

**UNIVERZITET CRNE GORE
GRAĐEVINSKI FAKULTET U PODGORICI**



Vojin Todorović

**MOGUĆNOST PRIMJENE BEZROVOVSKIH TEHNOLOGIJA ZA IZGRADNJU,
ZAMJENU I SANACIJU CJEVOVODA VODOVODA I KANALIZACIJE**

MAGISTARSKI RAD

Podgorica, Jun 2020. godine

PODACI I INFORMACIJE O MAGISTRANDU

Ime i prezime:	Vojin Todorović
Datum i mjesto rođenja:	29.03.1991. godine, Podgorica
Naziv završenog osnovnog studijskog programa:	Građevinarstvo – smjer hidrotehnički
Godina diplomiranja:	2014

INFORMACIJE O MAGISTARSKOM RADU

Naziv postdiplomskih studija:	Postdiplomske magistarske studije iz oblasti građevinarstva - smjer hidrotehnički
Naziv rada:	Mogućnost primjene bezrovovskih tehnologija za izgradnju, zamjenu i sanaciju cjevovoda vodovoda i kanalizacije
Fakultet na kojem je rad odbranjen:	Građevinski fakultet Podgorica

UDK, OCIJENA I ODBRANA MAGISTARSKOG RADA

Datum prijave magistarskog rada:	22.03.2018. godine
Datum sjednice Vijeća Građevinskog fakulteta na kojoj je prihvaćena tema:	20.03.2019. godine
Komisija za ocjenu teme i podobnosti magistranta:	Prof.dr Sreten Tomović, dipl.inž.građ. Prof.dr Goran Sekulić, dipl.inž.građ.

Doc.dr Milan Radulović,
dipl.inž.geol.

Mentor:

Prof.dr Goran Sekulić, dipl.inž.građ.

Komisija za ocjenu rada:

Prof.dr Sreten Tomović, dipl.inž.građ.
Prof.dr Goran Sekulić, dipl.inž.građ.
Prof.dr Milan Radulović,
dipl.inž.geol.

Komisija za odbranu rada:

Prof.dr Sreten Tomović, dipl.inž.građ.
Prof.dr Goran Sekulić, dipl.inž.građ.
Prof.dr Milan Radulović,
dipl.inž.geol.

Lektor:

Mara Kasalica dipl. prof. srpskog
jezika i književnosti

Datum odbrane:

22.06.2020. godine

Datum promocije:

MOGUĆNOST PRIMJENE BEZROVOVSKIH TEHNOLOGIJA ZA IZGRADNJU ZAMJENU I SANACIJU CJEVOVODA VODOVODA I KANALIZACIJE

Rezime:

Razvoj bilo kojeg naselja ili države nesumnjivo prati ekspanzija u oblasti građevinarstva. Konstantna potreba dogradnje i izmjena hidrotehničke komunalne infrastrukture prilično utiče na sveukupan kvalitet života čitave zajednice. Stoga se pred inženjere postavlja ozbiljan zadatak odabira kvalitetne i pouzdane metodologije izvođenja kojom će se potrebne dogradnje i izmjene realizovati.

U novije vrijeme sve više su prisutne tehnologije koje teže da iskope za potrebe izgradnje hidrotehničke infrastrukture svedu na minimum, a samim tim tradicionalne metode otvorenog iskopa stave u drugi plan ili kombinacijom sa tim metodama postignu bolje rezultate u oblasti pouzdanosti, kvaliteta i dugotrajnosti novih instalacija. U ovom radu se daje pregled bezrovovskih metoda za izgradnju, odnosno zamjenu cjevovoda hidrotehničkih instalacija sa komentarima njihovih dobrih ili loših strana. Takođe, daje se i pregled stanja primjene ovih tehnologija u svijetu i kod nas.

Da bi se donijela konačna odluka o mogućnosti primjene neke od pobrojanih metoda bilo je neophodno sagledati posebne kriterijume koji su međusobno različiti. Pri tome se ističe da ekonomski momenat nije jedini ili ključni kriterijum odabira diktirajući potrebu za primjenu višekriterijumskih analiza koje će obuhvatiti i faktore koji se odnose na tehničke ili socio – ekološke faktore za donošenje odluke. Kao najjednostavnija i inženjerski dovoljno precizna predložena je metoda linearnog sabiranja ili težinskih koeficijenata. Njenom primjenom omogućeno je ravnopravno i transparentno učešće u procesu donošenja odluka vezanih za projekat investitorima, inženjerskom kadru i javnosti.

Rezultat sprovedenih analiza pokazuje da ovaj pristup odabira optimalnog rješenja dogradnje ili zamjene hidrotehničke infrastrukture, prije svega cjevovoda, donosi više benefita svim stranama,

počev od smanjenja početnih investicija, povećanja brzine rada do minimalnog ugrožavanja komfora stanovništva i u konačnom omogućuje kvalitetan završetak radova.

Ključne riječi: bezrovovske tehnologije, analiza i primjena metoda, metoda težinskih koeficijenata, ekonomska analiza, primjena bezrovovskih tehnologija, infrastruktura vodovoda i kanalizacije

Abstract:

The development of any residential area or state is undoubtedly accompanied by expansion in the field of construction. The constant need for upgrading and alteration of the hydro-technical infrastructure has a significant impact on the overall quality of life of the entire community. Therefore, the engineers are faced with the serious task of selecting a quality and reliable execution methodology necessary for upgrades and changes.

Nowadays, the methodologies in which the need for the excavation is minimized take advantage over the traditional ones, although they might be combined with the latter in order to achieve better results in terms of reliability, quality and durability of new installations. This work provides an overview of trenchless methods used for the construction or replacement of hydraulic pipelines with emphasis on both positive and negative aspects of the above-mentioned methods. Furthermore, the examples of their application are given.

In order to bring a final decision on the possible application of one of these methods, it is necessary to consider specific criteria. It should be noted that the economic aspect does not play a key role, but a multi-criteria analyses shall be applied which include factors related to technical or socio-ecological aspects for decision making. The simplest and sufficiently precise engineering method is the method of linear addition or weighting coefficients. Its implementation enables investors, engineers and the public to equally and transparently participate in the decision making process.

The results of the analyses show that the approach of selecting the optimal solution for the upgrading or replacement of the hydro-technical infrastructures (i.e. pipelines) brings benefits to all parties, starting with the reduction of initial investments, reducing the workload, minimal comfort disturbance, and in the end resulting in quality works.

Key words: trenchless technology, hydraulics, economic analysis, multi-criteria decision analysis, water and sewage infrastructure

Sadržaj

1. Uvod	7
2. Predmet i cilj rada.....	9
3. Pregled literature	10
4. Primjenjena metodologija pri izradi rada	12
5. Tradicionalne metode zamjene cjevovoda	15
6. Bezrovovske metode	18
6.1 Microtunneling (Mikrotuneliranje)	21
6.1.1. Primjene i benefiti metode mikrotuneliranja	25
6.1.2. Korist za životnu sredinu:.....	26
6.2. Sliplining – „postupak uvlačenja cijevi“	27
6.2.1. Procedura sliplining-a.....	29
6.3. Pipe bursting – Usmjereno bušenje	31
6.3.1. Proces pipe bursting-a	35
6.3.2. Pregled tehnologije.....	35
6.3.3. Procedura primjene.....	40
6.4. CIPP (Cured-in-place pipeline) – Lokalna sanacija	41
6.4.1. Primjena CIPP metode	43
6.4.2. Postupak instalacije	44
7. Bezrovovska tehnologija u svijetu	46
8. Bezrovovska tehnologija u Crnoj Gori.....	54
9. Kriterijumi koje je neophodno razmotriti pri odabiru metoda izvođenja radova	59
10. Analiza zamjene trase tradicionalnom metodom i bezrovovskom metodom -primjer	61
10.1. Zamjena vodovodne cijevi u Ulici Goce Delčeva u Podgorici	61
10.2. Primjena metoda težinskih koeficijenata u izboru metoda izvođenja radova.....	65
11. Zaključak	78
12. Literatura	80

1.Uvod

Svjedoci smo da je u posljednjih dvadesetak, a intenzivno u zadnjih deset godina primjetna ekspanzija gradnje u našoj zemlji (za sada na jugu, ali tendencije su da i sjever postane veliko gradilište). Za posledicu imamo ogroman broj novih stambenih i poslovnih objekata različitih konfiguracija. S obzirom na to da smo zemlja koja turizam ističe kao glavnu granu od velike važnosti za razvoj države, dosta se radi i na gradnji novih hotelskih kompleksa pa čak i čitavih turističkih naselja. Naša zemlja je postala interesantnija velikim stranim investitorima i kompanijama naročito iz oblasti turizma pa je u zadnje vrijeme povećan broj stranih investicija i otpočet je veći broj projekata u toj oblasti. Svi infrastrukturni sistemi se pri projektovanju proračunavaju tako što se razmatra budući broj korisnika infrastrukture i uzima se u obzir da je potrebno napraviti sistem koji će biti funkcionalan nekojke decenije. U Crnoj Gori, a i zemljama regiona posljednji ozbiljniji prostorni planovi su rađeni za vrijeme bivše SFRJ. Iako su tada određeni djelovi zemlje bili opredijeni za razvoj turizma, uglavnom nisu predviđjeli ovako obimnu gradnju te je upitno koliko je stara infrastrukturna mreža dorusla novim zadacima. Takođe, treba uzeti u obzir i to da su određeni investitori možda u nedostatku novca željeli uštedjeti pa je tako određena ušteda napravljena i na račun kvaliteta izvedenih radova i upotrijebljenih materijala. Zbog toga se kao interesantna tema nametnula mogućnost zamjene dotrajale instalacije ili prepravke postojeće, zatim mogućnost sanacija oštećenih cijevi a da uz to nemamo odsječene djelove grada, saobraćajne gužve, neželjene štete na tuđim objektima, nezadovoljstvo krajnjeg korisnika i stanovništva koje boravi na određenom mjestu.

