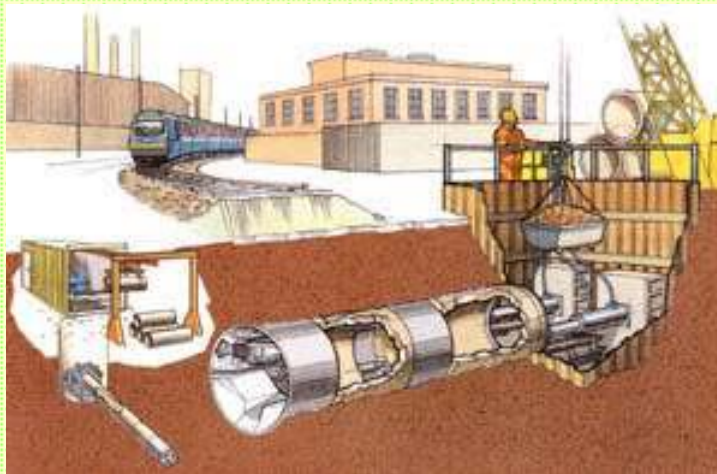


# ***Przeciski hydrauliczne Pipe Jacking***



# Pipe Jacking

Technologia Pipe Jacking była stosowana w polskich miastach już w latach 70-tych XX wieku. Korzystano z niej najczęściej w przypadku bezwykopowego wykonywania przewodów pod przeszkodami zlokalizowanymi poprzecznie do trasy (drogi, ulice, nasypy). Pierwsze przeciski wykonywano zazwyczaj z rur stalowych - po ich wepchnięciu, do wnętrza wprowadzano przewód technologiczny. Później przepychano prefabrykowane rurociągi betonowe, żelbetowe elementy o przekrojach prostokątnych lub poszczególne segmenty takich przekrojów.

Technologia przeciskania polega na wykonaniu przewodu między dwoma komorami (początkową i końcową). Wymiary wypychających elementów muszą być takie aby w ich wnętrzu mogli pracować ludzie urabiający i transportujący grunt. Urabianie gruntu odbywa się ręcznie lub mechanicznie przy użyciu głowic drążących. Przeciskanie z głowicą niezmechanizowaną ma ograniczenia związane z małymi możliwościami korekty kierunku oraz koniecznością stosowania odwodnienia na całej trasie przecisku.



# Pipe Jacking

Coraz częściej technologia przecisku jest zastępowana mikrotunelowaniem za pomocą tarcz z urządzeniami do korekty kierunku i równoważącymi parcie gruntu i wody gruntowej (umożliwia to realizację budowli bez obniżania zwierciadła wody).

W przypadku przewodów kanalizacyjnych przeciskanie przewodu może polegać na:

- wykonaniu obudowy wstępnej (rury osłonowej), do wnętrza której wprowadzany jest przewód technologiczny,
- wciskaniu w grunt prefabrykatu spełniającego zarówno rolę obudowy jak i przewodu technologicznego.

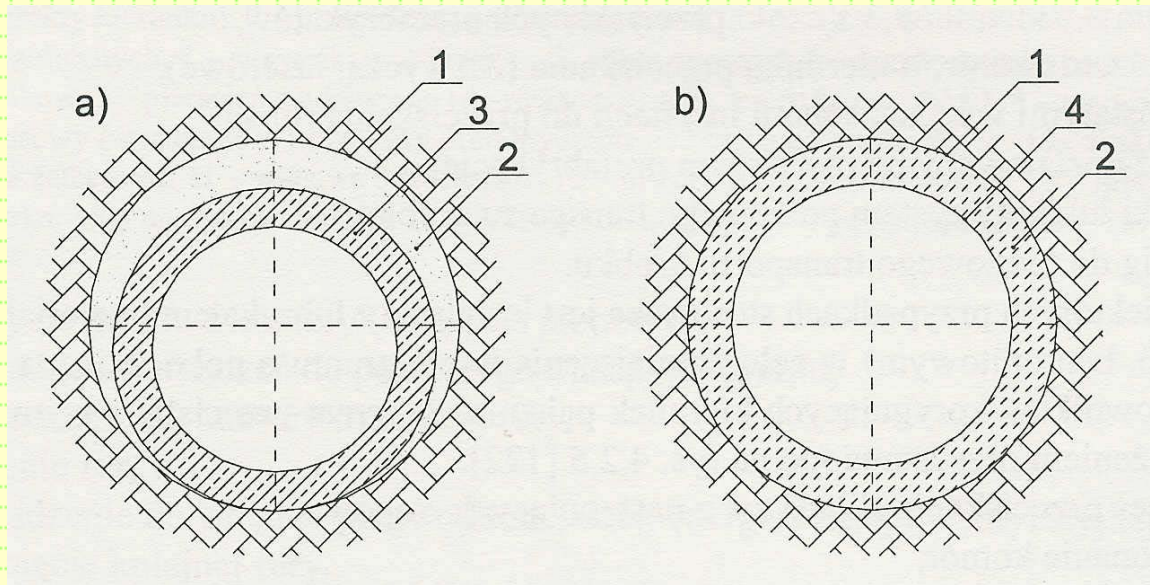
Do zabezpieczenia tunelu wykorzystuje się przeważnie rury stalowe, do wnętrza których wprowadza się:

- przewody technologiczne z innych materiałów (żelbetu, żeliwa, kamionki),
- rurę stalową o mniejszej, dostosowanej do potrzeb technologicznych średnicy.



# Pipe Jacking

Przestrzeń między obiema rurami wypełnia się iniektem na bazie cementu tworząc trójwarstwowy układ ścianki przewodu. Zakłada się, że po skorodowaniu rury zewnętrznej, całość obciążeń przejmie rura wewnętrzna. Zadaniem iniektu jest także zabezpieczenie tunelu przed utratą stateczności po skorodowaniu stalowej rury zewnętrznej.

