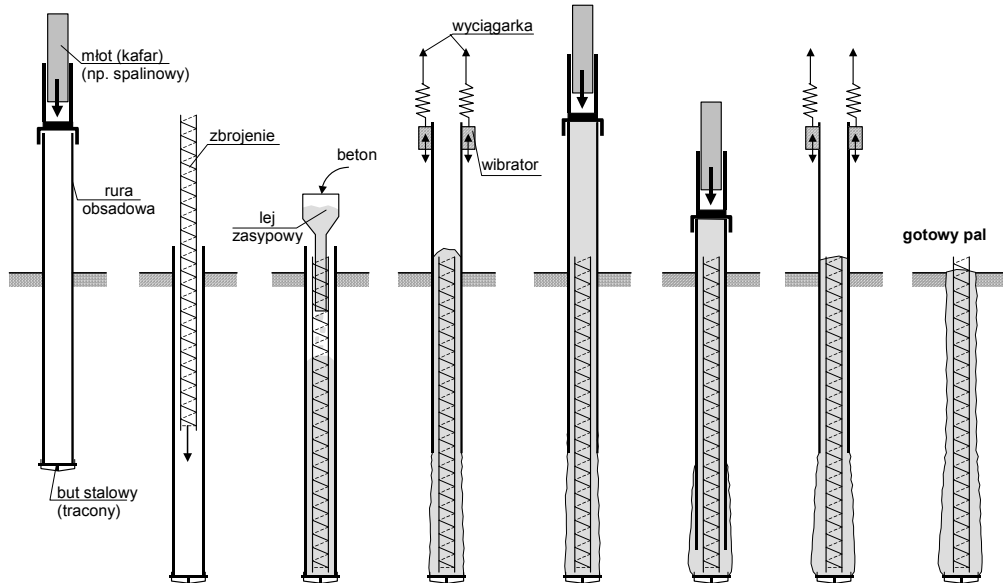
## Pale wbijane „Vibrex”

Etapy wykonawstwa:

- a), b), c) – jak pale „Vibro”
- d) wyciągnięcie rury na wysokość 3 ÷ 4 m za pomocą wyciągarki i wibratora
- e) dopełnienie rury betonem i ponowne wbijanie rury kafarem (powoduje to spęczenie dolnego odcinka pala)
- f) ewentualne powtórzenie czynności d) i e)
- g) ostateczne wyciągnięcie rury za pomocą wyciągarki i wibratora

Pale o bardzo dużej nośności w gruncie i wykazujące bardzo małe osiadania.

Zastosowanie – głównie w gruntach niespoistych luźnych i średniozagęszczonych.



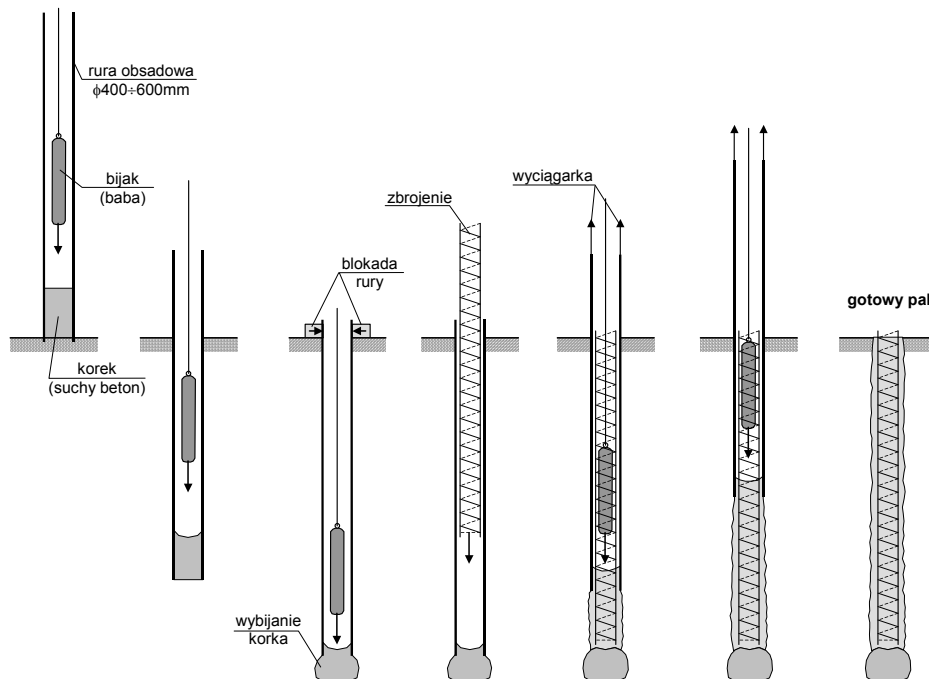
## Pale wbijane „Franki”

Etapy wykonawstwa:

- a) wbijanie rury stalowej z korkiem z suchego betonu za pomocą bijaka wolno-spadowego
- b) zablokowanie rury stalowej i wybicie korka z podstawy pala
- c) wprowadzenie zbrojenia do wnętrza rury
- d) cykliczne wypełnianie rury betonem, podciąganie rury wyciągarką i ubijanie betonu bijakiem (beton o konsystencji wilgotnej)

Pale o bardzo dużej nośności w gruncie i wykazujące bardzo małe osiadania.