U gotovo svim gradovima svijeta postoje podzemni sistemi cjevovoda koji su već premašili projektovani vijek trajanja ili su na putu da ga premaše, te je stoga njihova funkcionalnost dovedena u pitanje. Ovakvo stanje cjevovoda za sobom povlači niz problema, od mogućeg urušavanja, infiltracije podzemne vode u cjevovod do isticanja zagađene vode u okolinu. Da bi se ove pojave izbjegle potrebno je pristupiti obnovi cjevovoda, što podrazumjeva sanaciju ili zamjenu.

Generalno, tehnologija stalno napreduje, otkrivaju se novi materijali i načini rada u svim oblastima. U novije vrijeme i tehnologija koja se primjenjuje pri obnovi cjevovoda takođe bilježi ogroman napredak. U Crnoj Gori većina komunalnih preduzeća i privatnih izvođačkih kompanija još uvijek preferira tradicionalne načine obnove kanalizacionih sistema, što podrazumjeva potpunu zamjenu starog cjevovoda metodom iskopavanja i polaganja novih cijevi. Primjena ovog metoda uzrokuje poremećaj u prostoru i korišćenju tog prostora. Zbog remećenja normalnog funkcionisanja sredine ovaj vid obnove sistema često uzrokuje nezadovoljstvo stanovništva. Stvar dodatno pogoršava i činjenica da je najtrošnija infrastruktura upravo u najgušće naseljenim jezgrima gradova te tradicionalni način iskopavanja izaziva niz poremećaja počev od redukovanja režima saobraćaja do povećanja zagađenja i nivoa buke. Cijena iskopa tla u takvim sredinama obično može biti ekstremno visoka, a sami radovi mogu dugo potrajati. Upravo prethodno navedene loše strane tradicionalnih metoda uslovile su brži razvoj bezrovovskih tehnologija, koje se u novije vrijeme u svijetu sve više primjenjuju, ali u našoj zemlji nisu još uvijek zastupljene i pitanje je koliko se o njima uopšte i zna, koliko se i da li uopšte razmatraju prilikom odlučivanja u nekom konkretnom projektu.

2. Predmet i cilj rada

Predmet ovog rada je istraživanje bezrovovskih metoda, njihovih prednosti, mana kao i mogućnosti primjene istih za rješavanje problema zamjene ili obnove postojećih cjevovoda, kao i kako je njihovom primjenom moguće poboljšati kvalitet života ljudi. Kroz poglavlja rada biće dat uvid u podjelu bezrovovskih metoda, njihovo poređenje a neke, koje se ocjene kao najpogodnije, će se opisati detaljnije. Kroz primjere primjene ovih metoda iz svijeta i regiona biće dat pregled projekata sa ocjenom njihove uspješnosti i isplativosti.

Radom je obuhvaćen i dio koji se odnosi na ekonomske troškove primjene metoda. Pored toga posebno će se posvetiti pažnja i dostupnosti tehnologija kao i efektima na zajednicu.

Kroz posebno poglavlje analizirće se mogućnost zamjene postojećeg cjevovoda metodom „pipe bursting“-a (uvlačenja nove cijevi u postojeću cijev) i izvršiće se upoređenje cijena tradicionalne i bezrovovske metode. Za primjer je odabrana zamjena cjevovoda u dijelu mreže vodovoda u opštini Podgorica.

Konačni cilj ovog rada je da detaljnije istraži oblast bezrovovskih tehnologija i da približi sve mogućnosti koje one pružaju i dokaže da osim ekonomskih benefita primjena ovih metoda donosi i niz drugih benefita koji su u praksi najčešće zanemareni.

3. Pregled literature

U posljednjih 30 godina u Evropi i ostatku svijeta dosta pažnje se posvećuje bezrovovskim metodama kao alternativni u poslovima zamjene cjevovoda infrastrukture vodovoda i kanalizacije.

Mainak i Aarohi su u svojoj studiji naveli da bezrovovska tehnologija uključuje širok spektar metoda, materijala i opreme koja je adekvatna za obavljanje poslova na polaganju cijevi. Ove metode su vrlo primjenljive u seizmički osjetljivim područjima, u terenima gdje dominira tvrda stijena, u zemljištima sa visokim nivoom podzemnih voda. Zaključak je da bezrovovske metode mogu biti povoljne, ekonomične i mogu uštedjeti vrijeme a naročite benefite mogu osjetiti zemlje u razvoju sa gušćom infrastrukturom koja vremenom stasava za zamjenu [20].

Mnogi autori u svojim studijama navode kao prednost i to što primjenom ovih metoda izbjegavamo remećenje saobraćaja, a uz to imaju pozitivan ekonomski uticaj. Bezrovovske metode nisu nove metode i brzo postaju odomaćene u sektoru građevinarstva i smatra se da će umnogome uticati na novi način postavljanja i zamjene instalacija infrastrukture.

SAD, Kanada, Japan, Britanija se između ostalih ističu po primjeni bezrovovskih metoda u poslovima koji se odnose na zamjenu postojećih cjevovoda.

Steven R Kramer, William J McDonald, James C Thomson u svojoj knjizi „Upoznavanje sa bezrovovskim metodama“ (2012) [21]. osvrću se pored istorijata i dostupnih metoda i na ekonomske parametre i uticaj bezrovovskih metoda.

U knjizi „Rješenja u bezrovovskoj tehnologiji za profesionalnu obuku“ grupa autora obrađuje ekonomske parametre koji se odnose na različite bezrovovske metode, društvene troškove koji su takođe važna stavka [2].

U Velikoj Britaniji je 1986. godine osnovano Internacionalno društvo za bezrovovske tehnologije (The International Society for Trenchless Technology) koje za cilj ima da stručnu javnost kao i sve zainteresovane upozna sa bezrovovskim tehnologijama, da ukaže na benefite primjene tih tehnologija kao i da promoviše dalji razvoj bezrovovskih tehnologija i stalna

usavršavanja i njihovu primjenu u praksi. Brojni članovi okupljeni u ovoj organizaciji u stručnom časopisu objavljuju interesantne činjenice o velikom broju izvedenih projekata, o novitetima u oblasti bezrovovskih tehnologija. Ova organizacija takođe ima i 28 pridruženih članica iz raznih zemalja svijeta. [4]

4. Primjenjena metodologija pri izradi rada

Pri izradi ovog rada primjenjene su metode kvantitativnog i kvalitativnog istraživanja dostupne literature dosadašnjih iskustava iz oblasti predloženih tehnologija. Takođe, sprovedena je klasična ekonomska analiza kojom se na praktičnom primjeru izvršilo upoređivanje svih benefita primjene bezrovovske tehnologije u odnosu na klasični pristup sa iskopima.

Jedna od metoda koja je primjenjena je i Metoda višekriterijumske analize (engl. Multi-Criteria Decision Anyalisis). Radi se o izuzetno korisnom alatu, a naročito kada imamo potrebu da između mnoštva rješenja izaberemo ono najbolje. Metoda nam pomaže da se usredsrijedimo na ono što je važno, logično, dosljedno i lako za korišćenje. Najprimjenljivija je za rješavanje problema koji za rješenje ima više alternativa. MCDA metod je pogodan za: rasčlanjenje odluke mogućeg rješenja na manje, razumljivije djelove, analizu svakog dijela posebno, integrisanje djelova u jedno smisleno rješenje. Veoma korisnom se pokazala kada u rješavanju određenog problema učestvuju više grupa sukobljenih mišljenja, gdje iz svakog ponaosob uzima ono najbolje čime se omogućuje iznalaženje najboljeg konačnog rješenja. Problem u MCDA metodi se sastoji od 5 komponenti: cilja, mišljenja donosioca odluke ili grupe donosilaca odluke, alternative rješenju, kriterijum ocjenjivanja, ishod i posledice odluke. [18]

S obzirom na to da je posao zamjene cjevovoda često dosta ozbiljna i velika investicija, a naročito bitna jer mreža opslužuje direktno veliki broj korisnika i nepravilno funkcionisanje mreže može ugroziti i treća lica, neophodno je pri izboru odgovarajućeg metoda razmotriti više kriterijuma koji se prepliću kod svih metoda, a nemaju jednaku važnost u procesu donošenja konačne odluke. U okviru ovog rada biće primjenjen jedan od najjednostavnijih metoda iz grupe MCDA (Višekirterijumske analize) a to je linearno sabiranje ili težinska sredina (weighted average).

Linearno sabiranje ili težinska sredina je metod koji uzima različite stepene važnosti brojeva u skupu podataka. Pri računjanju težinske sredine svaki broj u skupu podataka se množi sa unaprijed određenom težinom prije konačnog rezultata. [19]

. Vrijednost alternative R_j kod ove metode definisana je sljedećim izrazom:

$$R_j = \sum_{i=1}^m R_{ij} \cdot W_i$$

gdje je:

R – numerička vrijednost (ocjena) alternative po pojedinom kriterijumu

W – težinska vrijednost pojedinog kriterijuma (relativna važnost kriterijuma)

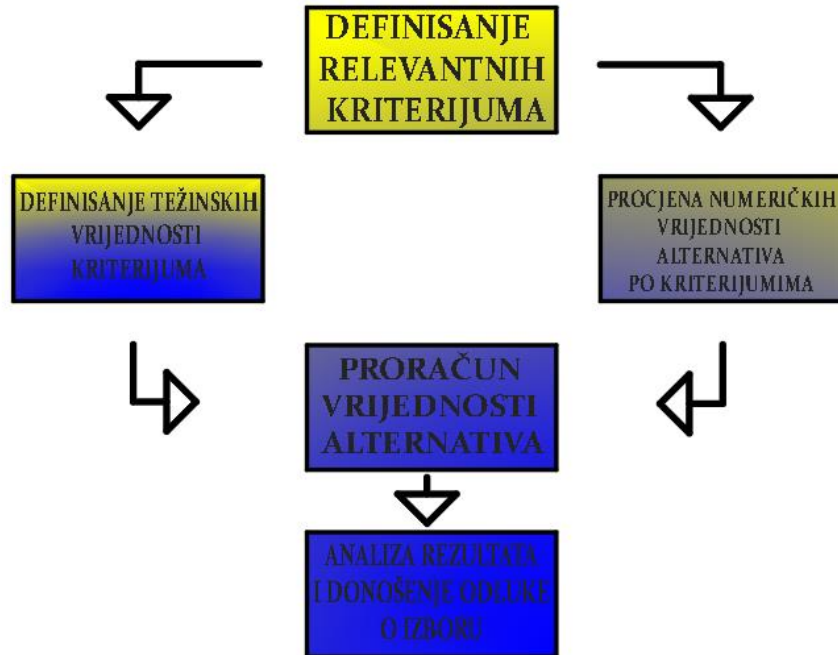
i – broj kriterijuma (ukupno m)

j – broj alternative (ukupno n)

Najbolja alternativa je ona koja ima maksimalnu vrijednost, odnosno:

$$R_{\text{optimalno}} = \max R_j ; \quad j = 1, \dots, n$$

Pri primjeni ove metode biće neophodno odrediti vrijednosti R i W za svaki kriterijum ponaosob. Vrijednosti će se odrediti na osnovu iskustava sa terena, uzimanja u obzir mišljenja struke kao i dostupnih podataka sa sličnih projekata koji su izvedeni nekom od posmatranih metoda. Detaljnije će biti prikazano u poglavlju 10 u okviru kojih će se analizirati bezrovovska i tradicionalna metoda i ocjeniti opravdanost primjene neke od metoda. Na sljedećoj slici prikazan je postupak koji je potrebno izvršiti kako bi se odabrala odgovarajuća metoda pomoću koje će se projekat sprovesti u djelo.