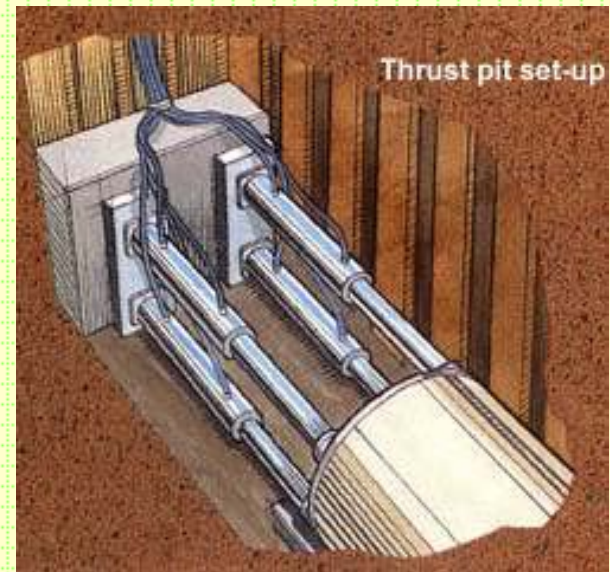


Przewód kanalizacyjny ułożony w przeciskanej, osłonowej rurze stalowej

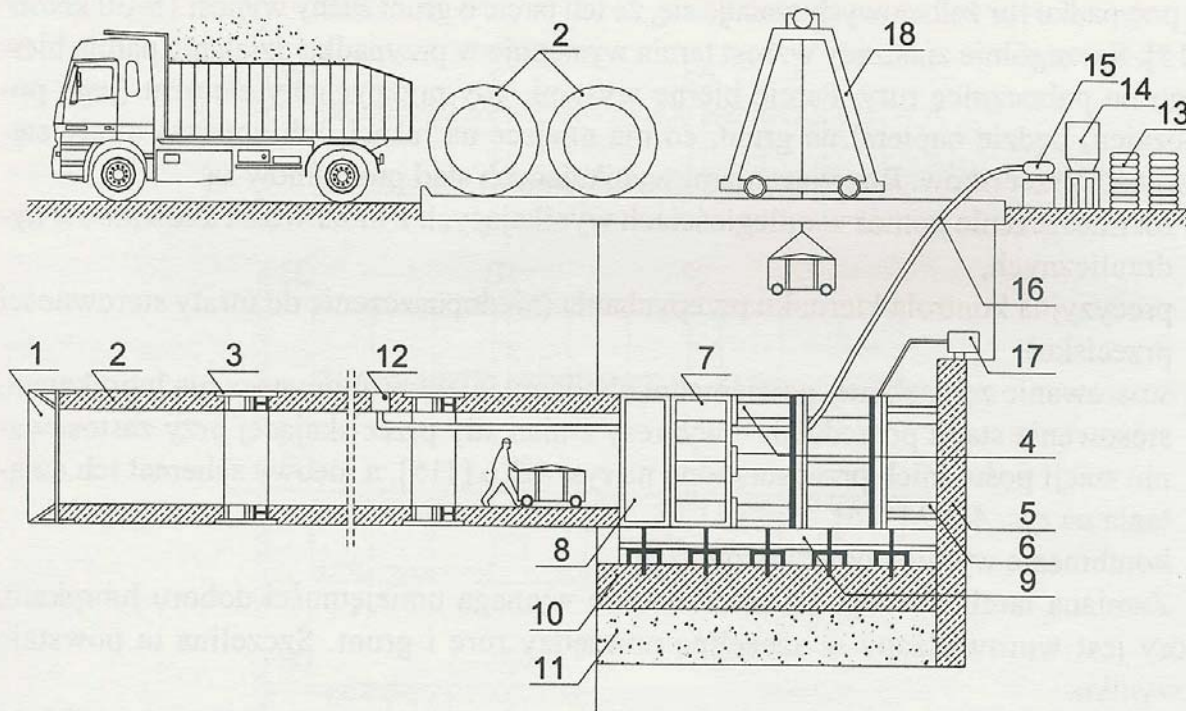
- a) z zastosowaniem osłonowej rury stalowej i prefabrykowanej rury betonowej (technologicznej); b) z zastosowaniem rur podatnych; 1 - stalowa rura osłonowa, 2 – iniekt, 3 – rura sztywna (betonowa), 4 – rura wewnętrzna (podatna).

# Pipe Jacking

- Przeciskanie rozpoczyna się od wykonania szybu początkowego i końcowego. Wymiary szybu początkowego zależą od wymiarów przepychanych elementów, głębokości na jakiej elementy będą przepychane, wymiarów zespołu urządzeń do przepychania instalowanych w szybie (siłowników, bloku oporowego, płyty dennej i torowiska) oraz sposobu zabezpieczania ścian szybu i jego odwodnienia.
- Proces przeciskania przebiega na odcinku komora startowa-komora docelowa. Komora docelowa musi być dostosowana do wydobywania urządzeń drążących urobek.
- Ściany komór mogą być zabezpieczane ściankami stalowymi z blach lub konstrukcją żelbetową (studnie, pale lub ścianki szczelinowe).
- W zależności od lokalnych warunków gruntowo-wodnych komory są odwadniane przez pompowanie wody z ich dna albo przy użyciu studni lub igłofiltrów.
- W wyjątkowych przypadkach stosowane są instalacje zamrażające lub chemizacja gruntu.



