

# Tehnologije gradenj brez izkopov in njihov vpliv na okolje



**Mentorica:** Meta Petriček, univ. dipl. inž. arh.

**Avtorji:**

Martin Kolar, G-3.a

Alen Jazbec, G-3.a

Luka Končan, G-3.a

Celje, 18.3.2013

## Kazalo vsebine:

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Kazalo slik: .....                                                                                              | 2  |
| Teza .....                                                                                                      | 3  |
| Opis raziskovalnih metod .....                                                                                  | 4  |
| Zgodovina tehnologij brez izkopov v Sloveniji (NO-DIG sistemov) .....                                           | 5  |
| Zgodovina sistemov brez izkopov v svetu .....                                                                   | 5  |
| Zakaj brez izkopov? .....                                                                                       | 6  |
| Težave, ki se pojavljajo med samo gradnjo z klasičnim prekopom pri prečkanju prometne<br>infrastrukture : ..... | 7  |
| Težave, ki se pojavljajo med samo gradnjo z klasičnim prekopom pri prečkanju rek in vodotokov : .....           | 7  |
| Klasična metoda.....                                                                                            | 8  |
| Shema tehnologij v Sloveniji:.....                                                                              | 9  |
| Usmerjeno vrtanje z optičnim vodenjem .....                                                                     | 10 |
| CELOTEN POSTOPEK SE DELI NA TRI FAZE:.....                                                                      | 10 |
| Enostavni preboji s pnevmatsko iglo in kovinsko cevjo .....                                                     | 14 |
| Enostavni preboji s pnevmatsko iglo .....                                                                       | 14 |
| Postopek izvedbe: .....                                                                                         | 15 |
| Preboj z zaščitno kovinsko cevjo.....                                                                           | 16 |
| Prednosti: .....                                                                                                | 16 |
| Slabosti: .....                                                                                                 | 16 |
| Postopek izvedbe: .....                                                                                         | 17 |
| Horizontalno vodeno radijsko usmerjeno vrtanje HDD (horizontal directional drilling) .....                      | 19 |
| Prednosti: .....                                                                                                | 19 |
| Slabosti: .....                                                                                                 | 19 |
| Tehnične značilnosti:.....                                                                                      | 19 |
| Predizvedba del zajema: .....                                                                                   | 20 |
| Postopek izvedbe se deli na tri faze:.....                                                                      | 20 |
| Posebnosti: .....                                                                                               | 23 |
| Mikro tuneliranje (Microtunneling) .....                                                                        | 25 |
| Prednosti: .....                                                                                                | 25 |

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| Slabosti: .....                            | 25 |
| Izvedba .....                              | 25 |
| Sanacije in rekonstrukcije cevovodov ..... | 34 |
| Statična metoda (pipe bursting) .....      | 34 |
| Izvedba se deli na dve fazi: .....         | 35 |
| Dinamična metoda (pipe cracking) .....     | 36 |
| Izvedba: .....                             | 36 |
| Vpliv na okolje .....                      | 37 |
| Zaključek.....                             | 38 |
| Viri in literatura.....                    | 39 |
| Zahvala .....                              | 40 |

## Kazalo slik:

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1: Primer prekopavanja cest .....                                | 6  |
| Slika 2: Optična kamera in monitor .....                               | 10 |
| Slika 3: Pilotiranje .....                                             | 10 |
| Slika 4: Prikaz prve faze .....                                        | 11 |
| Slika 5: Potiskanje zaščitne kovinske cevi .....                       | 12 |
| Slika 6: Shema postopka s kovinskimi, zaščitnimi, potisnimi cevmi..... | 12 |
| Slika 7: Shema potiskanja potisnih cevi .....                          | 13 |
| Slika 8: Shema preboja s pnevmatsko iglo.....                          | 14 |
| Slika 9: Prikaz vstopne in izstopne gradbene jame .....                | 15 |
| Slika 10: Shema preboja s kovinsko cevjo .....                         | 16 |
| Slika 11: Priprava gradbene jame .....                                 | 17 |
| Slika 12: Potisna enota (raketa) .....                                 | 17 |
| Slika 13: Prikaz zabijanja kovinske cevi.....                          | 18 |
| Slika 14: Shema horizontalno vodenega vrtanja.....                     | 19 |
| Slika 15: Sprejemnik signala (detektor) .....                          | 20 |
| Slika 16: Spremljanje med izvedbo.....                                 | 21 |
| Slika 17: Prikaz pilotne glave .....                                   | 21 |
| Slika 18: Uvlačenje cevi.....                                          | 22 |
| Slika 19: Prikaz razširjevalca.....                                    | 22 |
| Slika 20: Sejalna sita (shaker) .....                                  | 23 |
| Slika 21: Centrifuga .....                                             | 23 |

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 22: Shema prikaza izvedbe mikro tuneliranja .....                  | 25 |
| Slika 23: Priprava gradbene jame .....                                   | 26 |
| Slika 24: Prikaz armature .....                                          | 26 |
| Slika 25: Čelna stena .....                                              | 27 |
| Slika 26: Potisna enota (posteljica) .....                               | 27 |
| Slika 27: Celotna postavitev .....                                       | 28 |
| Slika 28: Prikaz potiska glave v zemljinu .....                          | 28 |
| Slika 29: Prikaz znotraj cevi (feed line, slury line, inštalacije) ..... | 29 |
| Slika 30: Prikaz delovanja .....                                         | 29 |
| Slika 31: Separacija .....                                               | 30 |
| Slika 32: Operacijski kontejner .....                                    | 30 |
| Slika 33: Laser .....                                                    | 31 |
| Slika 34: Gyro sistem (škatla v zgornjem delu) .....                     | 31 |
| Slika 35: Vmesni cilindri (interjacki) .....                             | 32 |
| Slika 36: Izstop vrtalne glave iz vrtine .....                           | 32 |
| Slika 37: Odstranitev vrtalne glave .....                                | 33 |
| Slika 38: Shema rekonstrukcije z dinamično metodo .....                  | 34 |
| Slika 39: Shema rekonstrukcije s statično metodo .....                   | 34 |
| Slika 40: Prikaz v gradbeni jami .....                                   | 35 |
| Slika 41: Prikaz rezanja kovinske cevi .....                             | 35 |
| Slika 42: Rušenje cevi z dinamično metodo .....                          | 36 |

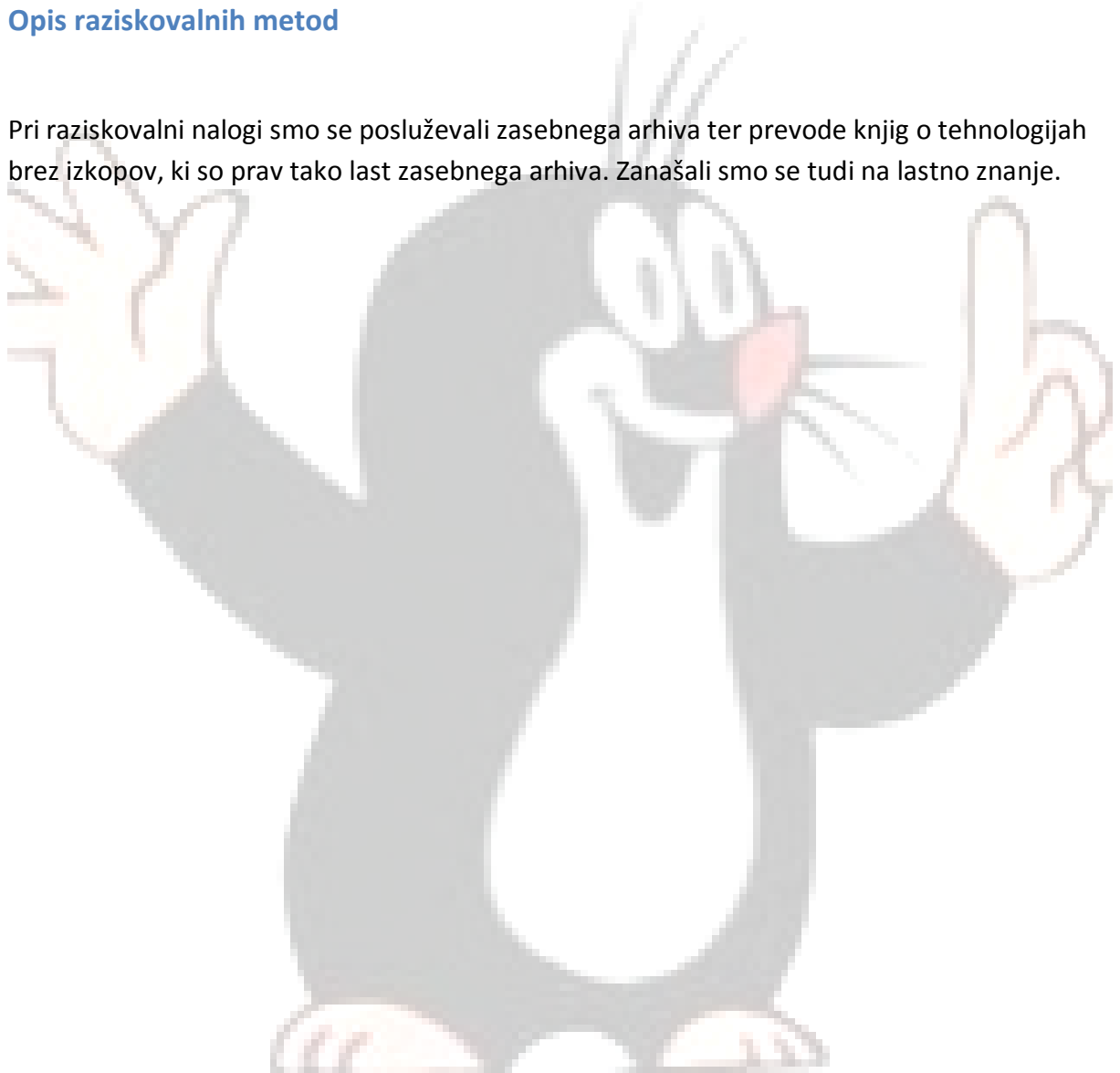
## Teza

S to raziskovalno nalogo smo se želeli poglobiti na področju specialnih gradenj. Želeli smo se prepričati ali se res dogaja porast teh tehnologij in pri kakšnem finančnem stanju smo. Ker se zadnje čase vse več govori o okoljevarstvu in ekonomičnosti smo tudi želeli pridobiti podatke na osnovi vpliva na okolje.