Slika 4.1 Postupak izbora adekvatne metode za izvođenje radova [1]

5. Tradicionalne metode zamjene cjevovoda

Tradicionalne metode, naziv koji se odomaćio u stručnoj javnosti odnosi se na metode iskopa i polaganja cjevovoda i iskopa i zamjene postojećih instalacija. U našoj zemlji praktično jedina metoda podrazumjeva primjenu teške mehanizacije tokom izgradnje novih instalacija i zamjene postojeće komunalne infrastrukture. Ako se radi o zamjeni cjevovoda koji nije položen ispod saobraćajnice, onda je ova metoda najjeftinija dostupna za zamjenu sistema.

Ova metoda je neophodna u situaciji kad nijedna druga (pa ni bezrovovska metoda) ne može zadovoljiti tražene tehničke zahtjeve. U slabije razvijenim zemljama svijeta, pa tako i kod nas, ova metoda je još uvijek glavni način obnove cjevovoda pa se koristi i u situacijama u kojima bi primjena bezrovovske metode bila bolji izbor.

Postoje dva načina obnove cjevovoda tradicionalnom metodom a to su: zamjena cjevovoda na postojećoj trasi i zamjena cjevovoda uz promjenu trase. [17]

Korišćenje ove metode za obnovu sistema u praksi uključuje sve ili neke od sljedećih koraka: Dopremljeni materijal na gradilištu se skladišti na način da zauzme što manje prostora i napravi što manje smetnji normalnom funkcionisanju okoline (saobraćaj), rezanje saobraćajnice u širini rova (primjenom pile za asfalt), iskopavanje rova, vađenje materijala i transport do deponije kamionima, vađenje starog cjevovoda, priprema posteljice od pijeska za polaganje novog cjevovoda, ispitivanje novopoloženog cjevovoda na vodonepropusnost te nakon konstatovanja da je test uspješan zatrpavanje rova pijeskom i šljunkom i zbijanje materijala, rovovi se na kraju prekrivaju trajnim slojem asfalta. [17]

Na sljedećim fotografijama se može vidjeti proces zamjene cjevovoda tradicionalnom metodom.



Slika 5.1. Proces zamjene postojećeg cjevovoda (www.google.com)

Neki od nedostataka tradicionalne metode su:

- Povećanje saobraćajnih gužvi;
- Smanjena sigurnost zbog saobraćajnih problema kao i zbog otvorenih rovova;
- Velike količine iskopa, teška mehanizacija potrebna za izvođenje radova;
- Veliki propratni troškovi na iskopavanju, zatrpavanju, itd;
- Otežan prilaz lokalnom stanovništvu, povećanje nivoa buke, vibracije, povećano zagađenje okoline;

- Ometanje poslovnih, uslužnih i komercijalnih djelatnosti u blizini gradilišta;
- Duže vrijeme završetka posla
- Opasnost od oštećenja druge infrastrukture (površinske i podzemne) [3]



Slika 5.2. Posledice korišćenja tradicionalne metode u naseljenom mjestu (www.jaska.com.hr)

6. Bezrovovske metode

Bezrovovska tehnologija (engl. trenchless technology) je tip izvođenja konstrukcija ispod površine zemlje pri čemu je dovoljno odraditi nekoliko iskopa, bez potrebe za kontinuiranim iskopom duž čitave trase cjevovoda. U novije vrijeme ovaj tip tehnologije bilježi značajan i brz napredak. Bezrovovska tehnologija se može definisati i kao skup metoda, materijala i opreme koji se mogu koristiti za postavljanje nove, obnovu ili zamjenu stare cijevi i da pri tome imamo minimalna remećenja površinskih aktivnosti (saobraćaj), kao i uz minimalna zagađenja okoline. [2], [4]

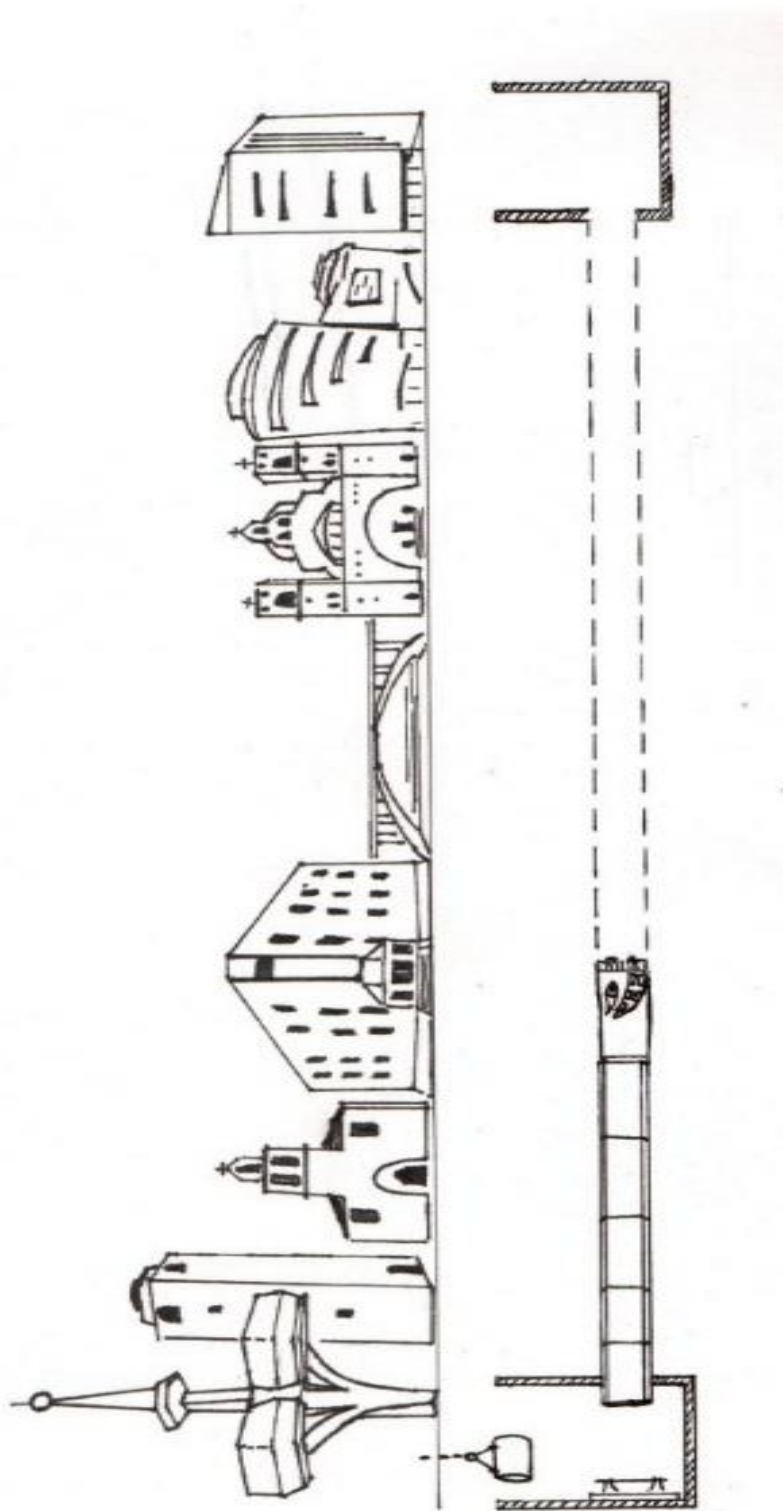
Metode se dijele na metode koje se koriste za postavljanje novih instalacija, kao i metode koje se koriste za obnovu i zamjenu postojećih cijevi.

Metode koje se koriste za postavljanje novih instalacija su: Directional drilling (usmjereno bušenje), Pipejacking & Microtunneling (utiskivanje i mikrotuneliranje), Auger boring (bušenje svrdlom), Pipe Ramming (utiskivanje cijevi), Impact moling („uticaj krtice“).