# Pipe Jacking



## Typowy schemat przecisku

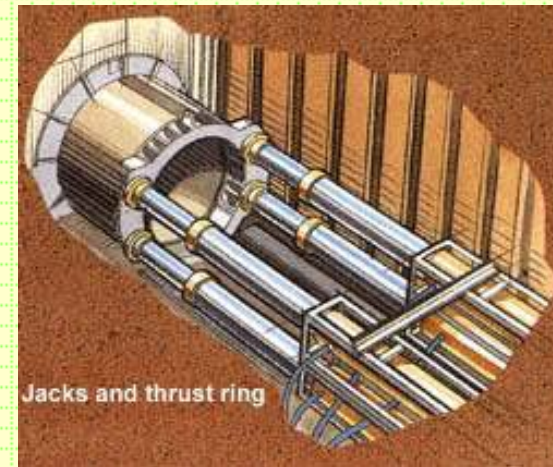
1 – nóż (może być wyposażony w siłowniki hydrauliczne do korekty kierunku), 2 – przeciskany prefabrykat (rura),

3 – stacja pośrednia siłowników hydraulicznych, 4 – siłowniki podstawowe, 5 – blok oporowy, 6 – konstrukcja wsporcza siłowników, 7 – pierścień z adapterem (do równomiernego rozkładu nacisków), 8 – pierścień dystansowy (występuje w przypadku prefabrykatów o różnych długościach), 9 – torowisko, 10 – płyta żelbetowa, 11 – warstwa odsączająca, 12 – otwory do iniekcji lubrykatu, 13 – lubrykat, 14 – mieszarka, 15 – pompa do iniekcji, 16 – przewód do iniekcji, 17 – pompa siłowników, 18 - dźwig

# Pipe Jacking

Proces przeciskania składa się z następujących etapów:

- wykonanie komór
- zainstalowanie urządzeń do instalacji przeciskowej
- wycięcie w obudowie „okna” tzn. otworu o wymiarach dostosowanych do przekroju poprzecznego wciskanej rury
- wprowadzenie do komory noża i zainstalowanie go na czole pierwszej rury
- ułożenie rury na torowisku nadające jej żądany kierunek ruchu
- instalacja pierścienia dystansowego pomiędzy siłownikami i tylnym licem rury
- ustawienie urządzenia korygującego kierunek ruchu
- wepchnięcie rury w grunt
- wycofanie wysięgników siłowników i pierścienia dystansowego
- wydobywanie gruntu z wnętrza rury tak, aby przodek wyrobiska nie znalazł się poza obrysem noża



# Pipe Jacking

Proces przeciskania składa się z następujących etapów:

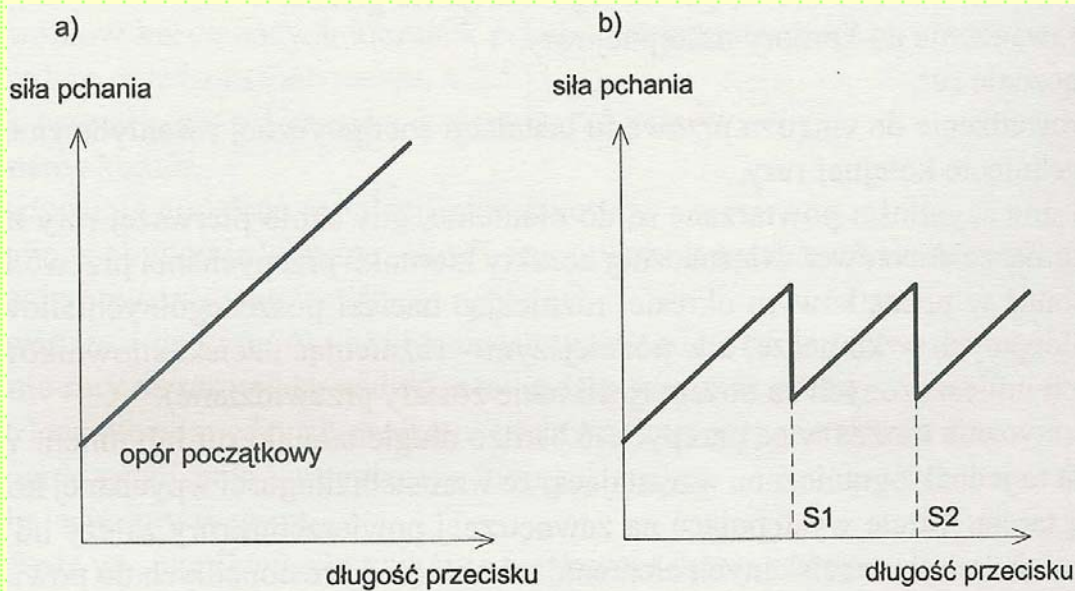
- wydobywanie gruntu z komory (transport pionowy)
- wprowadzenie urządzeń do poziomego transportu gruntu
- wprowadzenie do komory następnej rury
- połączenie rur
- wprowadzenie do wnętrza przewodu instalacji energetycznej i wentylacyjnej
- wepchniecie kolejnej rury



Czynności te są powtarzane do momentu gdy czoło pierwszej rury znajdzie się w komorze docelowej. Nieznacznej korekty kierunku przepychania przewodu można dokonać w początkowym okresie, różnicując naciski poszczególnych siłowników zainstalowanych w komorze, a w późniejszym - różnicując naciski siłowników korygujących umiejscowionych za nożem (jeżeli takie zostały zainstalowane).



# Pipe Jacking



Wykresy zmian siły przeciskającej

a) bez zastosowanie stacji pośrednich, b z zastosowaniem stacji pośrednich, S1, S2 - stacje pośrednie

Teoretycznie można przepychać bardzo długie odcinki lub tuneli. w praktyce jest to ograniczone wzrastającą, wraz ze wzrostem długości wpychanej konstrukcji, siłą tarcia. Tarcie występujące na zewnętrznej powierzchni rury zależy od szorstkości powierzchni przeciskanych elementów i obciążeń prostopadłych do powierzchni przewodu. Opór tarcia wzrasta z długością przecisku z powodu wzrostu szorstkości zewnętrznych powierzchni rur.