Zastosowanie – głównie w gruntach niespoistych średniozagęszczonych i zagęszczonych o  $I_D \leq 0.75$ .



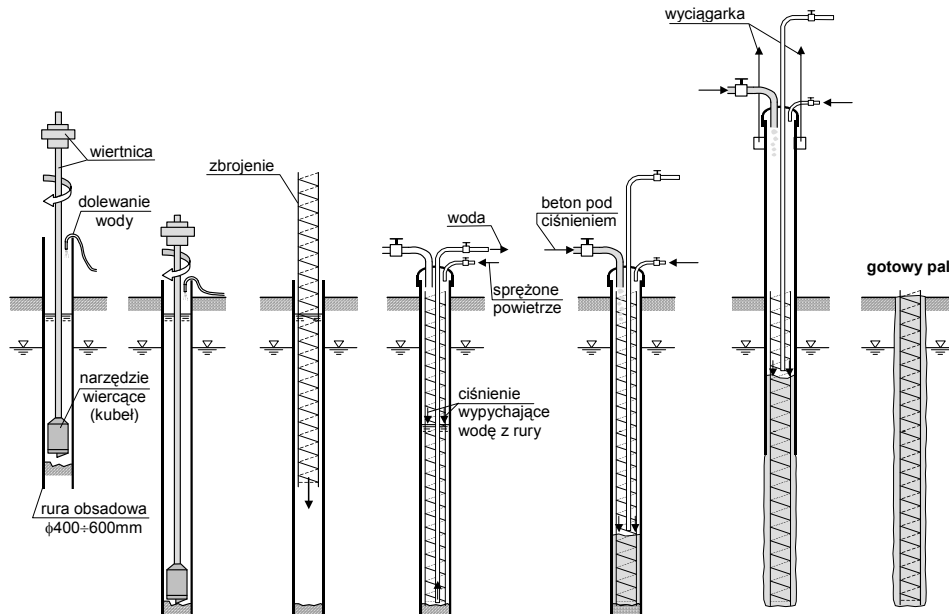
## Pale wiercone „Wolfsholza”

Etapy wykonawstwa:

- wciskanie w grunt rury obsadowej z jednoczesnym wydobywaniem gruntu z wnętrza i dolewaniem wody do rury (uwaga: rura powinna wyprzedzać wiercenie, poziom wody w rurze powinien być wyższy niż poziom wody w gruncie)
- wprowadzenie zbrojenia do wnętrza rury wypełnionej wodą
- założenie na górny koniec rury szczelnego kołpaka z trzema króćcami i długą rurką do odprowadzania wody
- wprowadzenie do wnętrza rury sprężonego powietrza, które powoduje wypchnięcie wody przez rurkę i częściowo do gruntu w podstawie
- wypełnianie rury betonem pod ciśnieniem i jednoczesne podciąganie rury (rura obsadowa w wyniku ciśnienia powietrza może sama wychodzić)

Pale o średniej nośności w gruncie. Technologia dość pracochłonna i coraz rzadziej stosowana.

Zastosowanie – w gruntach spoistych twardoplastycznych i niespoistych zagęszczonych nawodnionych, w terenie zabudowanym