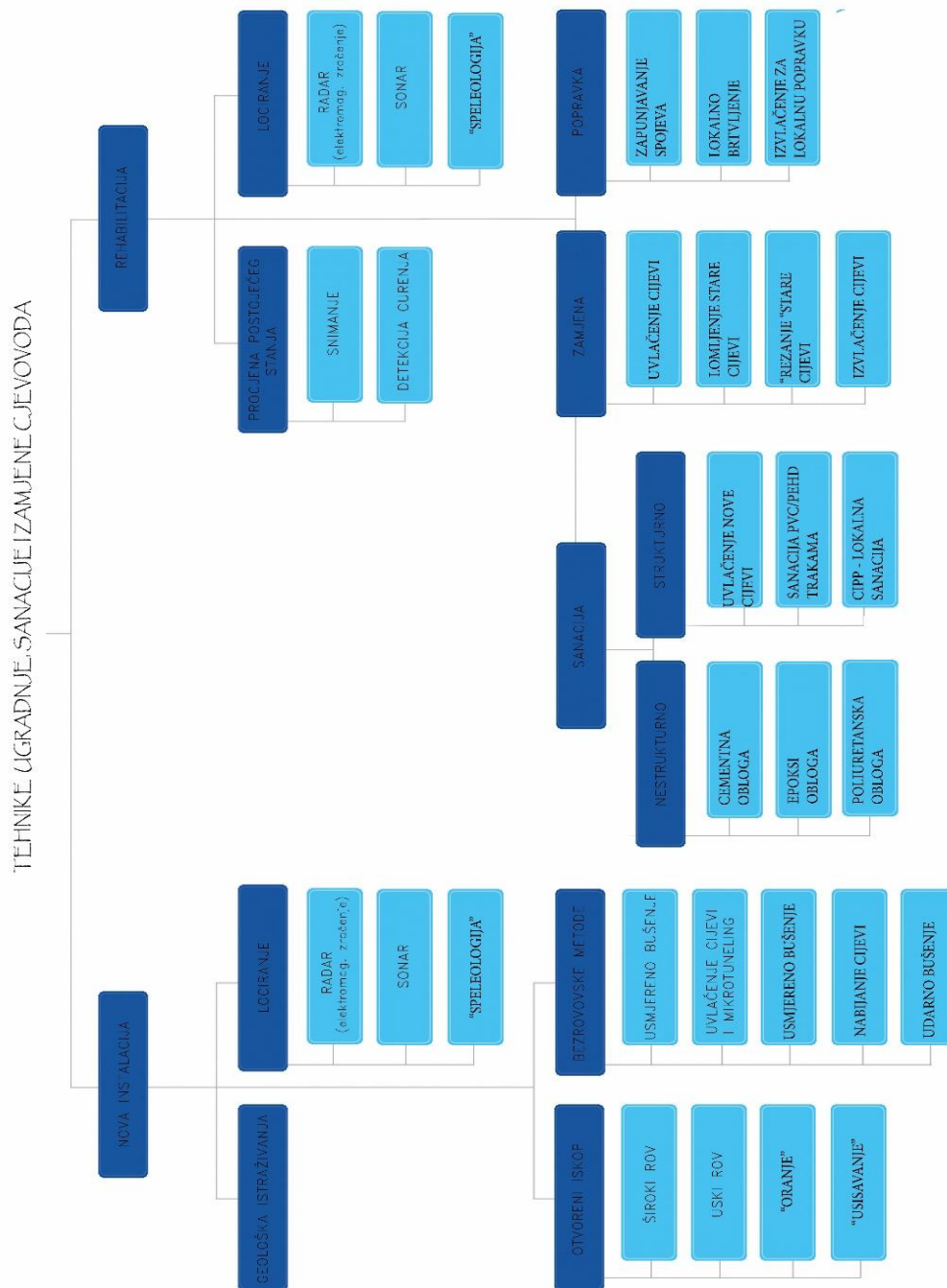
Metode koje se koriste za sanaciju postojećih cijevi su: Cement mortar lining (cementna obloga), Epoxy lining (epoksidna obloga), Polyurethane lining (poliuretanska obloga), Close fit sliplining (uvlačenje nove cijevi), Spiral wound lining (sanacija PEHD/PVC trakama), CIPP Lining (lokalna sanacija).

Metode zamjene postojećih cijevi: Slip lining (uvlačenje impregnirane cijevi), Pipe Bursting (lomljenje cijevi), Pipe Splitting (rezanje cijevi), Pipe Remaining, Pipe Extraction (izvlačenje cijevi).

Metode popravke cijevi: Joint grouting (zapunjavanje spojeva), Localized sealing (lokalno brtvljenje), Potholing for local repair (izvlačenje za lokalnu popravku), Flood grouting (zapunjavanje) [4]



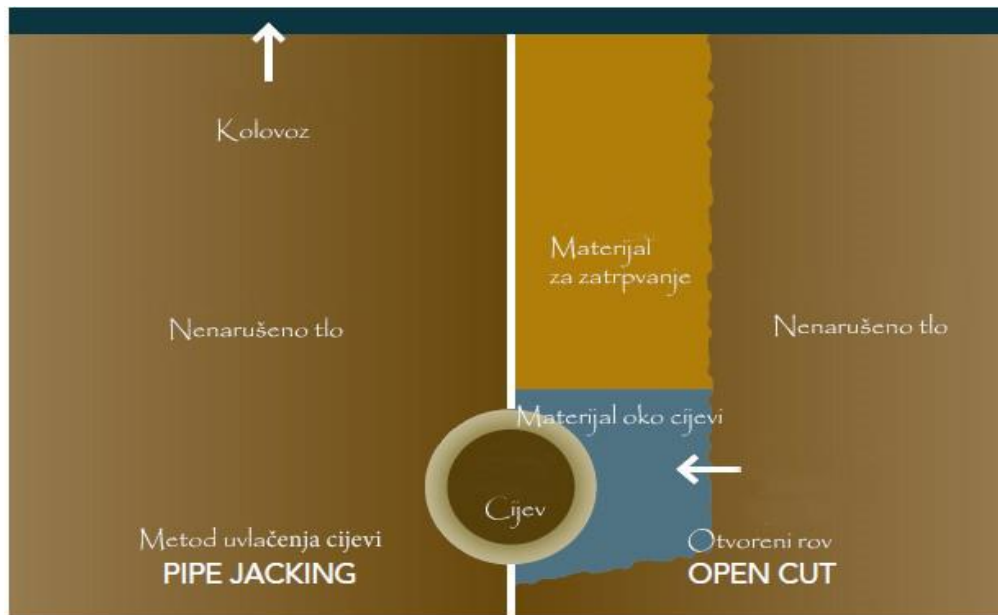
Slika 6.1. Ilustracija bezrovovske metode

Slika 6.2 Podjela tehnika ugradnje, sanacije i zamjene cjevovoda (www.istt.com)

6.1 Microtunneling (Mikrotuneliranje)

Metoda mikrotuneliranja (ili pipejacking- uvlačenje cijevi) jedna je od više bezrovovskih metoda koje se mogu koristiti za ugradnju nove instalacije. Metodologija je slična sa metodologijom probijanja tunela, nova instalacija se polaže potiskivanjem pomoću potisnih cijevi kroz zemlju za ktricom koja probija novu trasu cijevi. Otkopani materijal se istovremeno kroz novu cijev izvlači na površinu. Nove cijevi su izrađene od različitih materijala uključujući beton, polietilen (u RC izvedbi) i čelik i rade se u standardnim profilima koji se kreću od 150 mm do 2400 mm. Izuzetno po zahtjevu je moguće izraditi i veće profile. U zavisnosti od prečnika cijevi, uslova zemljišta i načina kopanja dužine koje se mogu postići ovom metodom mogu ići i više od 1 km. Dužine polaganja instalacije ovom metodom su ograničene zbog ekonomskih faktora kao i zbog dosadašnjeg iskustva, a metod se može primjenjivati i za prave cjevovode i za cjevovode koji zbog obilaženja neke postojeće instalacije mogu imati određene krivine. [14]

Ova metoda takođe donosi niz prednosti u oblasti zaštite životne sredine. U odnosu na tradicionalnu metodu značajno je smanjena emisija ugljendioksida u okolinu, a takođe smanjena je potreba eksploatacije rječnih tokova i vađenje šljunka. Uz prednosti u oblasti zaštite životne sredine takođe jedan od benefita je i to što je primjenom ove metode minimizirana i mogućnost oštećenja okolnih postojećih instalacija. [14]



Slika 6.3. Poprečni presjek profila tla (microtunneling/otvoreni rov) – www.pipejacking.org

Što se tiče alata za izvođenje radova, na tržištu je dostupno više vrsta, a sve su uglavnom slične većem alatu za radove na probijanju tunela. Štitovi, mašine za kopanje i podgrade postoje za različite uslove tla. [14]

Brojne kompanije u saradnji sa univerzitetima su duži vremenski period vršile istraživanja prije nego što su tehnologije ušle u svakodnevnu primjenu, a takođe još uvijek se radi na ispitivanju i posmatranju ponašanja u različitim uslovima okolnog tla.



slika 6.4. Dostupne garniture alata (www.pipejacking.org)

I kod ove tehnologije prije početka uvlačenja cijevi neophodno je iskopati dvije jame i to su jedina mjesta gdje se kombinuje mikrotuneling sa tradicionalnim metodama. Bira se da ulazna i izlazna jama budu na pozicijama budućih šahtova.

Na dimenzije jama najviše utiče vrsta alata koji se primjenjuje, promjer budućeg cjevovoda, kao i ekonomski faktori. Veličine jama variraju i u zavisnosti od upotrijebljenih metoda iskopavanja, iako se one mogu smanjiti ako određene okolnosti to zahtjevaju.