- Tehnologije gradenj brez izkopov so ekonomično in okoljevarstveno boljše in bolj primerne od klasičnih izkopov
- tehnologije gradenj brez izkopov bojo v prihodnosti še v večji meri zamenjale klasične izkope

### Opis raziskovalnih metod

Pri raziskovalni nalogi smo se posluževali zasebnega arhiva ter prevode knjig o tehnologijah brez izkopov, ki so prav tako last zasebnega arhiva. Zanašali smo se tudi na lastno znanje.



## Zgodovina tehnologij brez izkopov v Sloveniji (NO-DIG sistemov)

Gradnje brez izkopov so se pri nas prvič pojavile leta 1996, v svetu pa že veliko prej. V tujini jih prepoznamo pod imenom no-dig system, kar smo poslovenili v tehnologije brez izkopov. V zadnjih osmih letih so te tehnologije doživele razcvet. Slovenija je potrebovala veliko časa, da se je privadila in osvojila te tehnologije, saj jih projektanti niso poznali. Še danes v srednješolskih programih ni predmeta, ki bi te tehnologije omenil in razložil, saj tudi profesorji niso seznanjeni z njimi. Vendar bo treba tudi na tem področju iti s časom in novimi tehnologijami naprej. Tako se zmanjšuje konkurenčnost slovenskih gradbenih podjetij, saj tudi izobraženci še vedno uporabljajo stare metode z izkopi. Te metode gradenj in sanacij so že zastarele, so pa tudi dražje in tako ekonomsko kot okoljevarstveno neupravičene. V interesu posameznikov, ki so uvedli nove tehnologije je bilo, da jih tudi uvedejo v prakso in so zato veliko svojega časa namenili projektantom. Predstavili so jim te metode, njihovo smiselnost in uporabnost. Tako so tudi projektanti dobili širši spekter znanja in naredili korak naprej že v samih pripravah projektov. In tukaj tudi tiči razlog, da smo se odločili za takšno raziskovalno nalogo. S njo smo si želeli razširiti spekter znanja, saj v šoli to ni bilo mogoče.

## Zgodovina sistemov brez izkopov v svetu

Razvoj sega nekaj več kot sto let v preteklost. Vendar so te tehnologije doživele bliskovit razvoj v zadnjih dvajsetih letih. Pri tehnologijah brez izkopov gre do neke za prenos tehnologij iz rudarstva, ki jih je bilo seveda treba prilagoditi in nadgraditi. Dandanes so tehnologije brez izkopov precej obsežne in zajemajo nekaj popolnoma različnih tehnoloških pristopov. Že kar nekaj časa velja ta veja gradbeništva za najhitreje rastočo ter razvijajočo se smer. Dokaz za to je izredna rast potreb v lokalnem in globalnem okolju. Če na koncu povzamemo zgodovinska dejstva:

- Začetki horizontalnega vrtanja segajo nekaj več kot sto let v preteklost.
- Osnovna tehnologija se je prenesla iz takrat veliko bolj razvitega rudarstva.
- Med leti 1970 in 1980 se je dogajal postopek razvoja pnevmatskih zabijal.
- Leta 1986 so v ZDA ustanovili združenje NASSC (National Association of Sewer Service Companies), kar je pomenilo pričetek aktivnega razvoja tehnologij brez izkopov (NO-DIG).
- V zadnjih dvajsetih letih je sledil bliskovit tehnološki razvoj tehnologij.
- Dandanes je več kot petindvajset NO-DIG združenj po celem svetu.
- V zadnjem času je velik poudarek na popularizaciji tehnologij brez izkopov.

## Zakaj brez izkopov?

To je vprašanje, ki si ga največkrat zastavljajo projektanti kot tudi investitorji. Z poglobljenimi raziskavami smo prišli do neverjetnih ugotovitev. Tehnologije gradenj brez izkopov so se začele uporabljati na vse območjih, kjer je oznaka vodovarstveno področje, kot tudi področja kjer so posegi prepovedani, saj bi lahko s tem porušili eko sistem. Tehnologije gradenj brez izkopov se lahko na takšni področjih uporabljajo brez nekakšnih posebnih dovoljenj. Za premostitev takšnih ovir bi potrebovali posebna dovoljenja ministrstva za okolje. Po takšnem posegu je nemogoče spraviti naravo v prvotno stanje. Pri tehnologijah brez izkopov pa velja ravno obratno, saj ustvarjajo minimalni poseg v okolje, pri nekaterih tehnologijah tudi do 99% manj. Tehnologije gradenj brez izkopov ustvarijo tudi precej manj hrupa kot tudi zmanjša časovno obdobje same izgradnje. V zadnjem času smo vse bolj ekološko kot tudi ekonomično usmerjeni. Tehnologije brez izkopov zmanjšajo stroške izvedbe do 50%, v določenih primerih tudi več. Veliko krat smo omejeni s prostorom (npr. ulice, ozke ceste, mesta, ne smemo ovirati prometa...). Vse to nam povzroča preglavice pri odvažanju težkih izkopenin, velikanskemu posegu v prostor in s tem seveda oviranju prometa. Pri sami poglobitvi smo se tudi veliko osredotočili na naravne prepreke kot so reke in vodotoki. Nato pa še na večje prometne infrastrukture, kot so avtoceste, hitre ceste, železnice in ceste z zgoščenim prometom. Prišli smo do zaključka da enostavno prečkanj na večjih prometnih infrastrukturah ni mogoče izvesti s klasičnim prekopom.



Slika 1: Primer prekopavanja cest

**Težave, ki se pojavljajo med samo gradnjo z klasičnim prekopom pri prečkanju prometne infrastrukture :**

- nedopustni zastoji
- ekonomično nesmiselno
- pri večjih globinah so potrebni opaži (predstavljajo dodatni strošek)
- obsežni poseg
- problem pri sipkem materialu
- težki in obilni transporti
- kam z gradbenimi odpadki
- skoraj nemogoča povrnitev v predhodno stanje
- izredno dolgo časovno izvajanje (še posebej pri kategorijah V. in višje kategorije zemljine)
- potrebno izogibanje že vgrajenim inštalacijam
- nemogoče prekopati avtocesto
- velike količine materiala

Vsemu temu se izognemo z gradnjo po sistemu tehnologij brez izkopov!

**Težave, ki se pojavljajo med samo gradnjo z klasičnim prekopom pri prečkanju rek in vodotokov :**

- vodovarstveno območje
- ekoobmočje
- potrebna dovoljenje za gradnjo v vodovarstvenih območjih kot tudi v ekoobmočjih
- motenje eko sistema
- nemogoča povrnitev v prvotno stanje
- posledično posegom sledi porušenje ekosistema
- potrebo grajenje v fazah
- onesnaževanje voda

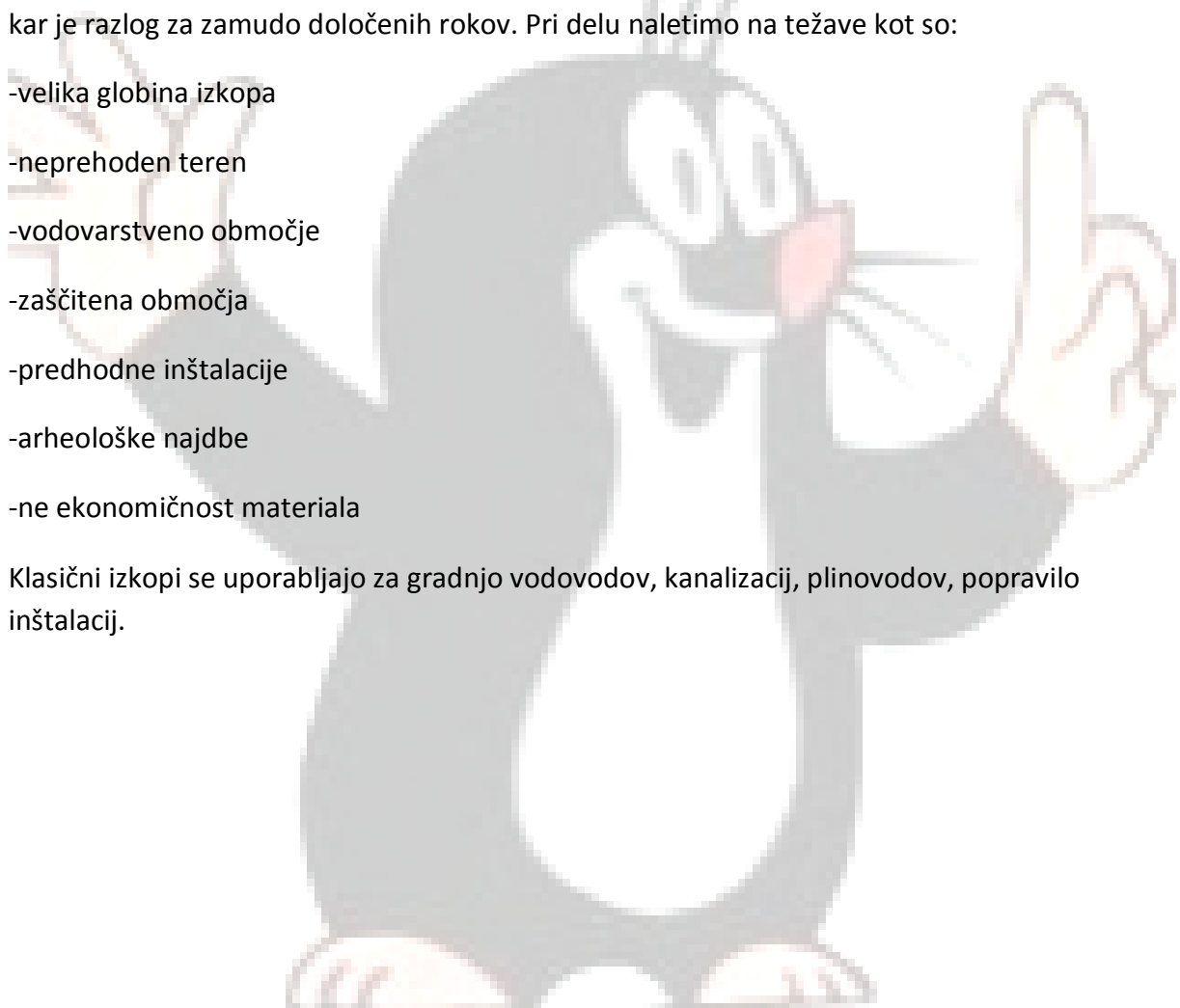
- izredno počasno in zamudno delo (še posebej v zemljina V. in višje kategorije)
- odvoz materiala
- problem sipnosti zaradi proda, ki ga je reka nanosla v sloje, zaradi tega smo prisiljeni v široki izkop