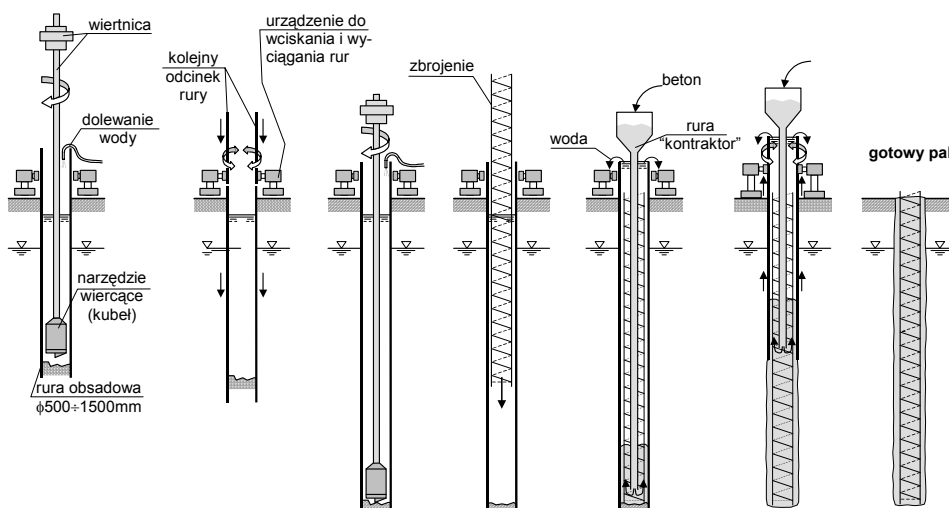
## Pale wiercone w rurze obsadowej

Etapy wykonawstwa:

- i b) - jak w palach Wolfsholza (rura obsadowa składana z odcinków o długości do 6.0 m)
- wprowadzenie do wnętrza rury obsadowej rury do betonowania podwodnego tzw. metodą „Kontraktor”
- betonowanie pała z jednoczesnym podciąganiem rury obsadowej i rury „kontraktor” (rura „kontraktor” powinna być cały czas zanurzona w betonem na min. 1.5 m, beton od dołu wypiera wodę)

Pale o średniej i umiarkowanej nośności w gruncie i wykazujące dość duże osiadania. Technologia powszechnie wykorzystywana do pali wielkośrednicowych.

Zastosowanie – w gruntach spoistych od zwartych do twardoplastycznych i niespoistych zagęszczonych, w terenie zabudowanym

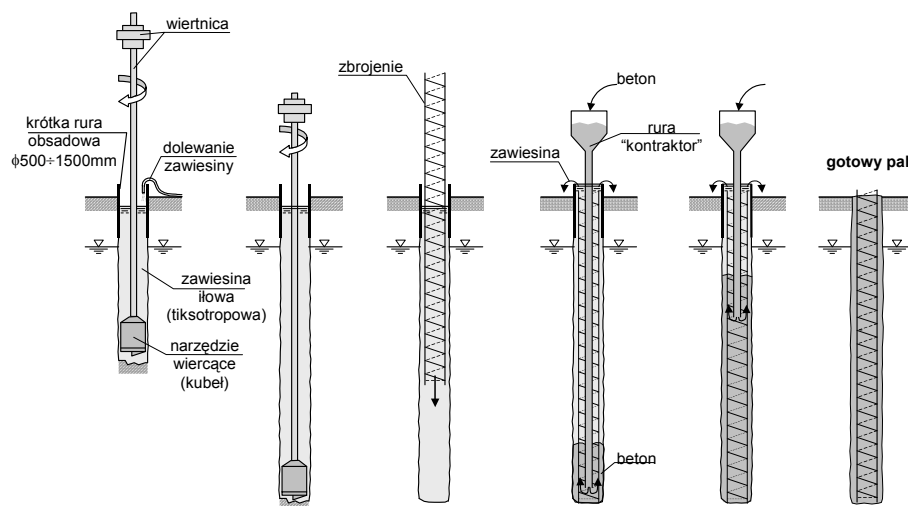


## Pale wiercone w zawieszinie iłowej

Etapy wykonawstwa:

- wciśnięcie w grunt krótkiego odcinka rury prowadzącej z wydobywaniem gruntu z wnętrza
- wiercenie otworu w osłonie z zawiesziny iłowej (zawieszina tiksotropowa – pozwalająca na utrzymywanie ścianek otworu w stateczności, poziom zawiesziny powinien być wyższy niż poziom wody w gruncie)
- wprowadzenie zbrojenia do wnętrza rury wypełnionej zawiesziną
- wprowadzenie do wnętrza otworu wiertniczego rury do betonowania podwodnego tzw. metodą „Kontraktor”
- betonowanie pala metodą „kontraktor” (beton wypiera zawieszinę iłową, która na powierzchni jest odbierana do ponownego użycia)

Charakterystyka i zastosowanie – jak pale wiercone w rurze osadowej.