# Pipe Jacking

Wielkość siły tarcia można ograniczyć poprzez:

- rozmieszczenie komór w odległościach wynikających z możliwości siłowników hydraulicznych
- precyzyjną kontrolę kierunku przepychania (niedopuszczenie do utraty sterowności przecisku)
- smarowanie zewnętrznej powierzchni obudowy iniektowanym poza nią lubrykatem
- stosowanie stacji pośrednich
- kombinację w/w rozwiązań



Zmiana tarcia suchego na tarcie mokre wymaga właściwego doboru lubrykatu, który jest wprowadzany w szczelinę pomiędzy grunt i rurę. Powstaje ona w wyniku różnicy pomiędzy wymiarami przekroju poprzecznego noża i przepychanych prefabrykatów rurowych (wymiary noża powinny być większe o około 10-20 mm) oraz interakcji pomiędzy rurą i ośrodkiem gruntowym wymuszonej głównie drganiami od obciążeń dynamicznych naziomu

# Pipe Jacking

- Iniektowany lubrykat wprowadzany jest w bezpośrednim sąsiedztwie noża, poza pierwszy element, lub poprzez otwory w rurze rozmieszczone na całej trasie przecisku. Lubrykat spełnia rolę warstwy poślizgowej oraz podpira górotwór, jeśli jest on pod wystarczającym ciśnieniem. Jeżeli nastąpi absorpcja lubrykatu to tarcie mokre zamieni się z powrotem na tarcie suche.
- Ponadto iniekt powinien być nieszkodliwy dla środowiska. Najczęściej lubrykaty są wytwarzane na bazie bentonitu. Mineral ten jest wskazany również ze względu na jego własności tiksotropowe, czyli zdolność zmiany struktury z żelu w zol pod wpływem ruchu. W czasie pchania dochodzi bowiem do zmiany struktury lubrykatu zawierającego bentonit z żelu w zol, co zapewnia doskonałe warunki poślizgu.
- Długość przeciskanych odcinków jest ograniczona warunkami ekonomicznymi (koszty transportu urobku, wentylacji, oświetlenia, łączności), koniecznością montażu stacji pośrednich, iniektowania lubrykatu i zdolności przeciskanej konstrukcji do przenoszenia sił poziomych

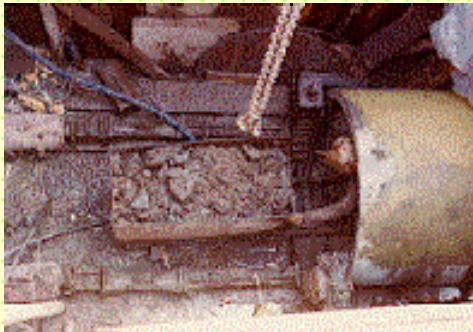


# Pipe Jacking

Uznaje się, że koszty te są optymalne dla następujących długości odcinków przewodów przepychanych z jednej komory:

- przewody o średnicy 1250 mm – 50-150 m
- przewody o średnicy 1500 mm – 80-200 m
- przewody o średnicy 1800 mm – 100-250 m
- przewody o średnicy 2000 mm – 100-300 m

Najczęściej przepychanymi elementami w przypadku przewodów kanalizacyjnych są rury żelbetowe, kompozytowe, z betonu polimerowego oraz rury stalowe jako osłonowe do rur technologicznych.



przeciskowa rura żelbetowa

# Pipe Jacking

Bardzo istotnym zagadnieniem w technologii przeciskania jest rozwiązanie połączeń przeciskanych elementów. Muszą one spełniać następujące warunki:

- zapewniać przeniesienie siły podłużnej z elementu na element bez uszkodzania stykających się płaszczyzn
- zapewnić sztywność połączenia
- uniemożliwić poprzeczne przemieszczenie się elementów.

Problemy te nie dotyczą oczywiście rur stalowych, które są spawane w komorze startowej.

Wartość sił powstających na styku przepychanych elementów może dochodzić do kilku tysięcy Niutonów, co może przekładać się na znaczące naprężenia normalne. Dla przeniesienia tych naprężeń konieczne jest stosowanie odpowiednich przekładek. Przekładki te muszą mieć zdolność przeniesienia dużych naprężeń i nie ulec zmiążdżeniu, oraz muszą być wystarczająco podatne, aby wypełnić i wyrównać wszystkie nierówności powierzchni czół obu elementów.

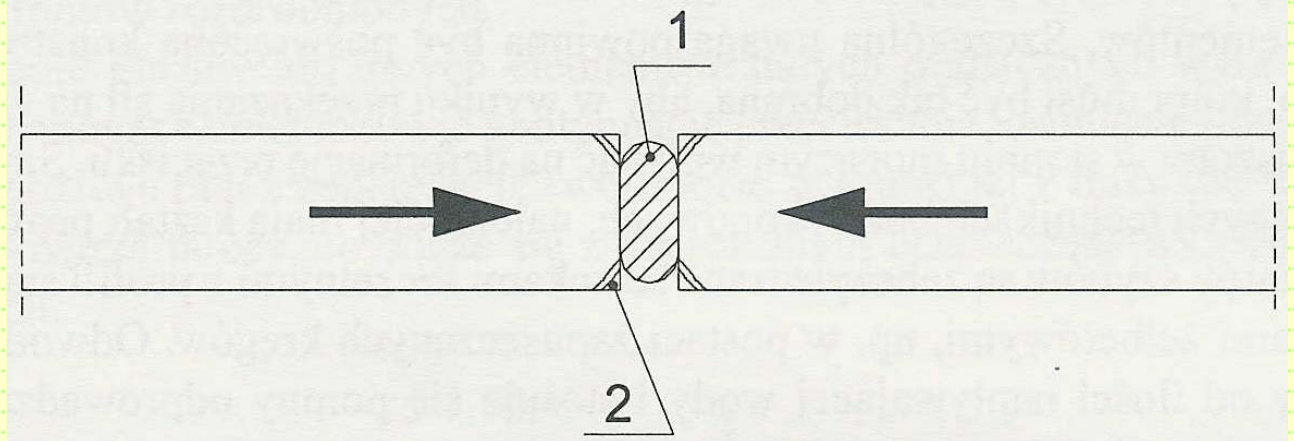


# Pipe Jacking

Materiał przekładek nie może być zbyt elastyczny z następujących powodów:

- w czasie gdy siłowniki są „zluzowane” (nie przepychają) następuje tym większe odprężenie obudowy (jej wydłużenie), im większa jest sprężystość podkładek, co oznacza, że powtórne przepychanie wymaga użycia zwiększonej siły
- podkładki z materiałów zbyt sprężystych powodują rozprzestrzenianie się naprężeń w kierunku styków elementów, co może prowadzić do ich wykruszenia, co ilustruje poniższy rysunek.