### Klasična metoda

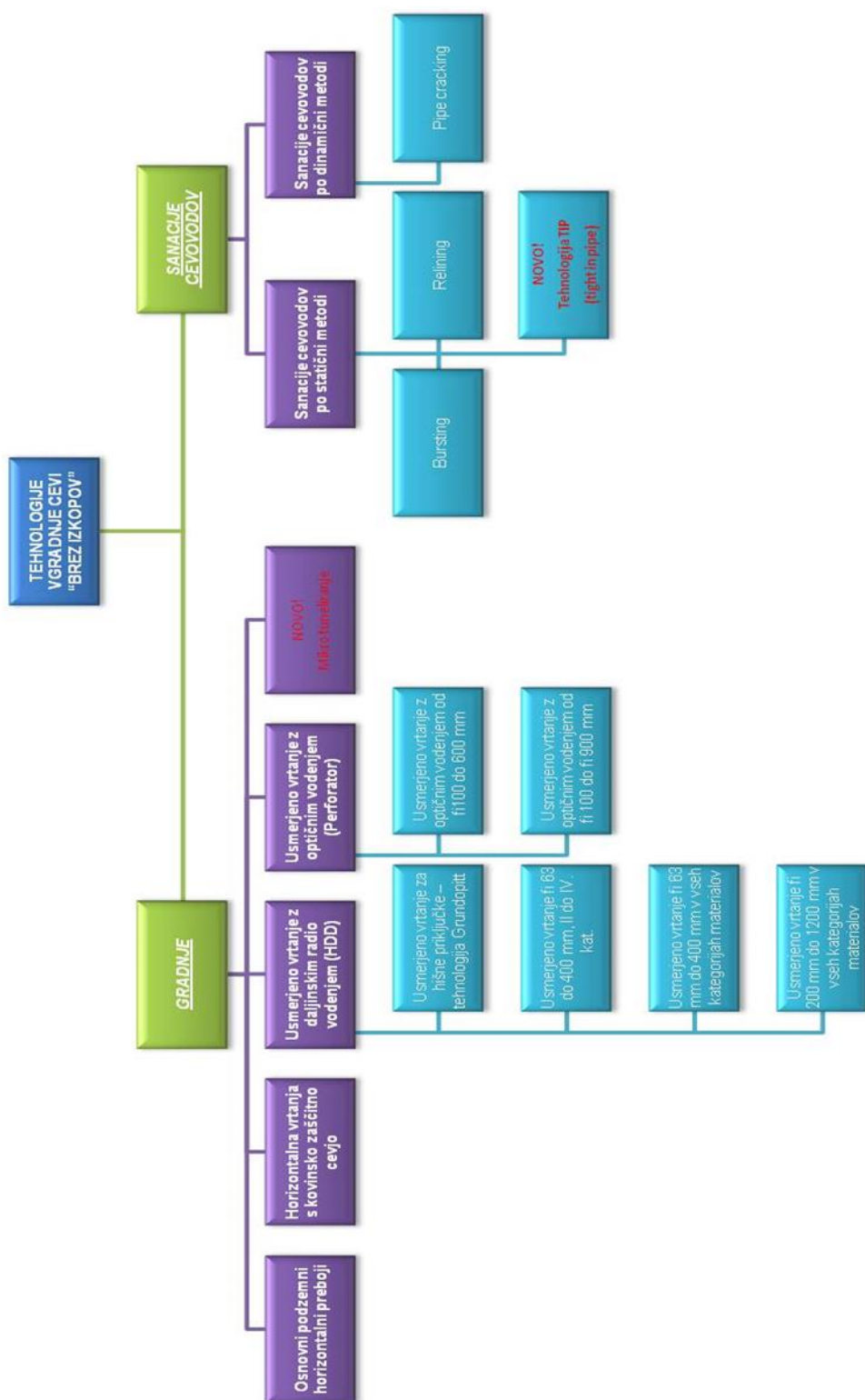
Gradnja klasičnih izkopov je zahtevno, strokovno delo, ki ga moramo dobro načrtovati in izvesti. Ponavadi največkrat polagamo cevi ali kopljemo gradbene jame za temelje in opaže za izdelavo tlačnih plošč. Pri delu nas pogosto ovirajo cestni promet, omejen prostor in skrb za okolje ter prekopavanje javnih površin. Vedno pogosteje nam težave povzroča tudi vreme, kar je razlog za zamudo določenih rokov. Pri delu naletimo na težave kot so:

- velika globina izkopa
- neprehoden teren
- vodovarstveno območje
- zaščitena območja
- predhodne inštalacije
- arheološke najdbe
- ne ekonomičnost materiala

Klasični izkopi se uporabljajo za gradnjo vodovodov, kanalizacij, plinovodov, popravilo inštalacij.



## Shema tehnologij v Sloveniji:



## Usmerjeno vrtanje z optičnim vodenjem

Pri optično vodenem vrtanju gre za tako imenovani »auger« sistem. To pomeni da polžnica (sveder) skrbi za iznos materiala pred cevjo oz. vrtalno glavo, ki ima možnost priključitve na vrtalne palice za večjo natančnost ali pa deluje brez njih. Pri nas se je ta tehnologija prvič pojavila v letu 2002. S tem se je začel bliskovit razvoj na področju gradenj kanalizacij pod cestami, železnicami itd. Ta tehnologija je omogočala dolžine do približno 120 metrov in premere do 400 milimetrov z natančnostjo  $\pm 2$  cm na dolžini 100 metrov. Zaradi tega je bila ta tehnologija idealna za izgradnjo kanalizacij. Danes je na slovenskem tržišču že stroj, ki je sposoben doseči do 1200 milimetrov premera. To tehnologijo je mogoče izvajati od III. do VII. kategorije zemljine. Vendar je po zaslugi podjetja Vilkograd in njihove inovativnosti prišlo do lastnega razvoja pilotne glave, palic in vrtalnih glav. S tem so dosegli, da so edini na svetu, ki so sposobni natančno izvesti daljše dolžine v V., VI. in VII. kategoriji zemljine. Razlog za to tiči v pilotni palici (glavi), ki je edina na svetovnem tržišču. Drugje po svetu tudi vrtajo v V., VI., in VII. kategoriji zemljine, vendar brez natančnega usmerjanja, saj nimajo pilotne palice (glave). To pomeni, da tudi ni takšne natančnosti, saj vrtalna glava ne sledi vrtalnim palicam. S to tehnologijo se lahko vgrajujejo zaščitne kovinske cevi, potisne keramične cevi in poliestrske potisne cevi.

### CELOTEN POSTOPEK SE DELI NA TRI FAZE:

#### PRVA FAZA: postavitve stroja in izvedba pilotna vrtine

V prvi fazi se izkoplje gradbena jama po načrtih in se po potrebi opaži. Projektant poda dno gradbene jame, širino, dolžino in padec. Dno gradbene jame se zalije z betonom. Poskrbeti moramo, da se upiralna plošča za potisk nasloni na trdno, ravno in stabilno podlago. Največkrat je to beton, ki se kar vlije v opaž za stroj. Nato se stroj, optična kamera in pilotna palica nastavijo glede na padec. Kadar padca ni, se postavi pilotna palica v ravno lego; to pomeni da je padec 0,00 mm/m. V tem primeru morajo biti stroj, pilotna palica in optična kamera v vodoravni legi.



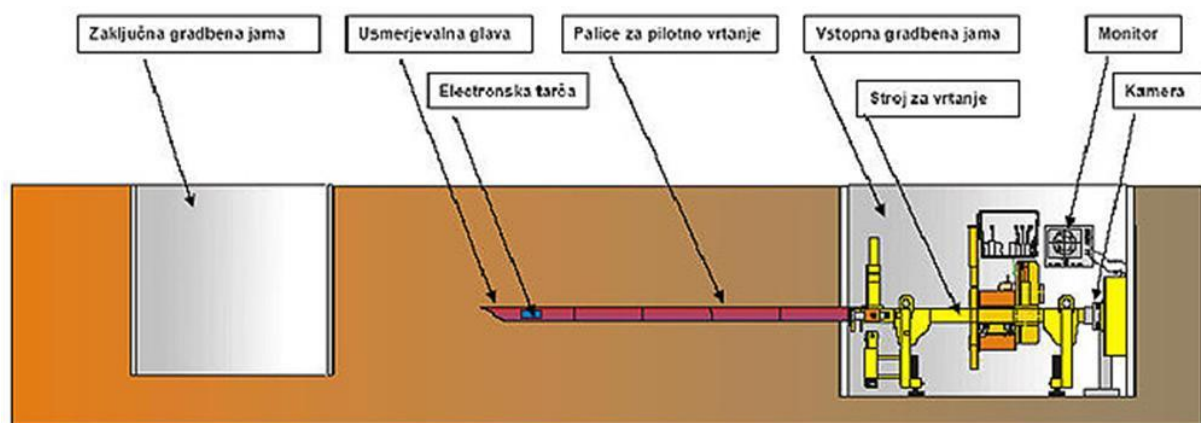
Slika 2: Optična kamera in monitor

V pilotno glavo vstavimo tarčo, ki ima osvetljeno steklo, ki ga optična kamera vidi skozi palice in jo prikaže na zaslonu. Tarča na zaslonu je za strojnika inštrument za vzdrževanje in popravljanje smeri ter padca. Zaslون prikazuje tudi padec, na katerega je nastavljena pilotna glava in v kakšnem padcu je v trenutnem položaju. Če padca ni, so na zaslonu številke 0,00 mm/m. Ko imamo vse postavljeno in pripravljeno, začnemo z izvedbo pilotne vrtnice.



Slika 3: Pilotiranje

Med celotnim potekom dela moramo skrbeti, da se optična kamera ne premakne. Najpogosteje se pritrdi na poseben nosilec, ki je pritrjen na trdno podlago. Palice sestavljamo eno za drugo do želene dolžine. Med seboj jih spajamo s pomočjo navoja ali pa z posebnimi zapirali, odvisno od modela palice. Na izstopni strani prav tako izkoplujemo gradbeno jamo.