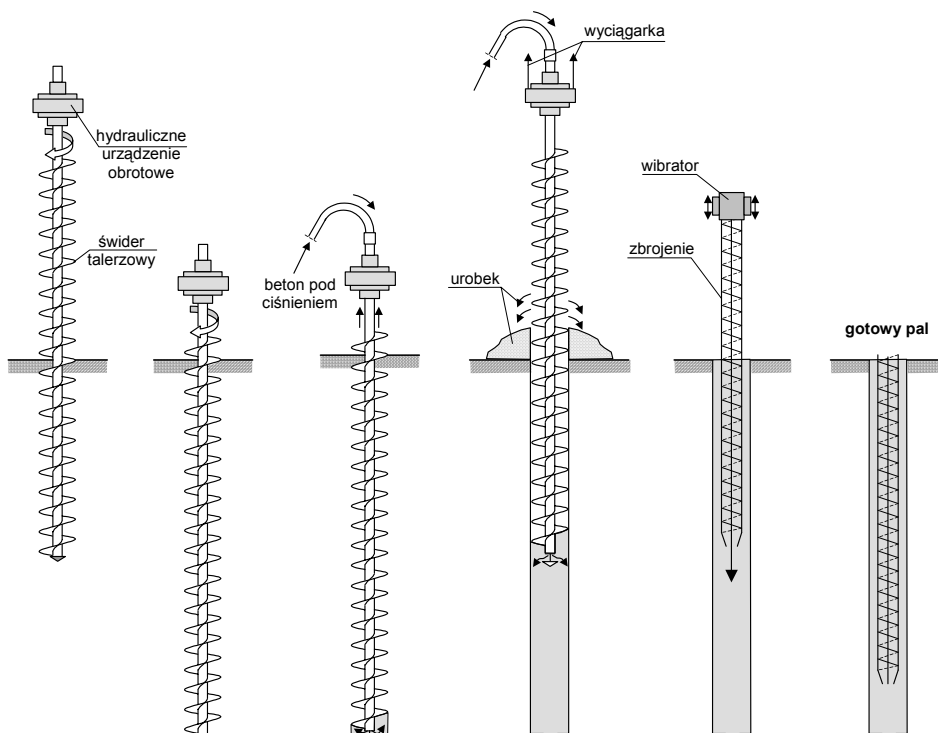
## Pale wwiercane CFA

Etapy wykonawstwa:

- wkręcenie w grunt ciągłego świdra talerzowego z rdzeniem rurowym, zakończonym od dołu końcówką stożkową
- podłączenie do rdzenia przewodu betonowego i tłoczenie betonu pod ciśnieniem ok. 6 atm.
- otwarcie końcówki stożkowej i wydostawanie się betonu do otworu pod świdrem, wyciąganie świdra bez obracania nim (ciśnienie betonu powinno samo wypychać świdra, jeżeli przy ciśnieniu 6 atm. świdra nie wychodzi – wyciąganie wspomaga się wyciągarką)
- wyciągnięcie świdra – otwór po świdrze wypełniony mieszanką betonową
- wprowadzenie do świeżej mieszanki betonowej zbrojenia za pomocą wibratora

Pale o średniej i dość dobrej nośności w gruncie. Technologia bardzo szybka i efektywna.

Zastosowanie – w gruntach spoiwystych twardoplastycznych i niespoiwystych zagęszczonych w terenie zabudowanym.



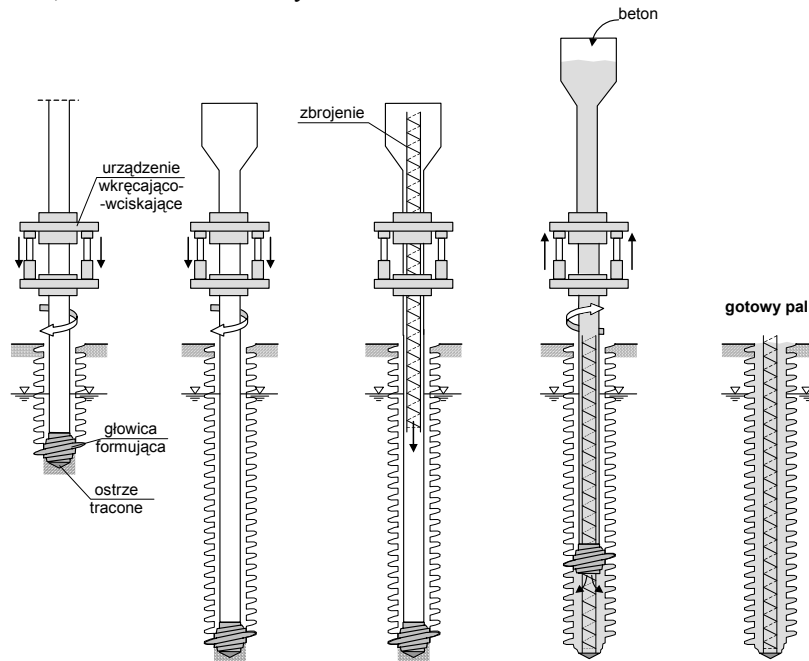
## Pale wkręcane „Atlas”

Etapy wykonawstwa:

- wkręcenie w grunt rurowej żerdzi z głowicą rozpychającą grunt i traconym ostrzem
- wprowadzenie zbrojenia pala do wnętrza żerdzi
- wypełnienie wnętrza żerdzi i górnego leja zasypowego betonem
- wykręcanie żerdzi i wypełnianie otworu po głowicy betonem (ruch obrotowy żerdzi jest tak dopasowany do ruchu pionowego, aby głowica formowała w gruncie pobocznicę pala w kształcie przypominającym gwint)

Pale o dość dużej nośności w gruncie. Technologia bardzo szybka i efektywna.