Najczęściej stosuje się przekładki o niskiej sprężystości z drewna lub materiałów drewnopodobnych.



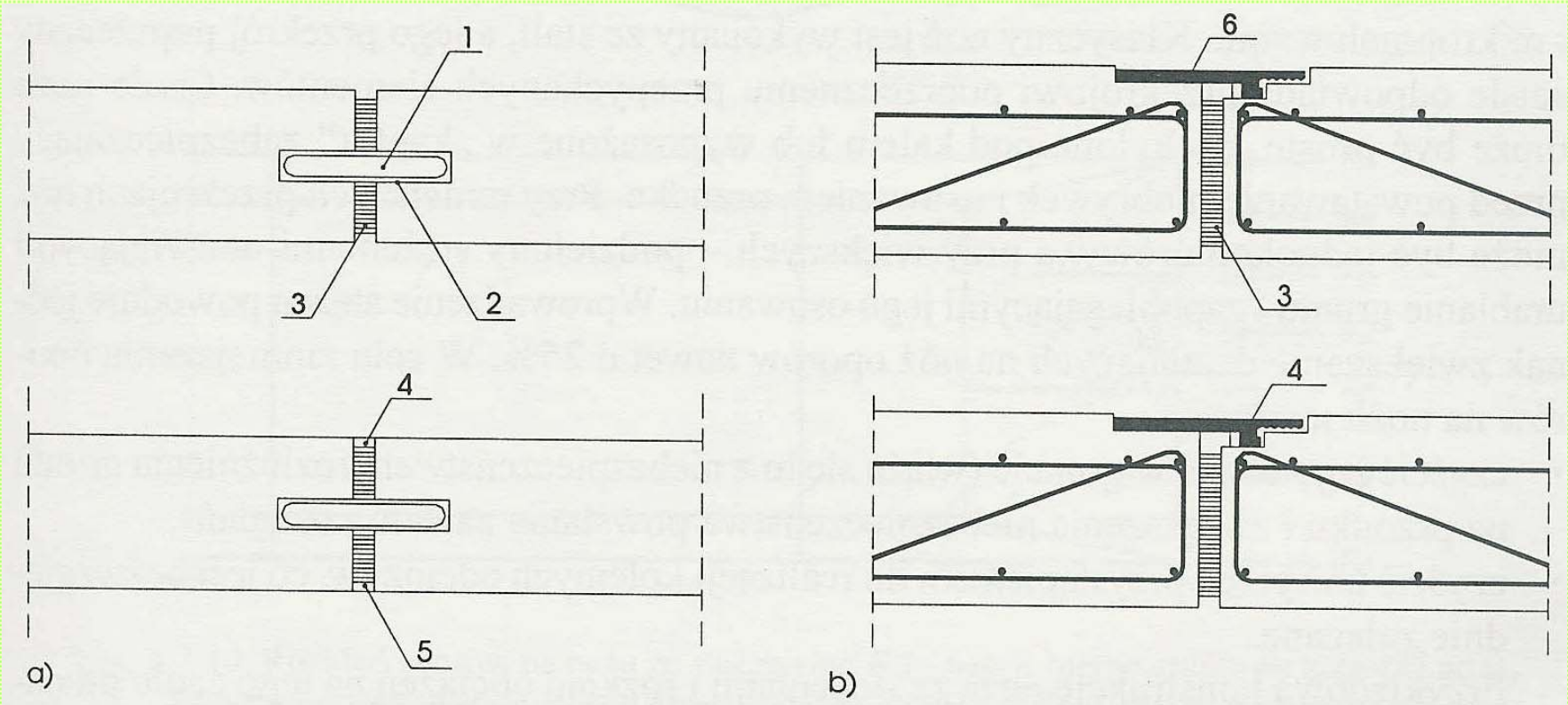
Typowe uszkodzenie krawędzi rur w wyniku nieprawidłowego doboru materiału podkładki; 1 – zbyt sprężysta podkładka, 2 uszkodzona krawędź rury

# Pipe Jacking

- Uszczelnienie połączeń może składać się z uszczelnienia zewnętrznego wykonanego w komorze początkowej i uszczelnienia wewnętrznego, wykonanego z wnętrza rury, po zakończeniu procesu przeciskania.
- Podwójny system uszczelnienia jest wymagany w przypadku łączenia elementów na bolce uniemożliwiające ich poprzeczne przemieszczenie, gdyż uszczelnienie od strony gruntu nie jest wtedy chronione w trakcie przeciskania.
- W przypadku elementów łączonych na kołnierze podwójne uszczelnienie zazwyczaj nie jest konieczne. Wystarcza wtedy uszczelnienie zewnętrzne, przy czym konstrukcja końców rur musi umożliwiać zlicowanie kołnierza z poboczną przewodem .