Slika 4: Prikaz prve faze

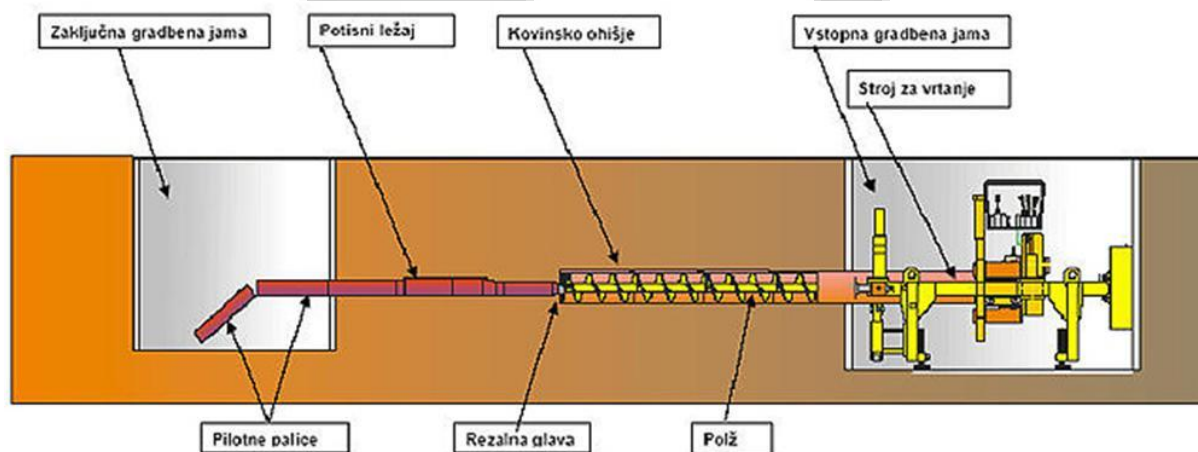
## 1/1 DRUGA FAZA: vrtanje z vrtalno glavo in vstavljanje cevi

V drugi fazi se v izstopni gradbeni jami sname (odvije) pilotna palica. Tarčo odstranimo s pilotne palice in jo nemudoma shranimo in zavarujemo v posebnem kovčku. Prav tako zaslon oz. monitor, ki je v vstopni gradbeni jami, zavarujemo in pospravimo v zato namenjen kovček. Nato na pilotne palice pritrdimo potisni ležaj. Ta preprečuje, da bi se pilotne palice v nadaljnjem postopku vrtele. Na ta potisni ležaj pritrdimo vrtalno glavo, za katero je pogonski element polžnica (sveder). Polžnico (sveder) vstavimo v kovinske zaščitne cevi. To pripravimo preden spustimo cevi v gradbeno jamo. Polžnico priključimo s spojko (jointom) na vrtalno glavo. Tako spojijo tudi vse polžnice s strojem in med seboj. Z vsako polžnico, ki jo dodamo, pride tudi kos cevi, v katero je vstavljena. Če imamo kovinske cevi, jih spajamo z varjenjem, ostale cevi pa z posebnimi spoji.



Slika 5: Potiskanje zaščitne kovinske cevi

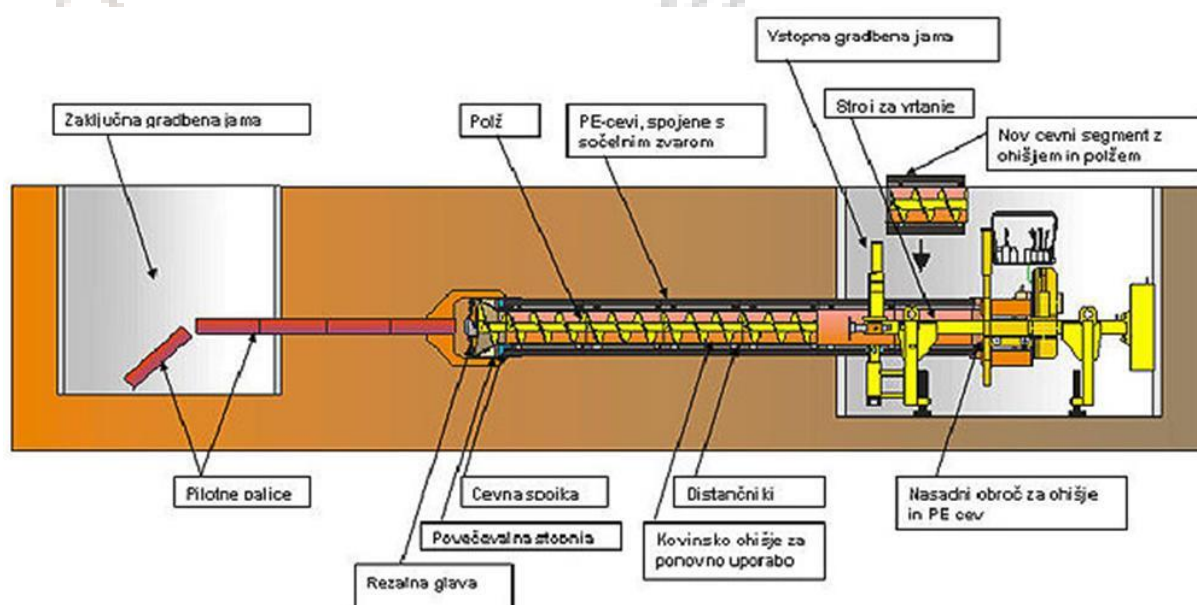
Material, ki ga polžnica prinese s seboj preko cevi, pristane v vstopni gradbeni jami. Ta material se lahko odstrani s prijemalnikom (grajferjem), ki se priključi na dvigalo, ali pa z bagrom. V izstopni gradbeni jami zlagamo pilotne palice v zato namenjen zabojnik. Ta postopek ponavljamo, dokler ne pridemo z vrtalno glavo do izstopne jame.



Slika 6: Shema postopka s kovinskimi, zaščitnimi, potisnimi cevmi

## 1/2 DRUGA FAZA: vrtanje z vrtalno glavo in vstavljanje poliestrske, betonske ali keramične potisne cevi

Ko želimo vstaviti potisne betonske, keramične ali pa poliestrske cevi, vstavimo zaščitno kovinsko cev s polžnico v te cevi. Postopek priklopa na pilotne palice in priklop vrtalne glave na potisni ležaj je enak kot v fazi **1/1 druga faza**. Razlika v tej fazi je samo ta, da je zaščitna kovinska cev s polžnico v potisni betonski, keramični ali poliestrski cevi. Material se od glave odvaja skozi zaščitno cev preko polžnice. Ko vrtalna glava doseže gradbeno jamo, se naredi vse enako kot v prejšnji fazi. Edina razlika je, da skupaj s polžnico povlečemo nazaj v gradbeno jamo tudi zaščitne kovinske cevi.



Slika 7: Shema potiskanja potisnih cevi

## TRETJA FAZA: izvlačenje in zaključna dela

Ko je druga faza zaključena, v izstopni gradbeni jami odstranimo vrtalno glavo in tudi zaboj z vrtalnimi palicami. Tako je izstopna gradbena jama pripravljena za postavev jaška ali pa za nadaljnjo izgradnjo cevovoda. Ko je vrtalna glava odstranjena, potegnemo polžnico nazaj v vstopno gradbeno jamo in z njo tudi material, ki je še ostal v cevi. Po izvlečenju vseh polžnic odstranimo še stroj. Preboj operemo z vodo pod visokim tlakom. Čiščenje pod visokim tlakom pa odpade, kadar vstavljamo potisne betonske, keramične in poliestrske cevi. Tako je vstopna gradbena jama pripravljena za nadaljnjo gradnjo cevovoda ali postavitev jaška. Pregledniška služba pregleda cev. S tem je delo zaključeno.

### Enostavni preboji s pnevmatsko iglo in kovinsko cevjo

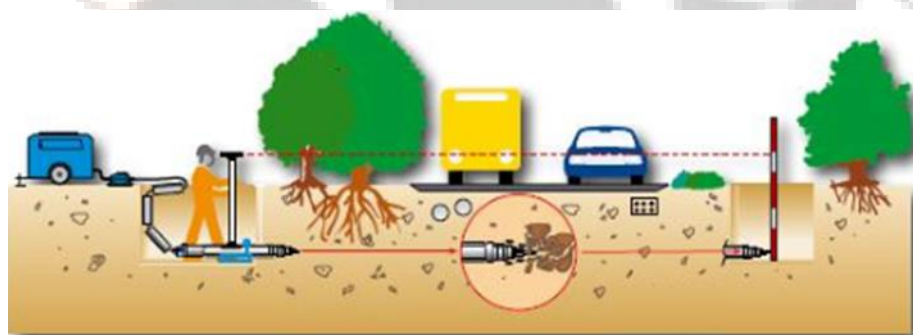
Gre za najcenejši metodi gradenj brez izkopov. Pogonski medij pnevmatske igle in pogonski medij za preboje s kovinsko cevjo je zrak. Te dve metodi se razlikujeta po velikosti izvedenega preboja. Nimata možnosti usmerjanja med delom, to pomeni, da je to sistem brez usmerjanja. Sistema sta se pri nas pojavila med letoma 1996 in 1998.

### Enostavni preboji s pnevmatsko iglo

Gre za najcenejšo metodo gradenj brez izkopov in temu primerno z največ omejitvami v vseh fazah gradnje. Namenjena je krajšemu in nezahtevnemu prečkanju cest, železnic in ostale infrastrukture. Primerna je za izgradnjo telekomunikacijskih vodov, vodovodov, plinovodov, električnih vodov ter kanalizacij manjših premerov, pri katerih naklon ne presega 1%.

Tehnologija ima naslednje omejitve:

- premeri zaščitnih cevi: tehnologija je primerna za izvedbo prečkanj z zaščitnimi cevmi PE/HD ali PVC od premera 32 mm do premera 160 mm
- dolžine vrtin: dolžine prečkanj so mogoče do največ 25 metrov (odvisno od zemljine in premera cevi)
- kategorija zemljine: je primerna samo za dela v zemljinah II. do IV. kategorije



Slika 8: Shema preboja s pnevmatsko iglo

Ta najcenejša tehnologija gradenj brez izkopov ima svoje prednosti in slabosti. Prednosti te tehnologije so: hitra in učinkovita izvedba, zadovoljiva natančnost na kratkih premostitvah, ekološko nesporna tehnologija - pogonski medij je zrak, sorazmerno majhna vstopna in izstopna gradbena jama ter najcenejša izvedba. Poleg prednosti se pojavljajo tudi slabosti: za izvedbo moramo zagotoviti varnostni faktor globine izvedbe preboja, ki mora znašati najmanj desetkratnik premera cevi (npr. če imamo preboj  $\Phi$  160 mm, mora biti minimalna globina gradbene jame 1.6 metra). V nasprotnem primeru lahko pride do deformacij terena nad prebojem (posedanje ceste ali drugih infrastrukture). Posledica globljega izkopa je izvedba v zahtevnejših geoloških pogojih, kar pomeni večje kamenje, menjava geomehanskih značilnosti, skale, ipd. Metoda ni priporočljiva ali je celo neizvedljiva zaradi prevelikega faktorja nenatančnosti ali zaradi omejitve največ 20 metrov dolžine preboja.