Zastosowanie – w gruntach spoistych twardoplastycznych i plastycznych oraz w gruntach niespoistych średniozagęszczonych do zagęszczonych o  $I_D \leq 0.70$ , w terenie zabudowanym.



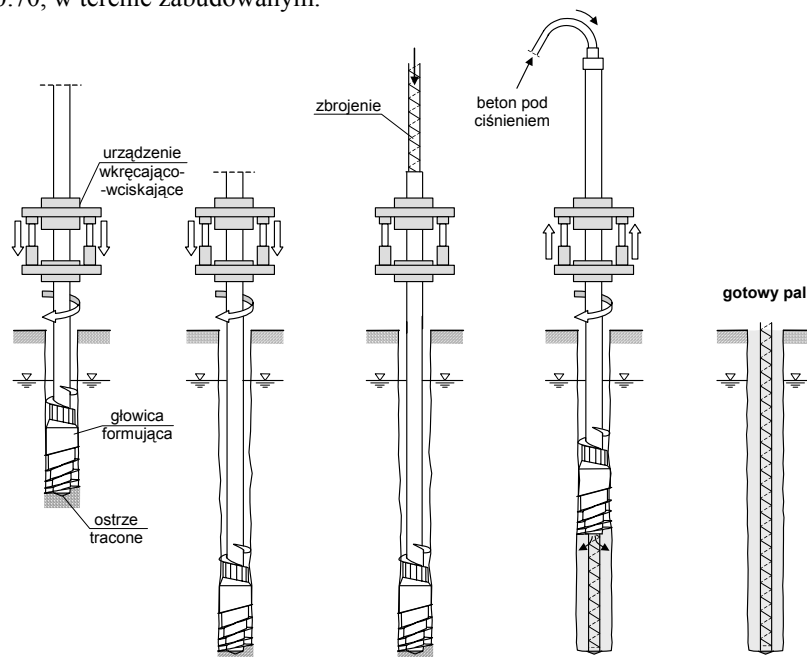
## Pale wkręcane „Omega”

Etapy wykonawstwa:

- wkręcenie w grunt rurowej żerdzi z głowicą rozpychającą grunt i traconym ostrzem
- wprowadzenie zbrojenia pala do wnętrza żerdzi (zbrojenie może być także wprowadzane po zabetonowaniu pala do świeżej mieszanki – podobnie jak w palach CFA)
- podłączenie do żerdzi przewodu z betonem pod ciśnieniem
- wykręcanie żerdzi i wypełnianie betonem otworu pod głowicą (kierunek obrotów żerdzi jest taki sam jak przy wkręcaniu)

Pale o dość dużej nośności w gruncie. Technologia bardzo szybka i efektywna.

Zastosowanie – w gruntach spoistych twardoplastycznych i plastycznych oraz w gruntach niespoistych średniozagęszczonych do zagęszczonych o  $I_D \leq 0.70$ , w terenie zabudowanym.



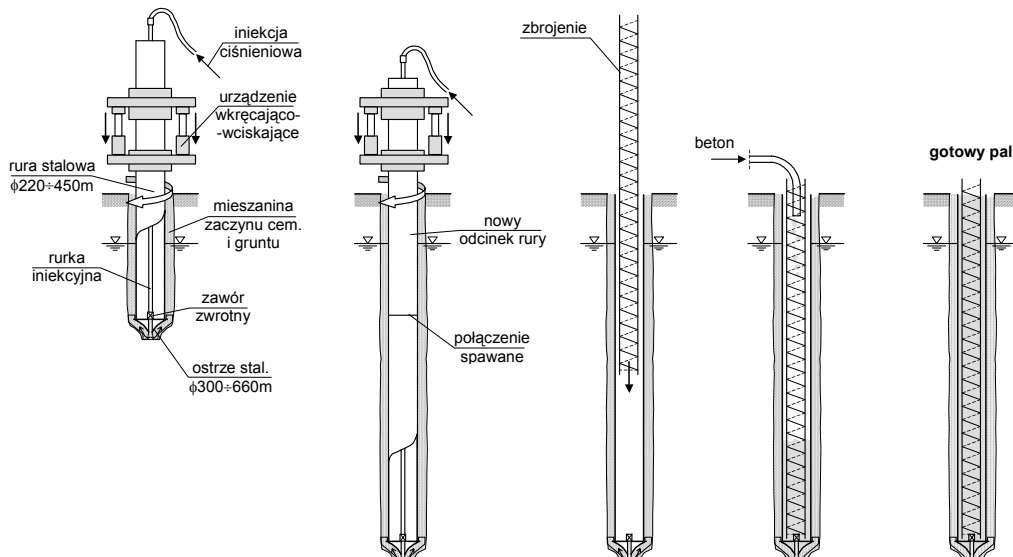
## Pale wkręcane „Tubex”