# Pipe Jacking



Schematy połączeń przepychanych rur a) na bolce, b) na kołnierz zewnętrzny

1 – sworzeń, 2 – tuleja, 3 – podkładka przekazująca nacisk, 4 – uszczelnienie zewnętrzne, 5 – uszczelnienie wewnętrzne, 6 – kołnierz zewnętrzny



# Pipe Jacking

Szyb początkowy obsługiwany jest zazwyczaj przez dźwig, dostosowany do gabarytów i ciężaru przepychanych elementów. Szczególna uwaga powinna być poświęcona konstrukcji bloku oporowego, która musi być tak dobrana, aby w wyniku przekazania sił na grunt nie został on naruszony w stopniu mogącym wpłynąć na deformację przecisku. Ociosy okrągłych lub prostokątnych szybów są zabezpieczanie ściankami szczelnymi z profili stalowych lub konstrukcjami żelbetowymi (np. z zapuszczanych kęgów). Odwodnienie szybów zależy od ilości wody. Stosuje się pompy odprowadzające wodę z wnętrza szybów, igłofiltry, studnie, a nawet instalacje zamrażające górotwór lub urządzenia do jego uszczelniania.



zbrojenie rury przeciskowej (minimalna grubość otuliny wynosi 40 mm)

# Pipe Jacking

Najistotniejszym urządzeniem do przeciskania jest nóż, obecnie często zastępowany przez głowice urabiające grunt. Klasyczny nóż jest wykonany ze stali, a jego przekrój poprzeczny ściśle odpowiada przekrojowi poprzecznemu przepychanych elementów. Czoło noża może być proste, nachylone pod kątem lub wyposażone w kaptur zabezpieczający przed powstawaniem obrywek i osuwaniem przodka. Przy mniejszych przekrojach przodek może być jednokomorowy, a przy większych podzielony stężeniami ułatwiającymi urabianie gruntu i zapobiegającymi jego osuwaniu.

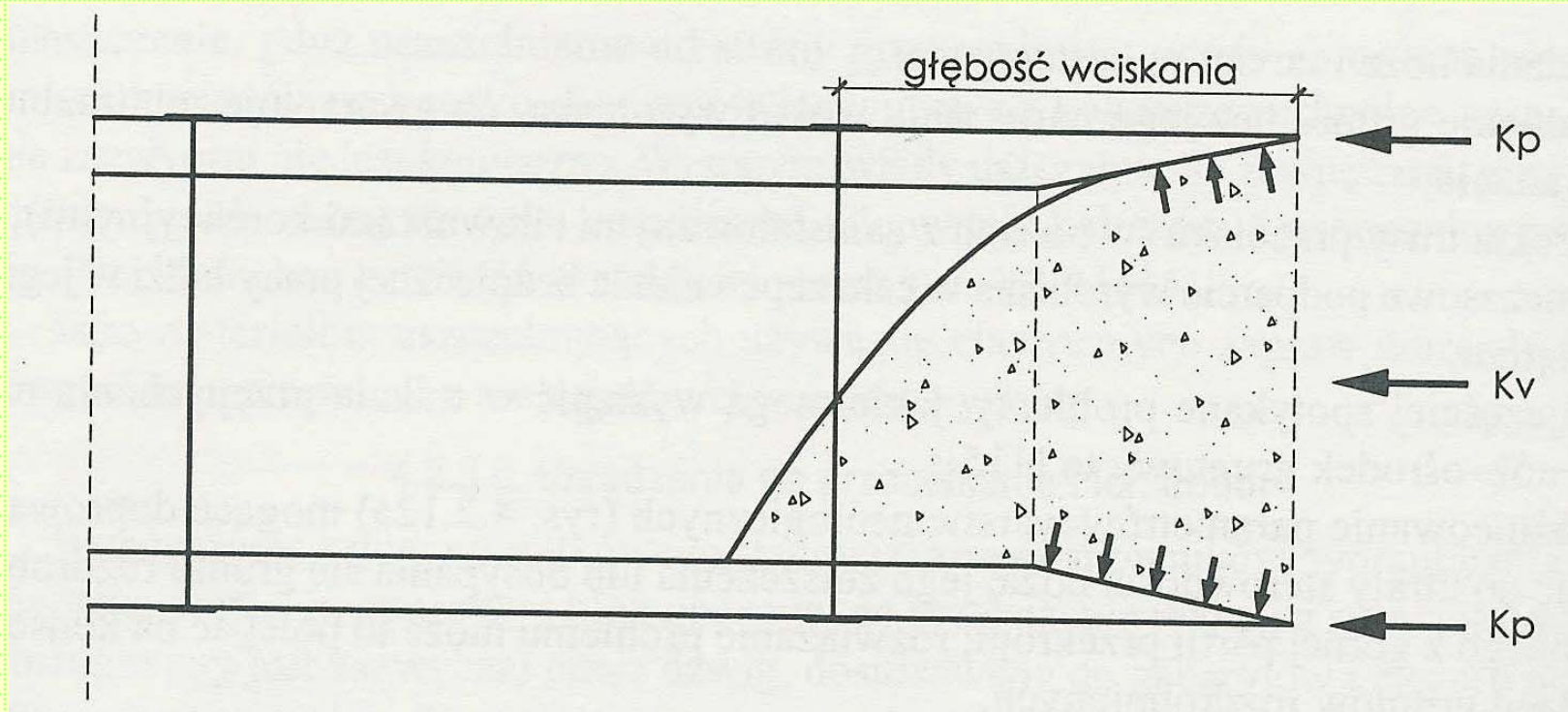
Wprowadzenie stężeń powoduje jednak zwiększenie działających na nóż oporów nawet o 25 %.

W celu zmniejszenia oporów na nożu można:

- czyścić jego ostrza w gruncie (wiąże się to z niebezpieczeństwem rozluźnienia gruntu na przodku i zwiększenia niebezpieczeństwa powstania zawału i osiadań)
- czyścić nóż przed przystąpieniem do realizacji kolejnych odcinków, co jest bezwzględnie zalecane