### Postopek izvedbe:

Po predhodnem preračunu projektanta se izvedeta vstopna in izstopna gradbena jama. V vstopno gradbeno jamo se na izravnana tla postavi t.i. »posteljica«. Posteljica se postavi glede na določeni padec. Maksimalni padec znaša 1%. Če padca ni, se posteljica postavi v vodoravno lego. Na izstopni strani gradbene jame predhodno postavimo v liniji preboja nivelirno palico, ki nam služi za tarčo. Pnevmatško iglo postavimo na posteljico in jo s pomočjo nivelirja postavimo v linijo preboja.



Slika 9: Prikaz vstopne in izstopne gradbene jame

Ko imamo vse nastavljeno, vpneemo pnevmatsko iglo v ležaj. Ležaj nam služi za ohranjanje smeri, dokler ni do treh četrtin v zemljini. Ker je pogonski medij zrak, skozi polietilenske cevi napeljemo izhodno cev za seboj. Ta postopek ponavljamo, dokler ne dosežemo izstopne gradbene jame. Ko celotna dolžina pnevmatske igle prebije steno izstopne gradbene jame, jo odklopimo od PE/HD cevi. Na vstopni strani gradbene jame izvlečemo pogonske cevi za zrak in postopek je zaključen.

## Preboj z zaščitno kovinsko cevjo

Ta tehnologija je cenovno dražja od prebojev s pnevmatsko iglo in ima temu primerno tudi manj omejitev. Ta tehnologija nam omogoča prečkanje asfaltnih cest, potokov itd. Izvedba poteka po sistemu potiskanja kovinskih cevi. V te cevi lahko po končani gradnji vstavimo plinovodno, vodovodno, kanalizacijsko, telekomunikacijsko ali katerokoli medijsko cev. Ta tehnologija nam omogoča premere od 114 mm do 2020 mm (slovenski trg), ter dolžine 50 do 60 m v odvisnosti od premera cevi in vrste zemljine, v kateri se ta preboj izvaja. Kljub temu, da je ta tehnologija boljša od enostavnega preboja s pnevmatsko iglo, ima tudi svoje slabosti.



Slika 10: Shema preboja s kovinsko cevjo

### Prednosti:

- Za izvedbo preboja potrebujemo sorazmerno majhno gradbeno jamo.
- Zadovoljivi rezultati natančnosti izvedbe.
- Možnost izvedbe več prebojev vzporedno brez medsebojnega horizontalnega ali vertikalnega odmika.
- Dolžine prebojev so relativno velike, tudi do 60 m, v odvisnosti od premera in kategorije zemljine.
- Izvedba preboja je mogoča v zemljinah II., III., IV. kategorije.
- S to tehnologijo ne razrivamo ali odvezemamo materiala izpod cestišča, zato so posedki ali raztezki nemogoči. Material, ki teoretično zaseda bodoči preboj, se nalaga v cev, zato velja, da cev pod cesto vsadimo.
- Ekološko nesporna (pogonski medij je zrak).

### Slabosti:

- Preboj je mogoč samo z zaščitno kovinsko cevjo.
- Se ne da izvesti v kamnini V. ali višje kategorije.
- V nekaterih primerih ni mogoče doseči zahtevane natančnosti nivelete preboja, predvsem pri kanalizacijah s padcem, manjšim od 1%.

### Postopek izvedbe:

Tako kot pri osnovnem preboju s pnevmatsko iglo imamo tudi tukaj vstopno in izstopno gradbeno jamo. Velikost jame je premo sorazmerna velikosti cevi.

V vstopno gradbeno jamo na izravnana tla postavimo posteljico, ki jo postavimo v linijo preboja. Posteljici nastavimo tudi padec, če je ta potreben.



Slika 11: Priprava gradbene jame

Na prvo kovinsko cev nasadimo rezilo, ki obvaruje zunanji rob cevi. Največkrat uporabljamo 6 metrske kovinske cevi, ki jih med seboj varimo. Na konec prve cevi nasadimo segment, v katerega vsadimo potisno enoto (raketa). To potisno enoto prav tako poganja stisnjen zrak, ki ga od agregata do potisne enote dovajamo skozi visokotlačne cevi. Potisno enoto in cev postavimo v linijo preboja in nastavimo tudi padec. Potisna enota zabija kovinsko cev v zemljino.



Slika 12: Potisna enota (raketa)

Ko potisna enota zabije prvih 6 metrov, segment in potisno enoto odstranimo (premaknemo po posteljici nazaj) in privarimo novo cev. Na to cev ponovno vsadimo segment s potisno enoto vred. Ta postopek ponavljamo do izstopne gradbene jame.



Slika 13: Prikaz zabijanja kovinske cevi

V izstopni gradbeni jami odstranimo rezilo, na vstopni pa potisno enoto, posteljico in segment. Po preboju je cev napolnjena z materialom. Cev lahko očistimo z visokotlačnim izpiranjem ali pa na vstopno stran na konec cevi namestimo pokrov, skozi katerega spustimo zrak pod visokim tlakom. Zrak potisne material skozi cev v izstopno gradbeno jamo, ki jo potem spraznimo in očistimo. Postopek je končan in cev je pripravljena za nadaljnjo uporabo.

## Horizontalno vodeno radijsko usmerjeno vrtanje HDD (horizontal directional drilling)

Ta tehnologija se je pri nas prvič pojavila v letu 2002. Cenovno je ta tehnologija primerljiva z optično vodenim vrtanjem, vendar lahko izvajamo neprimerno daljše dolžine. Vse je ponovno odvisno od vrste zemljine. Uporabljamo jo za prečkanje rek, cest, železnic, ipd. za potrebe izgradnje vodovodov, plinovodov, telekomunikacij, kablovodov itd. Tehnologija nam omogoča dolžine do 1,5 km ter premere 1200 mm in več. Uvlačimo lahko eno ali več cevi hkrati. Vgrajujemo lahko kovinske, PE/HD, duktilne cevi.



Slika 14: Shema horizontalno vodenega vrtnja

### Prednosti:

- Postopek z uporabo HDD tehnologije je ekonomičen časovno hitro izvedljiv ne vpliva na okolje med izvajanjem in po izvedanju - ne pušča ekoloških posledic.
- Po končani izvedbi je mogoče brez večjih posegov vzpostaviti prvotno stanje.
- Ne potrebujemo vstopne in izstopne gradbene jame.
- Horizontalno vodeno vrtanje je mogoče izvesti povsod kjer dela s klasičnimi izkopi niso izvedljiva ali ekonomsko upravičena.
- Med izvedbo ni nikakršnega vpliva na promet (ni motenj).
- Sme se uporabljati na ekološko občutljivih območjih, kjer bi vsak drugačen poseg lahko pustil ekološko katastrofalne posledice (vodovarstvena varovana območja).
- Možnost izvedbe tudi v večjih globinah pod gradbenimi in ostalimi objekti ter pod različnimi naravnimi preprekami.

### Slabosti:

- Nismo prišli do zaključkov ali argumentov, ki bi utemeljevali kakršnokoli slabost.

### Tehnične značilnosti:

Tehnologija temelji na osnovi vodenja oz. usmerjanja vrtnalne glave, kar pomeni, da lahko izvedemo načrtovano vrtino v skladu s predhodno pripravljenim projektom. Dolžine posameznih vrtin so vezane na geološko sestavo terena in posamezne geografske značilnosti. Klasična izvedba vrtnja poteka v zemljini I. do IV. kategorije, mogoče pa je tudi delo v V. in višji kategoriji zemljine, oz. vrtanje v skali z uporabo posebnih vrtnalnih orodij. Bistvenega pomena je, da lahko vsako vrtino izvedemo s horizontalnimi ter vertikalnimi krivinami polmerov večjih od 40 metrov, kar omogoča nemoteno izvedbo podvrtavanja vseh vrst

vodotokov, komunalne, cestne in ostale infrastrukture. Če ne upoštevamo minimalnega polmera, lahko zlomimo vrtno drogovje, kar predstavlja hud finančni udarec za izvajalca.

#### Predizvedba del zajema:

- Priprava projektne vrtine, ki zajema obdelavo geodetskega in geološkega posnetka terena.
- Na podlagi dobljenih podatkov vzdolžnega profila trase pripravimo projekt vrtine z zahtevami investitorja ter z vsemi ostalimi podrobnostmi.
- Pripravljen projekt se poda v pregled in potrditev s strani investitorja.
- Po potrditvi se vrtina izvede.
- Od projektnih načrtov lahko odstopa za maksimalno 5%, razen če je dogovor z investitorjem drugačen.

#### Postopek izvedbe se deli na tri faze:

##### 1. Faza - izdelava pilotne vrtine:

V pilotno vrtno glavo vstavimo sondo, ki oddaja radijski signal. Ta radijski signal uskladimo s sprejemnikom.



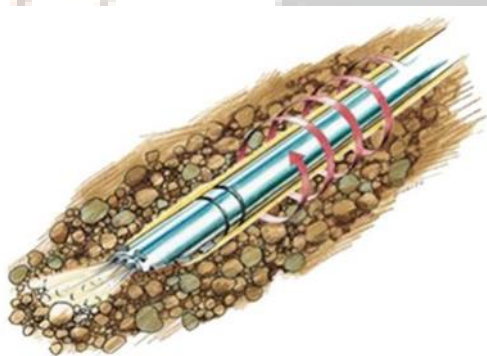
Slika 15: Sprejemnik signala (detektor)

Pilotno vrtno glavo spremljamo skozi celoten postopek vrtanja. Usmerjamo jo po predhodno projektno načrtani trasi. V primeru, da se ne držimo načrta vrtine, lahko pri uvleku cevi zaradi prevelikih kotov pride do poškodbe le-teh.



Slika 16: Spremljanje med izvedbo

Med izvedbo pilotne vrtine ves čas skozi šobe na pilotni glavi vbrizgavamo bentonit. Za pilotno palico se skupaj vijači pilotno drogovje do želene dolžine.



Slika 17: Prikaz pilotne glave

## 2. **Faza** - širjenje oz. povrtavanje vrtine do želenega premera (backcriming)

Ko pilotna glava doseže svoj cilj in prevrta plašč zemlje, jo odvijemo s pilotnega drogovja. Na pilotno drogovje se privije povratni razširjevalec (backcrimer), ki razširi vrtino na želeni premer. Upoštevati moramo, da mora biti razširjena vrtina vsaj 30% večja od premera uvlačene oz. uvlačenih cevi. Pri tej fazi je izrednega pomena bentonit, saj služi za stabilizacijo vrtine, iznos materiala ter kot sredstvo za zaščito cevi.