Zidovi potisne jame se moraju odupirati potiskivanju. Često se moraju upotrebljavati podgrade i druge metode stabilizacije zidova jame, ako je tlo nestabilno. Gdje nema dovoljno dubine za izgradnju normalnog potisnog zida, na primjer kod nasipa, potrebno je obezbjediti konstrukcijski okvir koji prima opterećenja usled guranja cijevi i koji bi trebao biti ankerisan i „usidren“ uz pomoć šipova. [14]

U jamu na početku se spušta krtica za bušenje trase, koju prati nastavak sa pogonskim motorom, dok se mašina za potiskivanje nalazi u početnoj jami. Kako bi se osiguralo da se horizontalne sile prenose ravnomjerno po obimu cijevi koja se uvlači, koristi se potisni prsten koji je montiran na kraju glave cijevi koju uvlačimo. Prsten je sa potisnom mašinom hidraulički povezan kako bi se obezbijedilo da jednake vrijednosti sile prima sa svakog „štapa“. Broj potiskivača zavisi od više faktora, a između ostalog od veličine cijevi, jačine cijevi i kvaliteta cijevi koju uvlačimo i dužine cjevovoda. Prijemna jama je dovoljne veličine za uklanjanje oklopa i mašine za bušenje na kraju procesa. U toku procesa je neophodno pratiti smjer i pad instalacije, a kontrola se vrši pozicioniranjem šina (vođica) unutar jame. Zavisno od vrste tla kroz koju se probija trasa postoji različito opremljen alat. Ako je neophodno da se nova cijev potiskuje ispod nivoa podzemne vode onda se ugrađuju i zaptivni prstenovi u potisnim i prijemnim jamama, kako bi se spriječio eventualno prodor vode. [14]



Thrust pit set-up



Jacks and thrust ring

Slika 6.5. Prikaz potisne jame, štapova (jack) i kontrolne sobe na terenu
(www.pipejacking.org)



Computer guidance systems for pipe jacking
and microtunnelling



Slika 6.5. (nastavak) Prikaz potisne jame, štapova (jack) i kontrolne sobe na terenu
(www.pipejacking.org)

6.1.1. Primjene i benefiti metode mikrotuneliranja

Metoda je primjenljiva kod izgradnje novih kanalizacionih instalacija, izgradnje atmosferske kanalizacije, vodovodnih cjevovoda, naftovoda, gasovoda, elektro i telekomunikacionih kablova. Takođe ova metoda se primjenjuje i za veće prečnike otvora i specijalne oblike (podzemni prolazi, tuneli za podzemnu željeznicu,...). [14]

Ova tehnika nalazi primjenu u slučajevima kada je novu instalaciju neophodno provesti ispod gusto naseljenih djelova grada, velikih i važnih postrojenja, saobraćajnica, aerodroma, a sve u cilju smanjenja ili potpunog izbjegavanja uzurpacije površina. [14]



Slika 6.6. Animirani prikaz prolaska kolektora ispod saobraćajnice (www.asiatimegroup.com)

U odnosu na tradicionalnu metodu, mikrotuneling se naročito favorizuje zbog smanjenog remećenja ostalih sistema u većim urbanim sredinama, u blizini aerodroma, u slučaju potrebe intervencije ispod prometnije saobraćajnice ili autoputa, intervencije u sredinama u kojima imamo veće prisustvo drugih instalacija. Ova metoda je primjenljiva i kod kohezivnih i nekohezivnih zemljišta, i ako postoji prisustvo podzemne vode. Takođe postoje razne varijacije alata koje omogućavaju proboj dionica i kroz stjenovita tla najteže kategorije.

Neki od tehničkih benefita ove metode su: pouzdanost izvršenih radova, kvalitetna završna obrada unutrašnjosti cjevovoda što smanjuje trenje a povećava protok, brza instalacija, pouzdani

spojevi cijevi koji garantuju da nema pojave uviranja podzemnih voda, slijeganja, te samim tim ni rizika za oštećenje novog cjevovoda, minimalno uzurpiranje površine tla i prekidi saobraćaja, manje količine iskopa, smanjen broj oštećenja okolnih instalacija i/ili objekata. [14]

6.1.2. Korist za životnu sredinu:

Postoje značajne koristi za životnu sredinu koje se dobijaju ako se koriste bezrovovske metode, u ovom slučaju metoda uvlačenja cijevi, u poređenju sa tradicionalnim metodama. Primjena bezrovovskih metoda umanjuje potrebne količine materijala za posteljice, zapunjavanje a smanjuje i odvoz materijala na deponije. Time se smanjuje potreba za primjenom teške mehanizacije za iskop, kamiona za transport pijeska, što podrazumjeva manji broj radnih sati mašina i emisije CO₂, buke itd.

U tabeli koja slijedi dato je upoređivanje ekoloških aspekata izgradnje kanalizacionog cjevovoda metodom mikrotuneliranja (uvlačenja cijevi) i tradicionalnom metodom koja podrazumijeva kopanje rova. Tabela je data za dvije cijevi koje se najčešće srijeću u kanalizacionim infrastrukturnim sistemima. Uzeto je u obzir to da je sav iskopani materijal vožen na odgovarajuću deponiju, a svi nastali prazni prostori nakon polaganja cijevi, kao i materijal za posteljicu cijevi je dovožen. U poređenju je zanemaren uticaj dovoza cijevi i šahti za obje metode budući da je u oba slučaja isti.[14]

Tabela 6.1. Upoređivanje ekoloških aspekata i emisije CO₂ u slučaju metode otvorenog rova i bezrovovske metode mikrotuneliranja – www.pipejacking.org

	600mm ID cjevovod 4m dubok, 100m dug		1200mm ID cjevovod 4m dubok, 100m dug	
Metod	Otvoreni rov	Bezrovovska metoda	Otvoreni rov	Bezrovovska metoda
Širina iskopa	1400mm (širina rova)	760mm (OD nove cijevi)	2350mm (širina rova)	1450mm (OD nove cijevi)
Širina vraćanja	1700mm	/	2650mm	/
Iskopano po m' cjevovoda	6,1 m3	0,5m3	10,28 m3	1,65m3
Dodat materijal za zatrpavanje po m' cjevovoda	11,9 t	/	18,27 t	/
Broj kamiona 20t nosivosti po 100m cjevovoda	136	8	220	21
Emisija CO ₂ (tona)	66,7	27,1	110,6	69,7

Takođe nije manje važan ni aspekt zaštite na radu u slučaju primjene metode mikrotuneliranja, jer generalno upotreba bezrovovske metode ima pozitivan uticaj i na bezbjednost na radu. Primjena ove metode smanjuje broj dubokih iskopa, a to direktno ima pozitivan uticaj na povećanje bezbjednosti na gradilištu. S obzirom na to da je potreba za radnom snagom kod bezrovovske metode manja, samim tim je i manji broj radnika koji su direktno izloženi opasnosti od povreda na radu. Takođe treba imati u vidu i to da je remećenje normalnog funkcionisanja ostalog stanovništva smanjeno što je takođe jedan od benefita, jer gradilišta u urbanim sredinama takođe mogu biti opasnost i po prolaznike i ljude koji nisu uključeni u sam proces gradnje. [14]

6.2. Sliplining – „postupak uvlačenja cijevi“

U kasnim 70-im godinama kompanija British Gas se suočila sa problemom zamjene postojeće instalacije u prilično gusto naseljenim i razvijenim mjestima. Primjena tradicionalne metode je bila gotovo nemoguće rješenje i kao takvo gotov da se i nije uzimalo u obzir. Zajedno sa kompanijom zaduženom za izvođenje British Gas je osmislio i patentirao metodu koja se koristi za zamjenu lomljivih cijevi (vodovodnih, kanalizacionih, telefonskih, gasnih). Tokom izvođenja radova primjenom ove metode iskopi i potreba za njima su svedeni na minimum. [2]

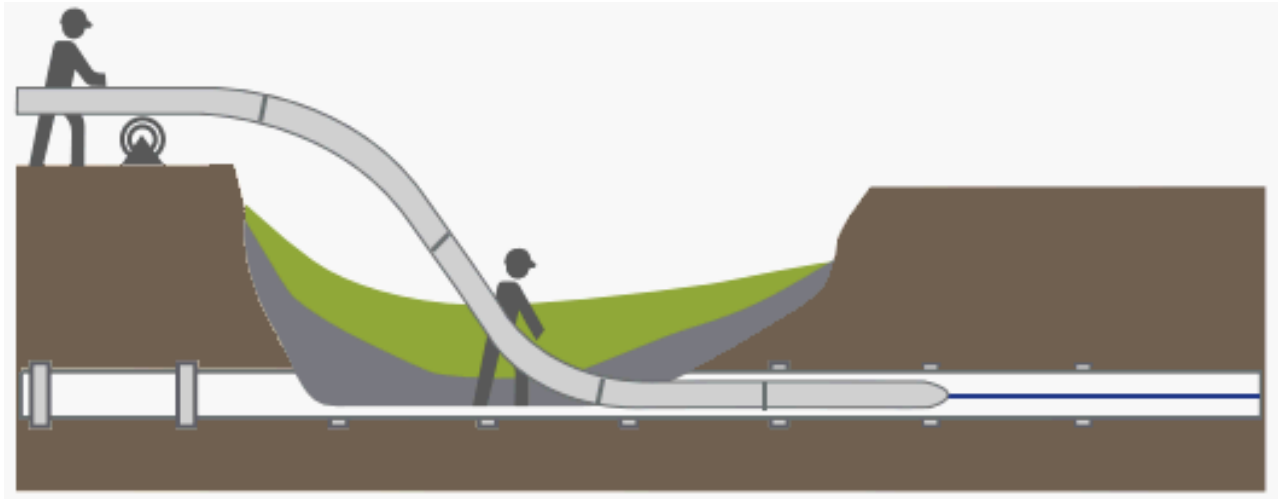
Možda i jedna od najstarijih bezrovnoskih metoda koja podrazumjeva ubacivanje nove cijevi manjeg prečnika u postojeću cijev naziva se sliplining. Ne zna se tačno prva primjena metode, ali se smatra da je upotrijebljena na zamjeni gasne instalacije u Njujorku gdje je nova čelična cijev umetnuta u staru livenogvozdenu. Kada su se u gasnoj industriji pojavile i bile prihvaćene plastične cijevi, zaključilo se da je lakše vršiti umetanje plastičnih cijevi nego čeličnih. [2]

S obzirom na to da se materijali kao što su čelik i plastika koriste dugi niz godina, a našli su i primjenu u metodi sliplininga to je ova metoda jeftina opcija zamjene stare mreže. Naravno primjenjiva je ukoliko bi projektnim proračunima dokazali da postojeća mreža može trpjeti smanjenje promjera nove cijevi.