Etapy wykonawstwa:

- wkręcenie w grunt rury stalowej z odpowiednim ostrzem przyspawanym do rury, w czasie wkręcania pod ostrze tłoczona jest iniekcja z zaczynu cementowego, która ułatwia pogrążanie rury, a po związaniu poprawia pracę poboczniczy w gruncie
- wprowadzenie zbrojenia pała do wnętrza rury
- wypełnienie wnętrza rury betonem (wykonawstwo pała zakończone, rura stalowa pozostaje na stałe)

Pale o dużej i bardzo dużej nośności w gruncie. Technologia szybka i efektywna.

Zastosowanie – w gruntach niespoistych średniozagęszczonych do zagęszczonych o  $I_D \leq 0.70$ , w terenie zabudowanym, rzadziej w gruntach spoistych.



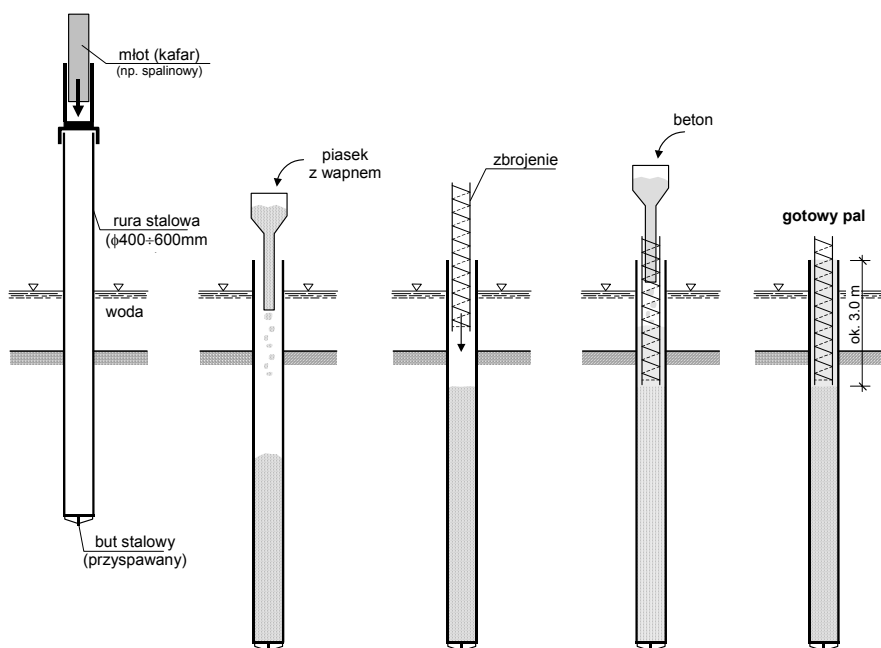
## Pale wbijane z rur stalowych zamkniętych

Etapy wykonawstwa:

- wbijanie w grunt za pomocą kłosa rury stalowej z zamkniętym dnem, wzmocnionym żebrami
- wypełnienie wnętrza rury piaskiem z dodatkiem wapna i pozostawienie niewypełnionego górnego odcinka o długości około 3.0 m
- wprowadzenie zbrojenia do wnętrza rury i wypełnienie betonem (wytrzymałość trzonu pała zapewnia rura stalowa, zbrojenie potrzebne jest do powiązania pała z żelbetowym oczepem)

Pale o dużej nośności w gruncie.

Zastosowanie – w gruntach niespoistych średniozagęszczonych do zagęszczonych o  $I_D \leq 0.70$ , bardzo popularne w budownictwie hydrotechnicznym i na otwartej wodzie.