## 3. **Faza** - uvlačenje cevi

Ko razširjevalec (backcrimer) doseže začetek vrtine, ga očistimo in odvijemo s pilotnega drogovja. Na pilotno drogovje se privije t.i. jajce (zaradi njegove oblike), ki ga potisnemo skozi razširjeno vrtino na izstopno stran vrtine. Na izstopni strani ga odvijemo in ponovno privijemo razširjevalec (backcrimer). Na razširjevalec

(backrimer) se z zatičem pritrdi skobec ali skobci, odvisno od števila uvlačenih cevi. Cevi se pritrdijo na skobce.



Slika 18: Uvlačenje cevi

Element, na katerega je skobec z zatičem pritrjen, onemogoča vrtenje cevi med vleko z razširjevalcem, saj bi sicer prišlo do poškodb. PE/HD cevi, ki se uvlačijo, so oplaščene z zaščitnim slojem iz mineralno ojačanega polipropilena (PP). Prednost teh cevi je velika odpornost na mehanske vplive kot tudi na ultravijolično sevanje ter kemijske vplive. Ko razširjevalec doseže vstopno točko vrtine, je delo zaključeno.



Slika 19: Prikaz razširjevalca

Odvijemo razširjevalec in odstranimo skobce s cevi. Cevi so pripravljene za uporabo.

### Posebnosti:

- Reciklaža bentonita: Pri drugi in tretji fazi, ki sta opisani v zgornjem delu besedila, pri večjih premerih prihaja do večje količinske porabe mešanice benetonita. Da ne zavržemo še uporabnega bentonita, ga s pomočjo črpalk prečrpamo na sejalna sita ali v centrifugo.



Slika 20: Sejalna sita (shaker)

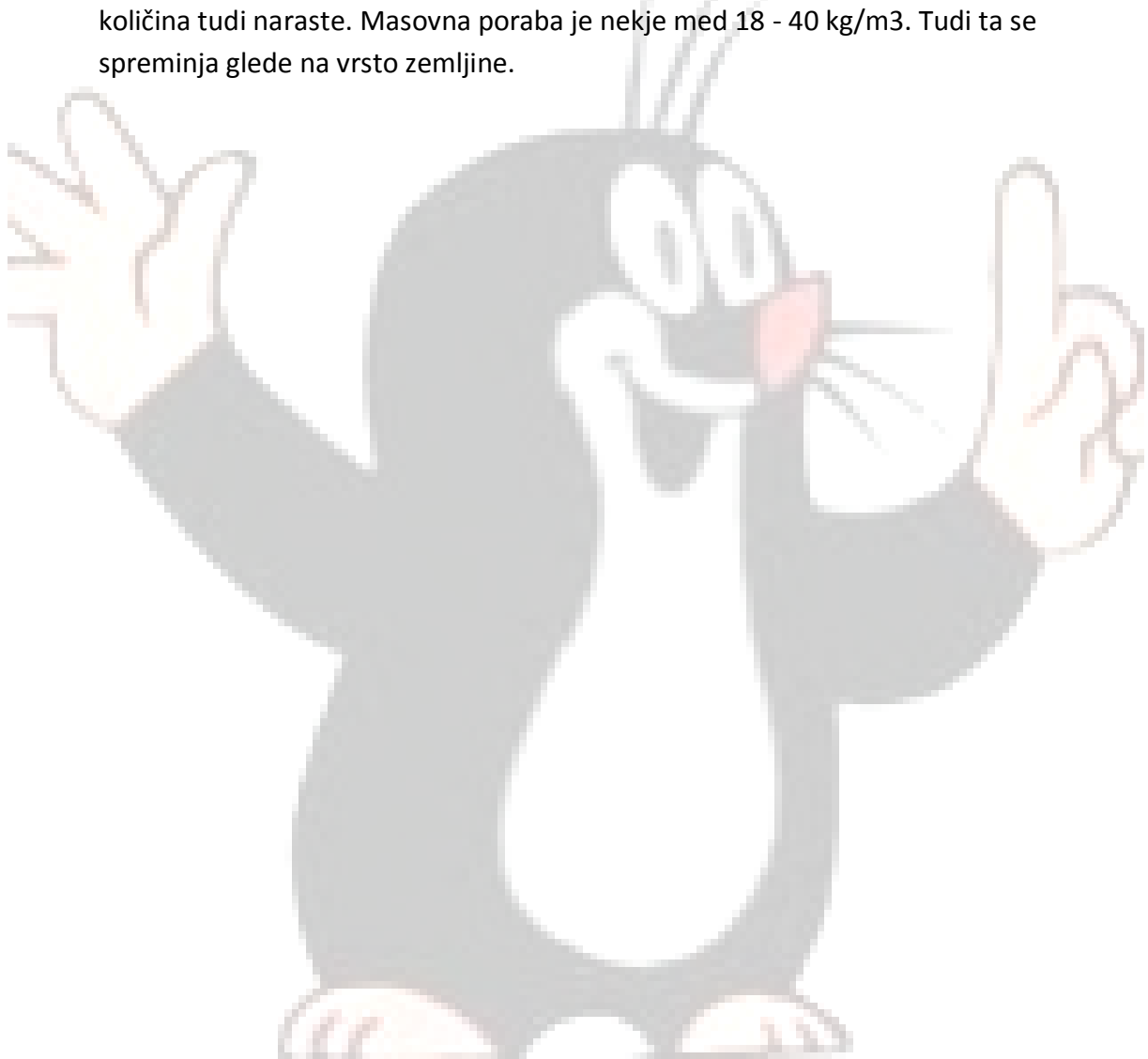


Slika 21: Centrifuga

- Namen sejalnih sit ali centrifuge je odstranjevanje večjih delcev iz mešanice. To pomeni pesek, večje kose materiala in fine frakcije. Ko očistimo bentonit velikih in finih frakcij, izmerimo viskoznost. Na osnovi viskoznosti tej mešanici prečiščenega

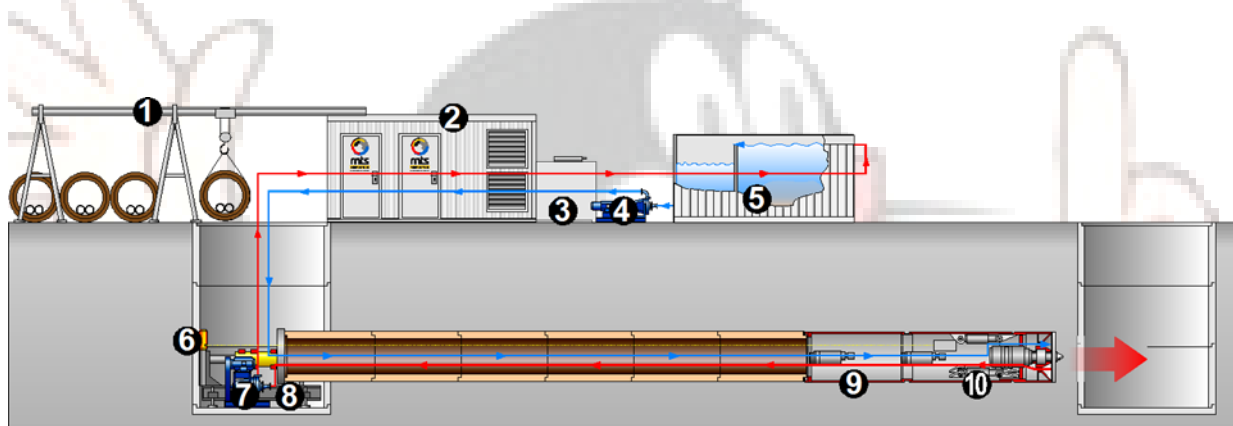
bentonita dodamo svež bentonit in vodo. S tem smo privarčevali pri porabi bentonita, energiji ter zmanjšali odpadno embalažo, v kateri je pakiran bentonit.

- Bentonit: Velja za enega glavnih materialov pri tehnologiji HDD. Kot smo že prej omenili, je bentonit stabilizator vrtine. Omogoča tudi iznos materiala in s tem čisti vrtino. Z uporabo bentonita zmanjšamo trenje cevi. Deluje kot mazivo. Koliko materiala nam bentonit iznese, je odvisno od njegove viskoznosti. Nekako velja, da je poraba bentonitne mešanice med šest in dvanajst-kratnikom volumna izvedene vrtine ter je odvisna od vrste zemljine, v katero vrtamo. To pomeni, da lahko ta količina tudi naraste. Masovna poraba je nekje med 18 - 40 kg/m<sup>3</sup>. Tudi ta se spreminja glede na vrsto zemljine.



## Mikro tuneliranje (Microtunneling)

Velja za najkompleksnejšo in najnovejšo tehnologijo tako na slovenskem kot na svetovnem tržišču. Pri nas se je prvič pojavila leta 2010. Kot nam že samo ime pove, gre za izgradnjo manjših tunelov. S to tehnologijo je mogoče izvajati premere od 600 mm do 4000 mm in dolžine več kilometrov. Vrtalna glava se upravlja iz kontrolnega kontejnerja po vnaprej danih koordinatah. Velik pomen pri tem sistemu ima voda, saj je voda tisti element, ki iz glave odnaša material skozi potisne cevi na separacijsko ploščad, kjer se velike in male frakcije kamnin izločijo in voda ponovno uporabi. Pri mikrotunelu gre za potiskanje potisnih cevi po vnaprej danih koordinatah ali po ravnih linijah. Cevi so posebne izdelave, saj morajo kljubovati izrednim potisnim silam, ki jih ustvarja potisna enota. Te cevi so lahko iz poliestra, armiranobetonske ali keramične. Ta tehnologija je po določenih smernicah najbolj ekološka, saj je za vse pogone potrebna samo elektrika.



Slika 22: Shema prikaza izvedbe mikro tuneliranja

### Prednosti:

- Mogoča izvedba v vseh tipih zemljin.
- Učinkovita natančna gradnja daljših dolžin.

### Slabosti:

- Visoki fiksni stroški, ki tehnologijo mikro tuneliranja delajo ekonomsko neučinkovito predvsem v primerih krajših odsekov in cevovodov. Gre namreč za sorazmerno visok strošek pripravljalnih del ter izvedbe gradbene jame.

### Izvedba

Za lažje opisovanje izvedbe smo se odločili, da izvedbo razdelimo na tri faze:

1. **Faza:** zakoličevanje gradbene jame, postavitve operacijskega kontejnerja ter separacije

Najprej morajo geodeti zakoličiti gradbeno jamo po projektu ter podati globino. Ker gre pri mikro tuneliranju največkrat za večje globine gradbenih jam, se te opažijo s posebnimi opaži ali z zagatnimi stenami.