U slučaju cjevovoda za pijaću vodu moguće je da bi umetanjem nove cijevi koja je manjeg prečnika dobili na kraće vrijeme i bolje rezultate što se tiče protoka, ali iz razloga što bi se riješili pukotina, naslaga kamenca, prodora korjenja i zamora materijala stare cijevi. Međutim, nakon dužeg perioda eksploatacije vjerovatno će doći do smanjivanja kapaciteta nove cijevi pa je moguće da neće biti zadovoljeni hidraulički zahtjevi. [2]

Sliplining se može izvoditi sa kontinualnom cijevi ili sa cijevi u djelovima koje se zavaruju fuzionom ili čeonom. U novije vrijeme uobičajena je upotreba metode sa kontinuiranom cijevi PEHD. Nova cijev se polaže na tlo, a na početnoj tački se vrši otkopavanje za ulaz nove cijevi koja se provlači kroz postojeću do krajnje tačke koja može biti sledeća segmentna šahta. Zbog kopanja na početku dionice sliplining je metoda koja nije u potpunosti bezrovnoska, ali količine tog iskopa znatno su manje nego kod tradicionalne rovnoske metode. Drugi način izvođenja metode, a koji se primjenjuje kad prostor van početnog rova nije dovoljne površine, je uz primjenu djelova cijevi koje se zavaruju, a var se ostvaruje u početnoj jami i zatim se ta cijev hidraulički ugura u postojeću cijev. [2]

Pošto se u staru cijev uvlači manja nova cijev ostaje prostor između koji je neophodno zapuniti što se i čini uz upotrebu maltera koji je konzistentniji od standardnog maltera, jer taj malter ima samo ulogu zapunjavanja slobodnog prostora, „fiksiranja“ nove cijevi i prenosa opterećenja sa stare oštećene, na novu cijev. Najvažniji dio sliplining metode je odabir odgovarajućeg maltera i njegova ugradnja. Neophodno je voditi računa da se prilikom injektiranja maltera ne povrijedi nova cijev ili se slučajno pomjeri. [2]



Slika 6.7. Metoda Sliplininga - animacija (www.infra-sa.pl)

6.2.1. Procedura sliplining-a

Proces zamjene cijevi metodom sliplining-a se može podijeliti na 7 koraka. Broj tih koraka može u određenom stepenu varirati zavisno od uslova na terenu, ali suština je da je procedura ista. Iako ista procedura može varirati u načinu izvršenja nekog od dolje pobrojanih koraka kada se radi na vodovodnim (visokopritisnim) cjevovodima i gravitacionim kanalizacionim cjevovodima. [2]

1. Inspekcija postojeće cijevi;
2. Čišćenje postojeće cijevi;
3. Priprema nove cijevi u odgovarajućoj dužini;
4. Iskop neophodne jame za utiskivanje nove cijevi;
5. Pozicioniranje nove cijevi;
6. Izrada bočnih priključaka;
7. Zapunjavanje međuprostora.

Prva tačka podrazumijeva (a zajedničko je za sve metode sanacije) inspekciju postojećeg cjevovoda. Ovaj korak će omogućiti da shvatimo u kakvom je stanju postojeća cijev i da li je

sliplining prava metoda za rješanje problema. Ispitivanje se vrši malim kamerama kojima se može upravljati sa gradilišta. [2]

U drugom koraku se koliko je god moguće vrši čišćenje postojeće cijevi, ispiranje svih materija koje bi ometale normalan tok procesa sliplininga. Potrebno je ukloniti korijenje, ostatke pijeska i sve što može oštetiti novu cijev ili učiniti metodu nemogućom za izvršiti.

Priprema cijevi podrazumijeva spajanje cijevi na potrebnu dužinu čeonim varenjem ili spojnica zavisan od tipa cijevi. Cijev se u postojeću cijev ubacuje uvlačenjem ili utiskivanjem. Neophodno je za vrijeme rada preusmjeriti tok, mada neki mali protok u kanalizacionoj mreži može čak i biti podrška utiskivanju nove cijevi obzirom da utiče na smanjenje trenja. [2]

Izrada bočnih priključaka se radi najčešće nakon perioda „stabilizacije“ cijevi, a to je 24 sata nakon utiskivanja. Najčešće se ti priključci izvode uz pomoć sedla koje se postavlja oko cijevi, zatim se izbuši otvor (sedla mogu biti sa navojem ili spojem za fuziono zavarivanje i nakon pozicioniranja vrši se fiksiranje uz pomoć pritezanja šrafova).

Na kraju vrši se izbor adekvatnog maltera za popunjavanje slobodnog prostora između nove i stare cijevi čime se, obezbjeđuje fiksiranje nove cijevi, prenošenje opterećenja i sprječava da podzemna voda dopire u sektorske šahtove. [2]

Prednosti ove metode su mogućnosti primjene novih materijala PE kao i starih čeličnih cijevi, uopšteno je jedna povoljna metoda obnove koja je na dionicama gdje nema puno bočnih priključaka veoma efikasna i jeftina, efikasna je i primjenjiva za brze sanacije. Kao nedostatke metode možemo navesti to da zbog uvlačenja manje cijevi dolazi do gubitka hidrauličkog kapaciteta cijevi, primjenjiva je uglavnom na pravim dionicama, postoji mogućnost izrade priključaka, ali na tim mjestima je potrebno raditi iskope pa je zbog toga neophodno na tim mjestima izvršiti standardne iskope, i neophodno je obezbijediti baypass oko dionice koja se sanira.

Smanjenje prečnika cijevi koje nekad zbog dostupnosti materijala na lokalnim tržištima može biti i značajno što je takođe jedna od loših strana ove metode. [2]



Slika 6.8. Primjena metode sliplining na gradilištu (www.pipeflo.ca/trenchless-slip-lining.php)

6.3. Pipe bursting – Usmjereno bušenje

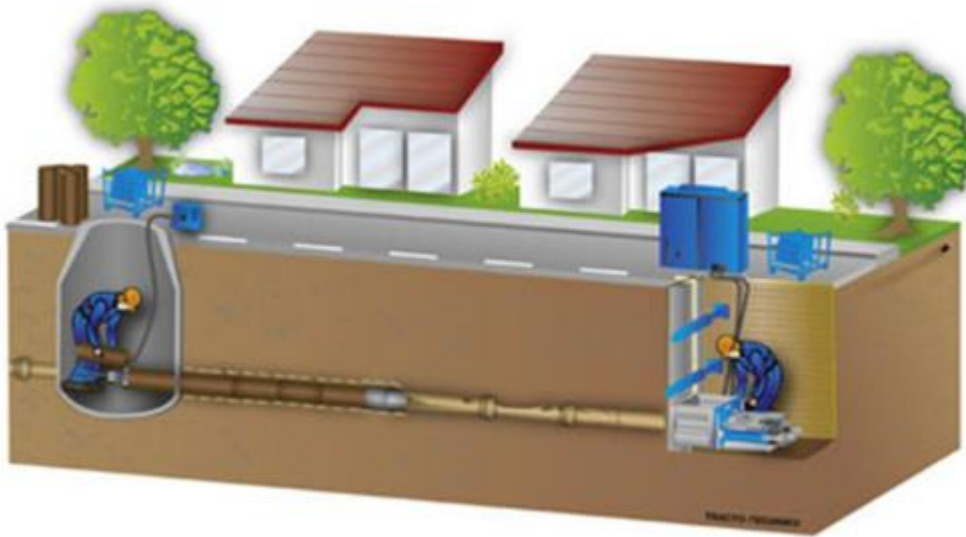
Metoda spada u grupu bezrovovskih metoda obnove cjevovoda, kojom se stare cijevi mijenjaju novim, a pritom nema potrebe za velikom količinom iskopa niti se remeti javna površina u većoj mjeri. Ukratko proces podrazumjeva upotrebu glave za razbijanje promjera većeg od postojeće cijevi, koja lagano klizi i obezbjeđuje prostor novoj cijevi. Glava se koristi da polomi postojeću cijev, i ostatke razgrne u okolno tlo čime obezbjeđuje dovoljno prostora za novu cijev, a uz to i smanjuje trenje na što manju vrijednost čime dodatno olakšava umetanje nove cijevi. [2]

Sam proces se sastoji od više različitih varijacija koje zavise od načina pristupa problemu lomljenja postojeće i ugradnje nove cijevi. Smatra se da je ova tehnologija prvi put upotrijebljena u Velikoj Britaniji gdje je 80-ih godina i patentirana, ali je vrlo brzo postala široko primijenljiva i u ostalim razvijenijim zemljama svijeta, među kojima su se najviše isticale SAD. Tehnika je prvenstveno razvijena jer se ukazala potreba za zamjenom cijevi na starim gasovodima. Veoma brzo je postala uobičajena tako da je u pojedinim zemljama bilježila značajan progres, bilježen je porast dužina cijevi koje su mijenjane primjenom ovog metoda. [2]