# Pipe Jacking

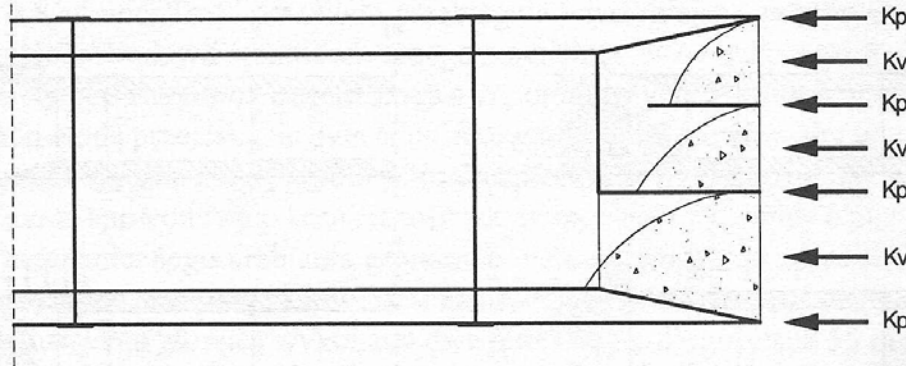
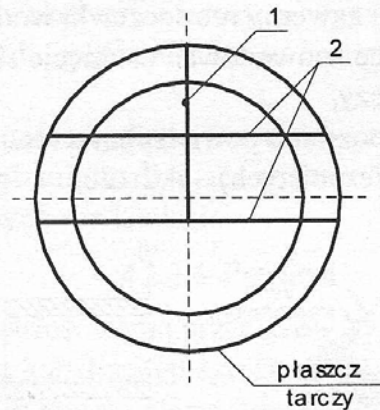


Rozkład oporów na nożu bez stężeń

$K_p$  – parcie gruntu na krawędź noża,  $K_v$  - wypadkowy opór penetrującego gruntu zależny od konsolidacji gruntu, długości przesuwu i współczynnika tarcia pomiędzy gruntem i wewnętrzną powierzchnią tarczy

# Pipe Jacking

Rozkład oporów na nożu ze  
stężeniami



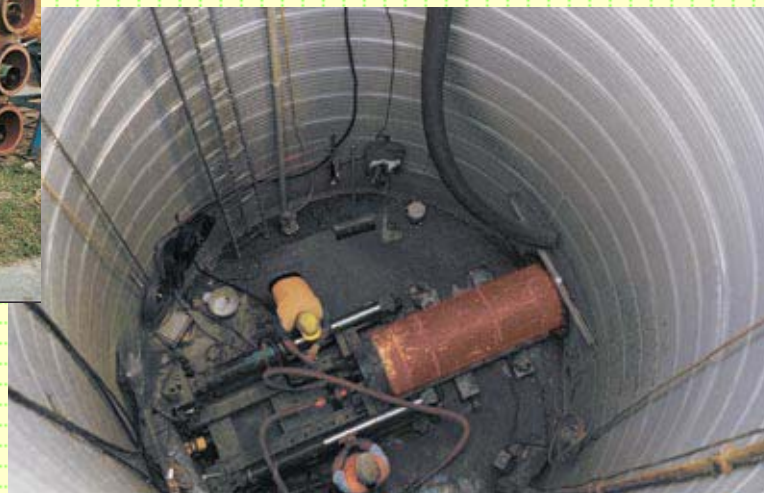
$K_p$  – bierne parcie gruntu na krawędź noża,  $K_v$  - wypadkowy opór penetrującego gruntu zależny od konsolidacji gruntu, długości przesuwu i współczynnika tarcia pomiędzy gruntem i wewnętrzną powierzchnią noża,

1 – stężenie pionowe, stężenia pionowe, 2 – stężenia poziome

# Pipe Jacking

Zadania noża i tarczy są następujące:

- urabianie gruntu bez jego naruszenia wokół wyrobiska, co gwarantuje minimalne osiadania
- korekta trasy przecisku (w nożach z zainstalowanymi siłownikami korekcyjnymi)
- tymczasowe podparcie wyrobiska w celu zapewnienia bezpiecznej pracy ludzi w jego wnętrzu

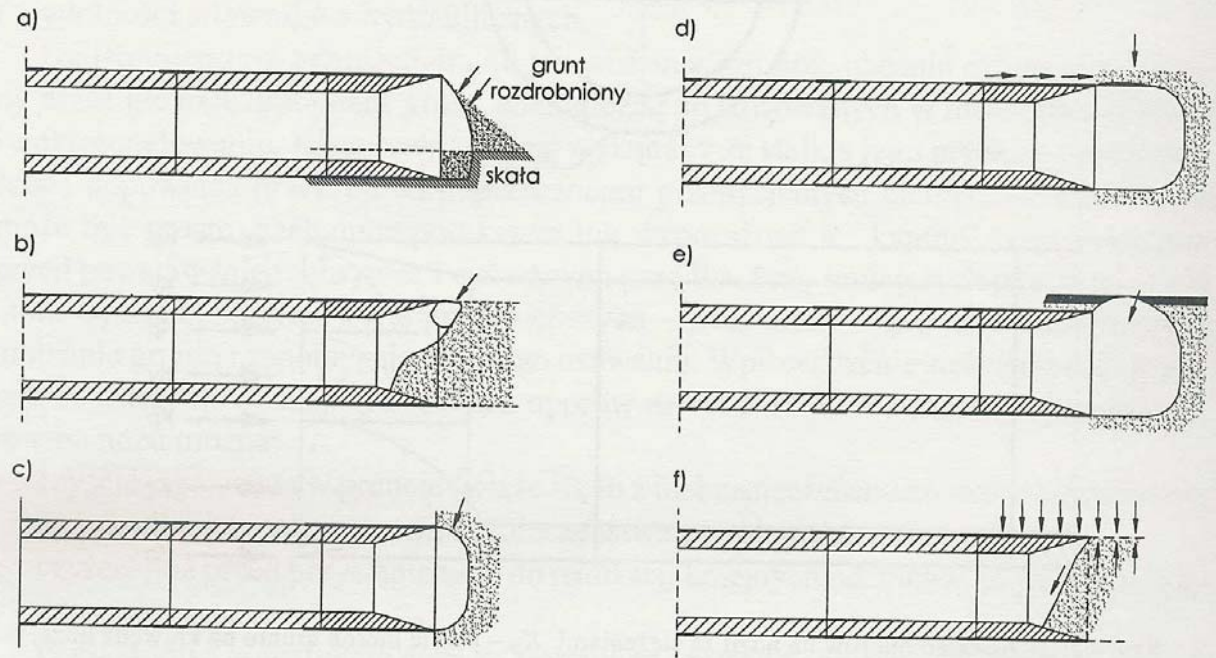


# Pipe Jacking

Najczęściej spotykane problemy występujące w trakcie przepychania na kontakcie grunt-noż:

a) różnicowanie parametrów warstw geologicznych mogące doprowadzić do utraty sterowności noża, jego zniszczenia lub obsypania się gruntu sypkiego z górnej partii przekroju