Slika 23: Priprava gradbene jame

Dno gradbene jame zalijemo z armiranim betonom po začetnem nagibu, ki je podan v načrtu.



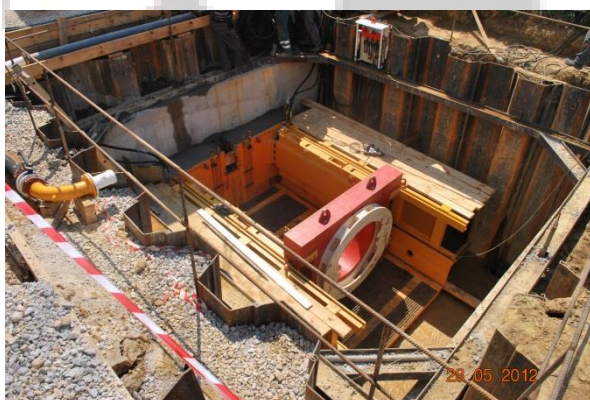
Slika 24: Prikaz armature

Prav tako je potrebno narediti armiranobetonsko steno za potisno enoto, v katero se leta upre. Debelina zadnje stene je odvisna od premera cevi ter sil, ki jih lahko potisna enota ustvari. Prednji del gradbene jame, kjer bo nastala vstopna odprtina za glavo ter cevi, mora biti prav tako armiranobetonska stena. V tej steni se naredi opaž enakega premera in oblike kot je glava in premer cevi. Upoštevati moramo odmični prostor med betonsko steno in cevmi, saj bo lahko prišlo med izvedbo do neželenega trenja in poškodb.



Slika 25: Čelna stena

Po strditvi betona vstavimo potisno enoto, ki jo prav tako prilagodimo padcu. Operacijski kontejner največkrat postavimo za gradbeno jamo ali na mesto, kjer ima strojnik neposreden pogled na potisno enoto.



Slika 26: Potisna enota (posteljica)

Za operacijski kontejner postavimo tudi separacijo, ki služi za čiščenje vode. Vrtalno glavo ter t.i. powerpack testiramo pred namestitvijo v gradbeno jamo.



Slika 27: Celotna postavititev

Ko naredimo preskus brez kakršnihkoli problemov, položimo vrtilno glavo v gradbeno jamo ter jo uskladimo s padcem.



Slika 28: Prikaz potiska glave v zemljinu

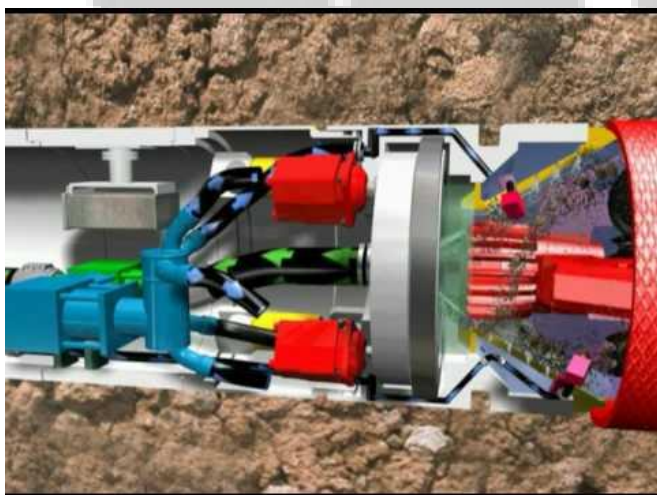
Vzpostavimo tudi t.i. iznosno linijo (slurry line), ki odnaša material iz glave ter napajalno linijo (feed line), ki skrbi za dotok čiste vode. Obe liniji sta povezani s separacijo. Poganjajo jih ekstremno močne črpalke z visokimi pretoki.



Slika 29: Prikaz znotraj cevi (feed line, slurry line, inštalacije)

## 2. **Faza:** izvedba

Ko je prva faza zaključena, lahko začnemo z izvedbo vrtine (tunela). Ves material, ki ga glava zmelje, ga po iznosni liniji prečrpamo na separacijo. Na separaciji se onesnažena voda očisti po treh postopkih.



Slika 30: Prikaz delovanja

Najprej gre skozi velika sita, kjer se izločijo največji delci. Zatem sledijo srednje velika in mala sita in na koncu še cikloni, ki izločijo najmanjše frakcije.



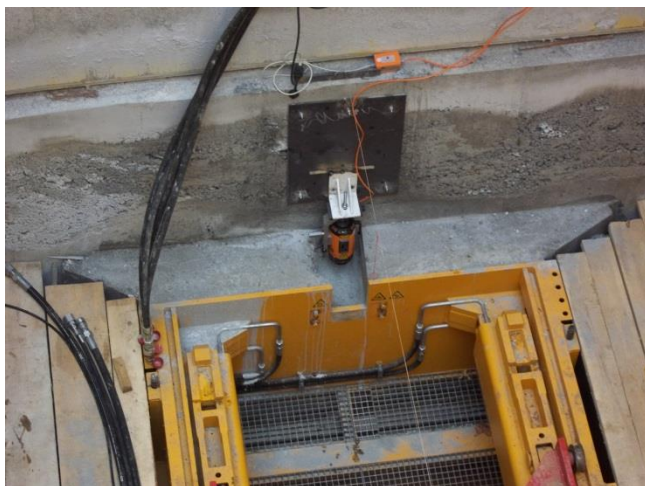
Slika 31: Separacija

To prečiščeno vodo skozi dovodno linijo črpamo v glavo in izpiramo material, ki ga ponovno vlečemo skozi iznosno linijo nazaj na separacijo. Material, ki se izloča, se nabira pred separacijo in ga odvažamo na deponijo. Ta postopek je zaprt krožni sistem. Operater lahko vsak trenutek v svojem operacijskem kontejnerju vidi položaj, padec ter stanje glave. Iz operacijskega kontejnerja jo tudi krmili ter popravlja smer.



Slika 32: Operacijski kontejner

Če gre za ravno linijo, uporabljamo laser, katerega položaj vidi operater na monitorju in s tem določa popravke ter padce smeri.



Slika 33: Laser

Če pa imamo vrtino v loku, uporabimo t.i. gyro sistem. Ta sistem deluje po naprej danih koordinatah, po katerih operater spreminja smer.



Slika 34: Gyro sistem (škatla v zgornjem delu)

Pri izvedbi lokov moramo biti izredno pozorni na krivljenje cevi, saj lahko pride do njene porušitve. Cevi so 3 metrske in se sestavljajo ena za drugo. Ko izvajamo vrtine daljših dolžin, uporabljamo t.i. interjack-e. Ti se vstavljajo med cevi na približno 100 do 150 metrov, ta dolžina je pogojena z materialom. Interjack je sklop cilindrov, ki pri veliki obremenitvi potisnejo enote; na cev deluje kot razbremenilnik. In sicer tako:

- Najprej potisne interjack (vmesni cilindri)
- Nato pritisne potisna enota in s tem zapre interjack (stisne cilindre)
- Nato ponovno potisne interjack in postopek se ponovi.



Slika 35: Vmesni cilindri (interjacki)

Za zmanjšanje trenja med samo izvedbo (med zemljino in cevmi ter glavo) uporabljamo bentonitno mešanico, ki deluje kot mazivo in s tem zmanjša trenje.

### 3. Faza: zaključek izvedbe

Ko dosežemo z vrtalno glavo izstopno gradbeno jamo, jo odstranimo iz gradbene jame, enako tudi powerpack. Pred tem moramo preračunati, koliko metrov cevi moramo pustiti v vstopni gradbeni jami, da lahko zapremo vse interjacke, ki jih imamo vstavljene, saj se nam lahko v nasprotnem primeru zgodi, da ostane prevelika dolžina cevi vstopni gradbeni jami in nam s tem onemogoči odstranitev potisne enote.



Slika 36: Izstop vrtalne glave iz vrtine

Ko imamo odstranjeno vrtalno glavo in powerpack, odstranimo tudi dovodno in odvodno linijo ter vse inštalacije, ki so v cevi. Ko je cev izpraznjena, je postopek končan. Odstranimo še potisno enoto. S tem je podvrtavanje (tunel) končano.

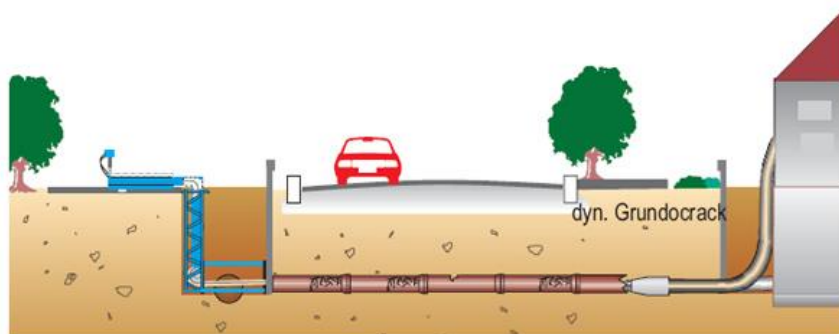


Slika 37: Odstranitev vrtalne glave



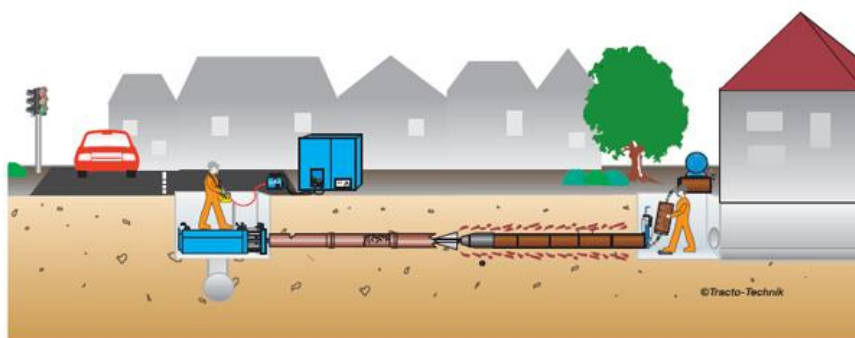
## Sanacije in rekonstrukcije cevovodov

Ta metoda se je na slovenskem tržišču prvič pojavila leta 2005. Gre za rekonstrukcijo starih kanalizacij in drugih cevovodov brez izkopov. To pomeni, da nam ni potrebno izkopavati stare cevi in vgrajevati nove. S to sanacijo in rekonstrukcijo lahko vstavimo iste ali večje cevi, ki so narejene iz polietilena, duktila, polipropilena, itd. To tehnologijo sanacij in rekonstrukcij delimo na statično in dinamično metodo.