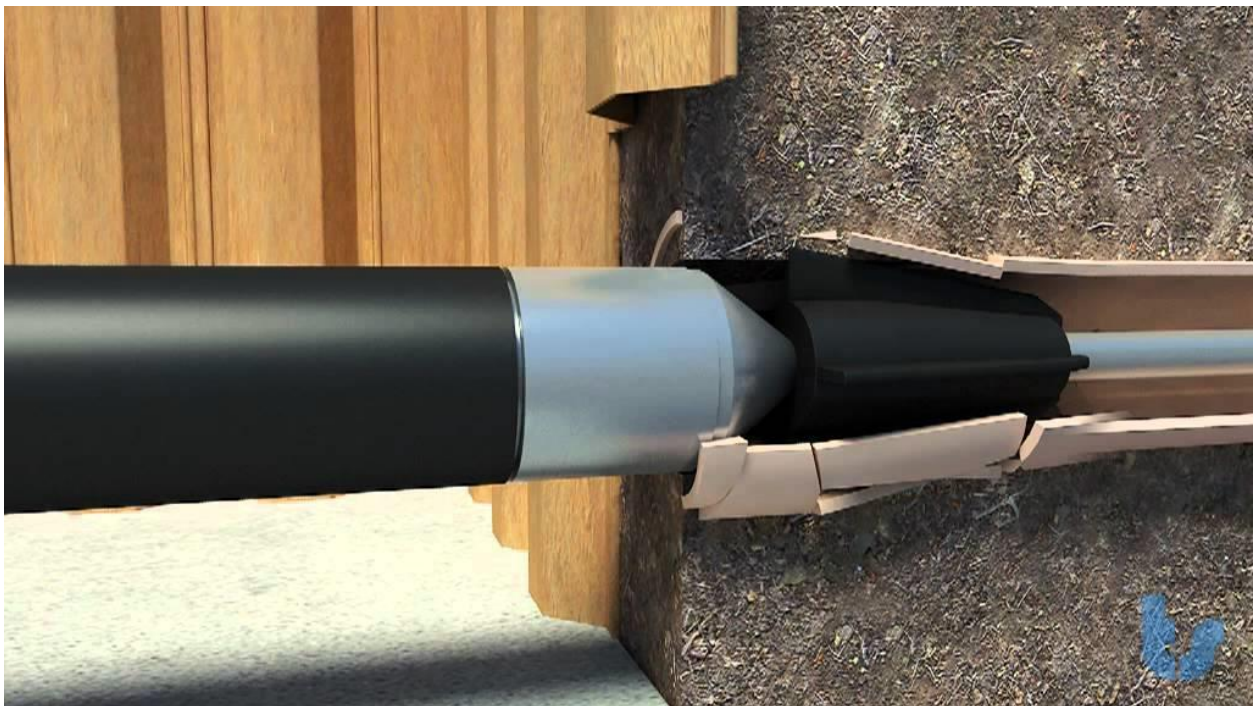
Kako ovaj sistem omogućuje zamjenu cijevi bez skupih površinskih iskopa to on omogućava uštedu investitoru i izvođaču. Ovaj sistem je idealan za zamjenu glavnih cijevi većeg prečnika kišne i fekalne kanalizacije. Pipe bursting je ubrzo postao jedna od vodećih i sve više željenih metoda rada, a može „iznijeti“ projekte koji zahtijevaju zamjenu cijevi i do 900 mm u promjeru, a dužina i do 25 m. Dodatna prednost je i to da se kompletno neophodna oprema lako prevozi do gradilišta. Takođe se može svrstati u prednosti i to da ova metoda zahtjeva minimalan iskop, što je naročito važno ukoliko imamo na tom mjestu prisustvo više različitih instalacija, ili ako je bitno da teren ostane nenarušen. [2]

Zanimljive činjenice o Pipe Bursting-u:

- Koristi se dosta u evropskim zemljama;
- Od 1988 počinje učestalija primjena u SAD-u;
- British Gas je patentirao ovu metodu;
- 80% procesa koristi varijantu pneumatskog pipe bursting-a;
- Gradovi širom SAD-a koriste ovu metodu kako bi mijenjali i unaprijedili sisteme kanalizacije. Procjenjuje se da je 6000 milja cjevovoda (glavnih i račvi) zamijenjeno Pipe Bursting-om. [2]



Slika 6.9. Prikaz metode pipe bursting (www.nodig-construction.com)



Slika 6.10. Dejstvo glave na postojeću cijev – Trenchless soultion ltd (www.trenchlesssolutions.co.uk)

Još jedna od dobrih strana ove metode je to da je moguća primjena različitih vrsta materijala. Moguće je koristiti polietilen, PVC fiberglas, čelične cijevi itd.

Pipe bursting uključuje širenje i razbijanje postojeće instalacije, a istovremeno se uvlači nova cijev. U prošlosti pipe bursting se primjenjivao najviše kada je materijal stare cijevi lakše lomljiv.

Alat koji ova metoda zahtijeva je:

Vitlo – pomaže pri povlačenju i vođenju glave, i uvlačenja nove cijevi;

Pneumatic tool (čekić) – Proizvodi silu neophodnu za razbijanje postojeće cijevi;

Burst head (glava) – Gura razbijene djelove stare cijevi u okolno tlo;

Nova cijev – koja se kači na glavu za razbijanje i koju zajedno sa glavom povlačimo na mjesto stare cijevi. Neophodno je da krhotine stare cijevi budu razmaknute u okolni prostor.



slika 6.11. Komponente sistema pipe bursting (www.atozinfra.com)

6.3.1. Proces pipe bursting-a

Na glavu za lomljenje se kači nova cijev koja će se povlačiti kako bude napredovao proces lomljenja postojeće cijevi. Veličina glave za lomljenje je nešto malo veća od prečnika postojeće cijevi, kako bi omogućila da se postojeća cijev polomi, i razgrne u okolni prostor. Većom dimenzijom glave se takođe omogućava i smanjenje trenja, tako da uz pomoć vitla, i kabla za vučenje zakačenog na glavu alat držimo u pravcu i povlačimo ga te istovremeno sa lomljenjem provlačimo novi cjevovod. Pneumatski alat je zaštićen unutar nove cijevi i čelična udarna glava je vodeća i koristi se za lomljenje stare cijevi. Kada glava stigne do kraja dionice udarna mašina i vitlo se uklanjaju, a zatim se alat postavlja u obrnutom pravcu. Reverzno djelovanje alata pomaže da se vrati do početne pozicije. Glava se zatim uklanja i nova dionica je kompletirana i spremna za povezivanje. Tehnologija zahtjeva minimalne količine iskopa koje su neophodne na ulaznoj i izlaznoj strani (obično na mjestima gdje će se nalaziti reviziona okna, sektorske šahte na mreži) [2]



Slika 6.12.. Izvođenje metode na terenu (www.exova.com)

6.3.2. Pregled tehnologije

Pipe bursting je metoda zamjene koja nudi način za zamjenu postojećih oštećenih cjevovoda. Ova metoda podrazumjeva lomljenje stare cijevi, guranje odlomljenih djelova i uvlačenje nove cijevi. Kako je glava većeg promjera od postojeće cijevi moguće je da nova cijev bude istog ili i većeg promjera od postojeće. Dakle ova metoda se može koristiti za zamjenu postojeće cijevi

novom cijevi iste veličine, ili ukoliko je zbog budućih većih potreba neophodno postojeću cijev zamjeniti većom. Iako postoje uslovljenosti povećanja zavisno od uslova terena u literaturi se može pronaći podatak da promjer može biti veći 25% ili više. Pošto se ostaci stare cijevi guraju u okolni prostor, neophodno je prije početka radova raskaćiti bočne priključke i servisne cijevi (revizije). Iako je razvojem tehnologija omogućeno i da se to radi daljinski, najčešća metoda je da se na mjestu bočnog iskopa ili servisne cijevi iskopa jedna jama manjih dimenzija cijev otkači. Kao jedan od glavnih faktora prilikom analize ekonomske isplativosti i tehničke opravdanosti primjene ove tehnologije u obzir se uzima broj bočnih priključaka, koji se najčešće uklanjaju uz iskop na mjestu gdje se priključci nalaze. [2]

Iako je Pipe Bursting naziv metode, zapravo postoje 3 podmetode koje koristimo: pneumatski ili udarni pipe bursting, hidraulički pipe bursting i statički pipe bursting. Razlika je u glavi koja se koristi za razbijanje stare cijevi i koja može biti pneumatska, hidraulička ili statička. Glava lomi cijev pomoću radijalne sile koja se aplicira, što je slično kao i kod metoda koje su poznatije po imenima pipe rodding i pipe splitting.

Primjenom ovog metoda moguće je postojeću betonsku, livenogvozdenu, PVC cijev zamjeniti novom PE, PVC ili fiberglas cijevima. Metod se može koristiti za zamjenu gasne, kanalizacione, telefonske instalacije, a mogući promjeri idu od (DN100- DN900).

Metoda se naročito dobro pokazala u dobro zbijenim tlima i gdje nema problema sa ostalim instalacijama čije normalno funkcionisanje mogu ugroziti vibracije koje se javljaju pri ovoj metodi. Nije pogodna u slučaju da imamo oštrije krivine (što kod kanalizacije nije slučaj, jer se sva skretanja obavljaju u revizionim oknima). [2]

STATIČKA GLAVA

Statička glava nema pomjerljivih unutrašnjih djelova. Jednostavno glava se povlači kroz staru cijev uz pomoć teškog vučnog uređaja. Od svih metoda koje spadaju pod pipe bursting ovo je najbrža metoda.

Dimenzija mašinske jame može varirati od dimenzija šahta pa do dimenzija 4x4m. Neke vrste opreme zahtijevaju, ubacivanje i mehaničke ruke ili poluge sa koturom u šahti za

povlačenje kabla ili lanca. Zavisno od uslova tla i dubine postojeće cijevi, može se desiti da je potrebno podgrađivanje, ili izvođenje iskopa sa nagnutim zidovima. Ugradne jame su generalno manje od mašinskih jama. Kao pravilo, za statički pipe bursting kada koristimo dužu neprekinutu cijev, dužina ugradne jame treba da je veća 12 puta od prečnika nove cijevi. Pad zavisi od toga koji je radijus savijanja cijevi. [2]

Širina jame zavisi od potrebnog prostora za radnike kako bi se mogli kretati oko cijevi u jami i povezati glavu. U praksi ulazna jama bi u širinu trebalo da ide do 1,5 m.

Servisne jame mogu biti iskopane sa minimalnim remećenjem površine. Veličina jame zavisi od dubine iskopavanja, i manevarskog prostora opreme za iskopavanje u ograničenom prostoru jame. Servisne jame su uobičajeno u prečniku do 1,3 ili 1,5 m što radniku obezbjeđuje dovoljno prostora da raskači i ponovo priključi bočni priključak. Takođe i ove jame mogu zahtijevati podradu, a to zavisi od dubine i lokalnog tla. [2]

Pošto je završeno iskopavanje jame, mašina se se može spustiti i obezbijediti u jami. Neophodno je osigurati mašinu tako da se ona ne pomjera u toku rada, a dodatno se ojačava strana iskopa o koju će se mašina za guranje oslanjati u toku procesa.