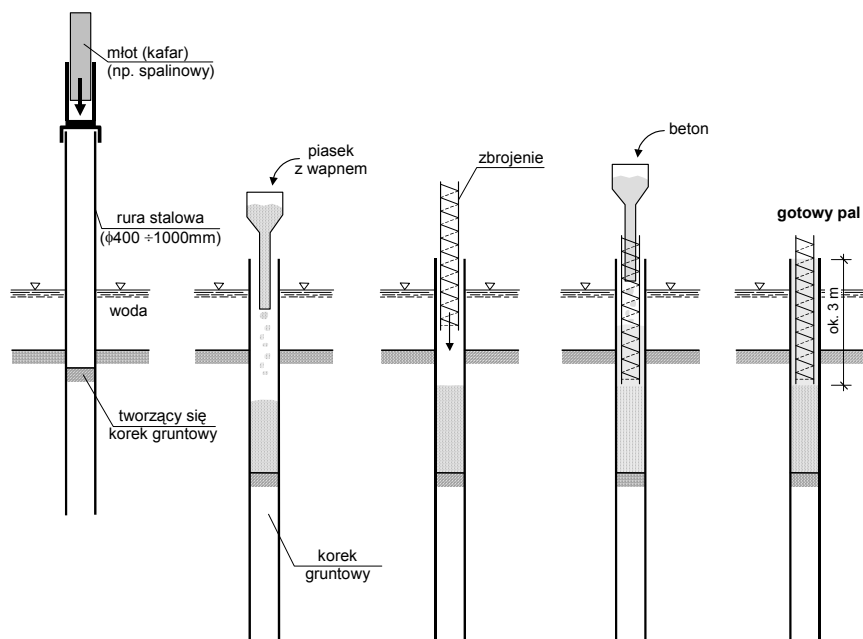
## Pale wbijane (lub wwibrowywane) z rur stalowych otwartych

Etapy wykonawstwa:

- wbijanie w grunt za pomocą kafara rury stalowej z otwartym dnem dnem, wewnątrz rury tworzy się korek gruntowy, stopniowo zamykający rurę
- wypełnienie wnętrza rury piaskiem z dodatkiem wapna i pozostawienie niewypełnionego górnego odcinka o długości około 3.0 m
- wprowadzenie zbrojenia do wnętrza rury i wypełnienie betonem (wytrzymałość trzonu pała zapewnia rura stalowa, zbrojenie potrzebne jest do powiązania pała z żelbetowym oczepem)

Pale o średniej nośności w gruncie.

Zastosowanie – w gruntach niespoistych zagęszczonych i bardzo zagęszczonych, stosowane w budownictwie hydrotechnicznym i na otwartej wodzie w sytuacjach potrzebnego dużego zagłębienia w gruncie nośnym w celu utwierdzenia pała na siły poziome (np. dalby, pomosty, nabrzeża).

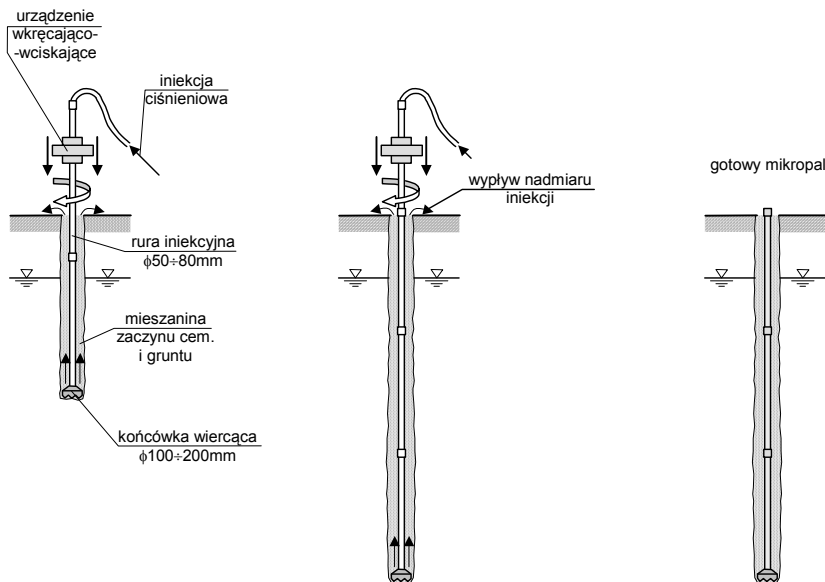


## Mikropale iniekcyjne

Etapy wykonawstwa:

- wkręcanie w grunt rury iniekcyjnej z końcówką wierzącą o powiększonej średnicy i jednoczesne tłoczenie zaczynu cementowego
- po dojściu do zakładanej głębokości dalsze tłoczenie zaczynu, aż do pojawienia się go na powierzchni terenu
- pozostawienie rury wypełnionej zaczynem na stałe (rura pełni rolę zbrojenia)

Zastosowanie – w gruntach niespoistych średniozagęszczonych i zagęszczonych oraz mało spoistych, stosowane jako wzmocnienie istniejących fundamentów w gęstej zabudowie lub pod niewielkie nowe obiekty.