*Dynamic pipe-cracking with GRUNDOCRACK from ND 50*

Slika 38: Shema rekonstrukcije z dinamično metodo



*Starting pipe-cracking with GRUNDOBURST*

Slika 39: Shema rekonstrukcije s statično metodo

## Statična metoda (pipe bursting)

Pri statični metodi gre za sanacijo oz. rekonstrukcijo cevovodov z montažo nove cevi brez izkopov. Je optimalna rešitev obnove dotrajanega cevovoda. Pri tej metodi gre za rezanje stare cevi in vstavljanje nove, ki je lahko večja ali enaka.

Cevi, ki se lahko vstavijo, smo navedli že v začetku. Za izvedbo potrebujemo minimalno gradbeno jamo na vhodni in izhodni strani. Takšna obnova je ekonomična in hitra, ter ne povzroča motenj na površini (promet).



Slika 40: Prikaz v gradbeni jami

Poleg tega pa ta metoda ne povzroča vibracij in hrupa med izvedbo. Obnavljamo lahko vse vrste cevi od premera 40 mm do premera 1200 mm in dolžin do 500 metrov v enem kosu.

#### Izvedba se deli na dve fazi:

1. **faza:** postavljanje stroja in vstavljanje vlečnih palic v cevovod.

Stroj postavimo v gradbeno jamo ali v jašek, če nam to ta omogoča. Vlečne palice sestavljamo eno za drugo in jih tiščimo v stari cevovod. Ko z vlečnimi drogovi dosežemo izstopni jašek, je prva faza zaključena.

2. **faza:** rezanje stare cevi in vlačenje nove.

V izstopnem jašku priključimo na vlečne palice rezilo, ki razreže in poruši staro cev.



Slika 41: Prikaz rezanja kovinske cevi

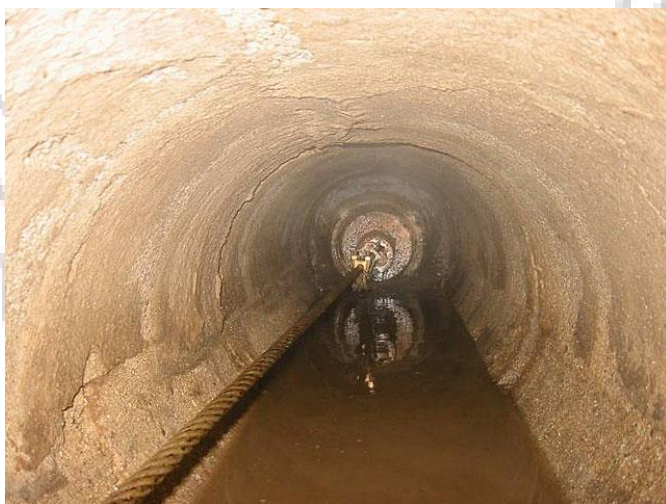
Takoj za rezilom vstavljamo nove cevi. cevi in rezilo povlečemo v vstopno gradbeno jamo. Ko zamenjamo cel odsek, je delo končano.

### Dinamična metoda (pipe cracking)

Gre za skoraj enak princip kot pri statični metodi, samo da je tu pogonski medij zrak. Vstavljamo lahko iste cevi kot pri statični metodi. Ta metoda povzroča hrup in vibracije.

#### Izvedba:

Skozi obstoječi cevovod napeljemo vlečno jeklenico. To vlečno jeklenico priklopimo na rušilni nastavek. V ta nastavek vpnemo potisno enoto, kateri pogonski medij je zrak (raketa). Novo cev priklopimo na rušilni nastavek. Pri rekonstrukciji nam vlečna jeklenica pomaga pri premikanju, medtem ko potisna enota potiska rušilni nastavek.



Slika 42: Rušenje cevi z dinamično metodo

Ko dosežemo vstopno gradbeno jamo, odstranimo jeklenico, rušilni nastavek ter potisno enoto. S tem je postopek zaključen.

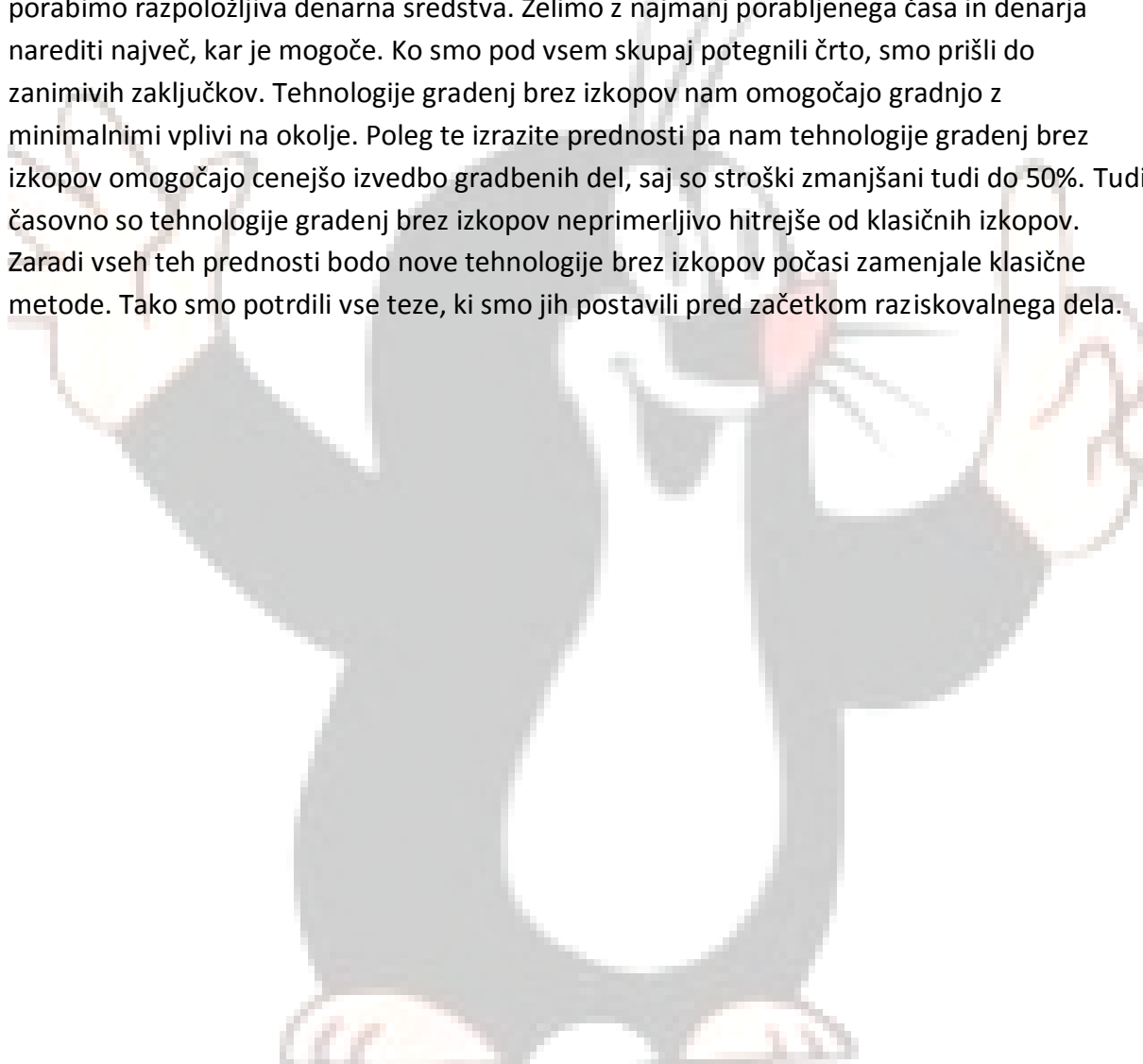
## Vpliv na okolje

Ker se dandanes vse več govori o varovanju okolja, smo se odločili da se globlje podamo v temo kako gradbeni poseg narediti brez večjega vpliva na okolje ali pa da vpliva sploh ni. Največji problem se pojavlja pri postavljanju okolja v prvotno stanje. Poleg vsega tega moramo biti dandanes glede na čas v katerem smo zelo ekonomični. To pa pomeni da z najmanj porabljenega časa in denarja naredimo največ kar je možno. Ko smo pod vsem skupaj potegnili črto smo prišli do presenetljivega zaključka. Tehnologije gradenj brez izkopov nam omogočajo gradnjo z minimalnimi vplivi na okolje. V določenih primerih vplivov sploh ni. Poleg te izrazite prednosti pa nam tehnologije gradenj brez izkopov omogočajo veliko bolj ekonomično izvedbo gradbenih del, saj so stroški zmanjšani tudi da 50%, časovno pa neprimerljivo hitrejša od klasičnih del.



## Zaključek

Kako izvesti gradbeni izkop brez večjega vpliva na okolje? Pri izkopih je gotovo eden večjih problemov vzpostavitev okolja v prvotno stanje. Če razmišljamo trajnostno, pa moramo gledati tudi na druge vidike: energijo, ki je potrebna za proizvodnjo, vgradnjo, delovanje in na koncu tudi reciklažo gradbenega objekta. Paziti moramo, da z gradbenimi deli ne ogrožamo ekosistema; zemlje, rastlinstva in živalstva ter seveda ljudi. Tehnologije brez izkopov so tu v bistveni prednosti. Na koncu pa je seveda pomembno tudi, da racionalno porabimo razpoložljiva denarna sredstva. Želimo z najmanj porabljenega časa in denarja narediti največ, kar je mogoče. Ko smo pod vsem skupaj potegnili črto, smo prišli do zanimivih zaključkov. Tehnologije gradenj brez izkopov nam omogočajo gradnjo z minimalnimi vplivi na okolje. Poleg te izrazite prednosti pa nam tehnologije gradenj brez izkopov omogočajo cenejšo izvedbo gradbenih del, saj so stroški zmanjšani tudi do 50%. Tudi časovno so tehnologije gradenj brez izkopov neprimerljivo hitrejše od klasičnih izkopov. Zaradi vseh teh prednosti bodo nove tehnologije brez izkopov počasi zamenjale klasične metode. Tako smo potrdili vse teze, ki smo jih postavili pred začetkom raziskovalnega dela.



## Viri in literatura

- zasebni arhiv podjetja Vilkograd d.o.o.
- [www.google.si](http://www.google.si)



## Zahvala

Pri raziskovalni nalogi bi se radi zahvalili podjetju Vilkograd d.o.o. iz Zlateč pri Šentjurju. Saj nam je podjetje z dovoljenjem vpogleda v njihov zasebni arhiv omogočilo, da smo raziskovalno nalogo pripeljali do konca.