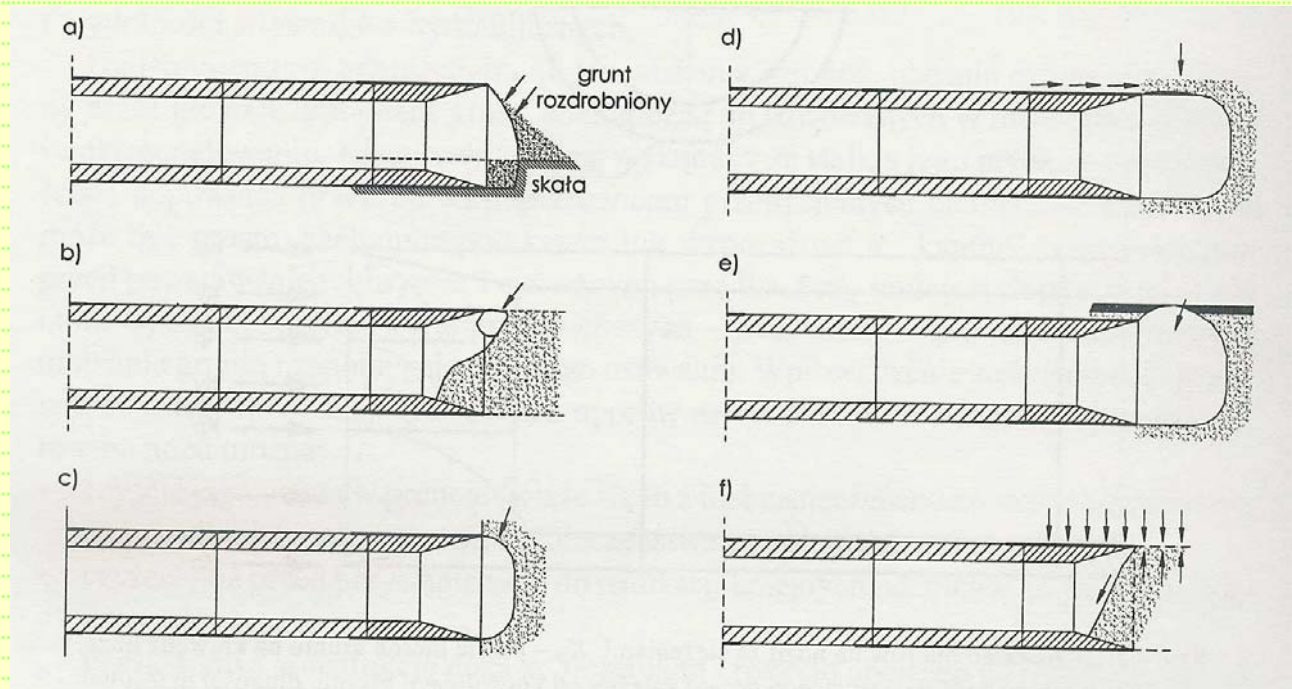
b) wystąpienie głazów oraz innych elementów stałych o znacznych wymiarach mogące uniemożliwić kontynuację przeciskania; usunięcie przeszkody jest nieraz możliwe przez zepchnięcie jej z trasy (wciśnięcie jej w grunt) lub wprowadzenie do wnętrza tarczy, co wiąże się z zagrożeniem bezpieczeństwa i dużymi utrudnieniami



# Pipe Jacking

- c) oberwanie górnej części wyrobiska spowodowane jego „przekopaniem” (wyjściem wyrobiska poza obręb tarczy)
- d) wystąpienie niespodziewanej kawerny lub soczewki wodnej (często pod napędem) na przodku, mogące spowodować osunięcie się przodka, zapadnięcie się noża lub zalania wnętrza tarczy

- e) obsypanie się wyrobiska do poziomu powierzchni terenu (przy przeciskach płytkich realizowanych w gruntach niespoistych)



- f) obsypanie się przodka spowodowane drganiem górotworu powstałymi w wyniku obciążeń dynamicznych

# Pipe Jacking

Z wystąpieniem powyższych problemów wiąże się możliwość:

- niezamierzonej zmiany kierunku przecisku (utruty sterowności)
- uniemożliwienia kontynuacji przedsięwzięcia (konieczność odkopania głowicy)
- obsypania się przodka (zagrożenie dla ludzi i sprzętu)
- przekroczenia dopuszczalnych osiadań, powstawanie niecek, a nawet zapadlisk

Podstawowe przyczyny osiadań to powstawanie strefy rozluźnionego robotami gruntu, straty gruntu na przodku, wibracje i zmienne naciski noża oraz powstawanie szczeliny pomiędzy rurą a gruntem. Strefa rozluźnionego gruntu powstaje przede wszystkim w obrębie przodka, a jej zasięg jest zależny od techniki drażenia. W tarczach o mniejszych wibracjach z podpartymi przodkami zasięg tej strefy jest mniejszy. Ograniczenie zasięgu strefy rozdrobnionej w przypadku użycia noża może zostać ograniczone poprzez wykonywanie przecisku krótkimi, częstymi pchnięciami noża. Wzrostowi osiadań sprzyjają także przestoje w pracach przeciskowych. W czasie przestoju grunt zaciska się wokół rury i tarczy. Należy wtedy użyć znacznych sił do przesunięcia przewodu podczas którego następuje rozluźnienie gruntu wzdłuż całej jego pobocznicy.





# *Pipe Jacking*

## Literatura:

Madryas C., Kolonko A., Wysocki L. *Konstrukcje przewodów kanalizacyjnych*.  
Wydawnictwa Politechniki Wrocławskiej. 2002.