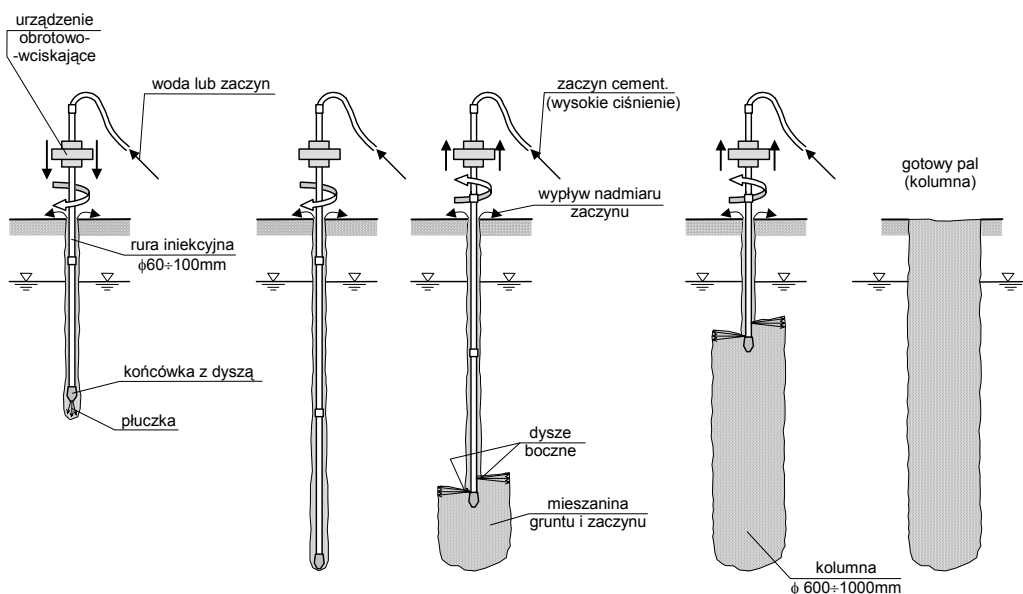


## Pale (kolumny) „jet-grouting”

Etapy wykonawstwa:

- wprowadzanie w grunt rury iniekcyjnej (żerdzi) z tłoczeniem płuczki wodnej lub zaczynu przez dolną dyszę
- po dojściu do zakładanej głębokości zamknięcie dyszy dolnej i tłoczenie zaczynu cementowego przez jedną lub dwie dysze boczne i powolne podciąganie żerdzi z jednoczesnym powolnym jej obracaniem (wysokie ciśnienie – do 600 atm. powoduje wycinanie gruntu i formowanie kolumny z cemento-gruntu, nadmiar zaczynu wypływa na powierzchnię)
- całkowite wyciągnięcie żerdzi i pozostawienie w gruncie kolumny (pala) z cemento-gruntu, który z czasem twardnieje.

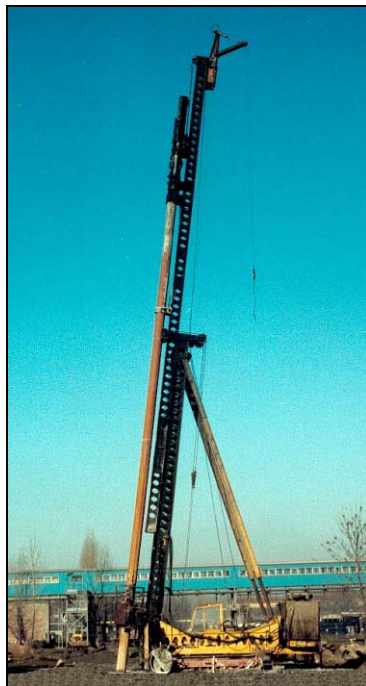
Zastosowanie – praktycznie we wszystkich rodzajach gruntów, stosowane jako wzmocnienie lub podchwycenie istniejących fundamentów w gęstej zabudowie, np. budynków w pobliżu głębokich wykopów, rzadziej jako pale lub kolumny pod nowe obiekty. Możliwe zbrojenie kolumn za pomocą dwuteowników wwibrowywanych w świeży cemento-grunt.







Fot. 1. Wolnospadowe palownice hydrauliczne do wbijania pali prefabrykowanych.



Fot. 2. Palownice Fundex z kafarem spalinowym Delmag do wbijania pali Vibro, Vibrex i prefabrykowanych.



Fot. 3. Wiertnica „BAUER” do wykonywania pali wierconych w rurach obsadowych.





Fot. 4. Palownice do pali wierconych świdrem ciągłym „CFA”



Fot. 5. Palownica do pali „Atlas” oraz widok głowicy pala „Atlas”

Opracowanie:  
dr inż. Adam Krasieński  
Katedra Geotechniki PG