Posebna pažnja se mora obratiti na to da novi cjevovod koji planiramo ugraditi ne doživi oštećenja na ulazu u početnu jamu. Ovo se može obezbijediti dodavanjem podupirača, koturaljki ispod cijevi na rastojanjima koja su tolika da se ne prekorači vrijednost radijusa savijanja koju daje proizvođač za određenu cijev. Mašina povlači šipke i kako postupak odmiče tako dio po dio odvaja od niza. Kako napreduje glava za lomljenje stara cijev se lomi i gura u okolno tlo, a istovremeno se uvlači nova cijev. Glava nastavlja do mašinske jame gdje se uklanja sa cijevi. Zatim se vrši i kontrola da li je nova cijev negdje oštećena. Ukoliko nema oštećena nova cijev je spremna za korišćenje i priključenje u već postojeću mrežu. [2]

Po pravilu novoj instalaciji se daje vremena do potpunog slijeganja okolnog tla prije nego se radovi mogu smatrati završenim, ili zamjena uspješnom te se pristupiti povezivanju korisnika. Nakon 24 sata i završene kontrole mreža se pušta u punu funkciju što je procedura koja je uobičajena u instalaterskoj praksi. [2]

PNEUMATSKA GLAVA

Pneumatski pipe bursting je takođe jedna od korišćenijih metoda, a što se tiče pipe burstinga najkorišćenija metoda u slučaju vodovodnih cijevi. Glava za lomljenje kod ove metode predstavlja čekić za razmicanje tla. Za pokretanje se koristi kompresovani vazduh, radi brzinom od 180 do 580 udaraca u minuti. Svakim udarcem glava u postojećoj cijevi izaziva pukotine, a uz pomoć kabla ili sajle koji prolaze kroz postojeću cijev vrši se povlačenje glave i za njom zakačene najčešće polietilenske cijevi. Takođe kabal ili sajla obezbijeduje i držanje pravca i stepena pada nove cijevi. Ova tehnika se koristi za prečnike od 110 mm do 500 mm. S obzirom na to da pneumatski pipe bursting izaziva prilične vibracije na površini, postoji mogućnost da dođe do oštećenja okolnih instalacija ili npr. kolovozne konstrukcije ukoliko stara cijev nije dublje postavljena. Stoga je neobhodno da glava za lomljenje ne prolazi bliže od 0,75 m od postojeće instalacije i 2,50 m od osjetljivih površinskih konstrukcija. [2]

HIDRAULIČKA GLAVA

Kod ove metode glava posjeduje „latice“ koje se šire i skupljaju pod dejstvom hidrauličkog pritiska. Proces se od ulaza do izlaza odvija u sekvencama dok se nova cijev ne sprovede čitavom dužinom postojeće cijevi. U toku svake sekvence dio postojeće cijevi u dužini glave za lomljenje se zamijeni, na način da se glava za lomljenje prvo provuče a zatim ekspandira pod dejstvom pritiska kako bi slomila cijev. Zatim se glava povlači uz pomoć sajle, niza šipki ili kabla kroz postojeću cijev i ponavljaju se prethodni koraci. Ova metoda se koristi kod kanalizacionih mreža za zamjenu cijevi. Koristi se za prečnike od 150 mm do 1000 mm. [2]

PREDNOSTI METODE PIPE BURSTING

- Pipe bursting je često jeftiniji i efikasniji od tradicionalne metode;
- Pipe bursting se koristi za zamjenu cijevi i može povećati kapacitet od 25% na više (čak i do 100%, ako se radi o manjim promjerima);
- Smanjena je mogućnost oštećenja okolnih postojećih cijevi u toku zamjene;
- Metod se može primjenjivati i kod nestabilnog tla, djelimično urušene postojeće cijevi, kao i kod visokog nivoa podzemne vode;
- Metoda koristi postojeću cijev pa zadržava pravac i pad postojeće cijevi;

- Bočni priključci ostaju na istom nivou i sa istim stepenom pada.

1. Pipe bursting je jedina bezrovovska metoda koja može povećati kapacitet cijevi tako što omogućava ugradnju nove cijevi većeg prečnika.

2. Pipe bursting je poželjno koristiti za zamjenu cjevovoda ako:

- Imamo problem u vezi sa kapacitetom
- Postoje neravnine u cijevi
- Nedostaju djelovi cijevi
- Struktura cijevi je ugrožena
- Ako se korijenje, zemlja, talog ne mogu očistiti iz cijevi

3. Novi sigurnosni fitinzi (sprečavaju curenje) na svim servisnim priključcima. Materijali koji su pogodni za ovu metodu imaju širok izbor fittinga koji obezbijeduje sigurnost spoja. Oni omogućuju da novu cijev koja zamijeni oštećenu povežemo sa ostatkom sistema, odradimo neki bočni priključak. [2]

4. Pipe bursting se jednako uspješnim pokazao i u naseljenim mjestima i u industrijskim zonama. Korišten je za zamjenu različitih vrsta cjevovoda. Cijevi vodovoda i kanalizacije se bez problema mogu promijeniti uz pomoć pipe bursting-a, čak i ako imamo u okolini gustu mrežu ostalih instalacija. Obzirom da se duže koristi iskustva sa terena pokazuju da je mogućnost oštećenja okolnih instalacija svodi na minimum, čak i ako je gust raspored instalacija, ali se i dalje preventivno izbjegava primjena metoda ukoliko su ostale instalacije jako blizu. Okolno tlo se dovoljno odbacuje da ne može nanijeti štetu novoj cijevi koja se provlači. Kako je uobičajen slučaj u praksi da sve instalacije postavljamo ispod nivoa smrzavanja tla to znači da je ovaj metod primjenljiv pri svim vremenskim uslovima. [2]

5. Metoda je označena i kao „zelena“ metoda, odnosno ne nanosi štetu životnoj sredini. Pošto ovaj metod omogućuje smanjenje količina iskopa to znači da imamo manje potrebnih transporta pjeska, smanjena je eksploatacija šljunka iz korita rijeka i ispuštanje ugljen dioksida u vazduh. Ova metoda omogućuje zamjenu dužih dionica bez upotrebe teške mehanizacije. [2]

UŠTEDE PRIMJENOM METODE

Bez sumnje pipe bursting je jedna od ekonomičnijih metoda zamjene postojeće zakopane cijevi. Generalno direktni troškovi su manji nego kod tradicionalne metode kada se u obzir uzme i to koliko košta vraćanje tla u prvobitno stanje, prekidi saobraćaja,...

Neke od troškova koje nemamo kod pipe burstinga a imamo kod tradicionalne metode su: veća zapremina iskopa koja zahtijeva odvoz viška na deponiju, eksploatacija pijeska za posteljicu nove instalacije, neophodan veći manevarski prostor, asfaltiranje. [2]

6.3.3. Procedura primjene

Materijal postojeće cijevi: Mnoge tehnike su ograničene na krte materijale, kao liveno gvožđe glinene i betonske cijevi.

Stanje postojeće cijevi: U svim slučajevima uspjeh same operacije zavisi od procjene stanja postojeće cijevi. Popravke kao što inoksnе reparacione šelne mogu negativno uticati na cijenu koštanja, odnosno povećati troškove metode. Nataloženi sedimenti mogu dovesti da glava izgubi pravac pa je u tom slučaju prije početka metoda burstinga bilo neophodno izvršiti ispiranje stare cijevi. Takođe negativno može da utiče i ako se naiđe na dio urušene cijevi što može izazvati iskliznuće glave sa putanje koja povlači za sobom pucanje sajle, kabla za vučenje glave odnosno do stopiranja radova.

Prečnik postojeće cijevi: Za sad alati koji se najviše koriste su za raspon prečnika od 100 mm do 1000 mm. Povećavanje prečnika ide od 25% pa na više. Izbor alata zavisi između ostalog i od prečnika i zahtijevanog povećanja.

Dubina postojeće cijevi i podužni profil: Proširenje okolnog tla, naročito u slučaju povećanja prečnika cijevi zavisi od dubine i nivoa podzemnih voda. Kako raste dubina tako i startna i krajnja jama postaju kompleksnije. Takođe problem se može javiti (npr. kod vodovodnih cijevi), ako postoji skretanje u podužnom profilu jer nije moguće izvesti oštriju krivinu.

Stanje i tip okolnog tla: U većini slučajeva postojeća cijev je instalirana tradicionalnom metodom pa je vrh cijevi uglavnom u materijalu za zapunjavanje rova. Pipe bursting je najbolje upotrebljavati gdje je okolno tlo „stišljivo“ kao npr. glina. Neophodno je da po razbijanju stare

cijevi tunel ostane stabilan dok ne prođe nova cijev, što npr. nije slučaj ako je tlo pjeskovito pa se urušavanje sprečava upotrebom bentonitnog mulja. Takođe je bitno da osnovno zemljište može podnijeti težinu alata za pipebursting, proširivača i nove cijevi. U praksi je bilo slučajeva da kod oštećene kanalizacione cijevi imamo ispiranje tla ispod pa je na toj dionici dolazilo do propadanja alata.

Dužina: Kod kanalizacione instalacije dužine zamjene su obično od okna do okna. Veće dužine bi uz određene dodatne pripreme i posebnu pažnju mogle biti izvedene, a naročito treba voditi računa o srednjoj postojećoj šahti. Veće dužine bi zahtijevale i primjenu bentonitnog mulja kako bi se smanjilo trenje između cijevi i okolnog tla. Dužina zavisi i od prečnika cijevi, jer veće prečnike je teže gurati/povlačiti.

Materijali nove cijevi: Materijali koji se koriste su PEHD i polietilen sa „nap-lock“ spojevima.

Susjedne instalacije: Inženjerski gledano pravilo je da rastojanje između instalacija bude 3 puta veće od prečnika cijevi, a pipe bursting je bezbjedan za korištenje na toj udaljenosti. Neophodno je prije nego se otpočne sa metodom provjeriti da li ima ukrštanja sa drugim instalacijama, za šta je neophodan uredan katastar svih instalacija.

Početna i krajnja jama: Za instalaciju kanalizacije obično su te jame na mjestima šahti obzirom da se obično mijenjaju dionice između dva revizionna okna. Neophodno je odraditi sve modifikacije koje će omogućiti da alat prolazi kroz šahtu. Takođe sve šahte moraju biti obezbijeđene od eventualnog urušavanja i mora biti adekvatno obezbijeđen ulaz u šahte i obezbijeđen prostor. [2]

6.4. CIPP (Cured-in-place pipeline) – Lokalna sanacija

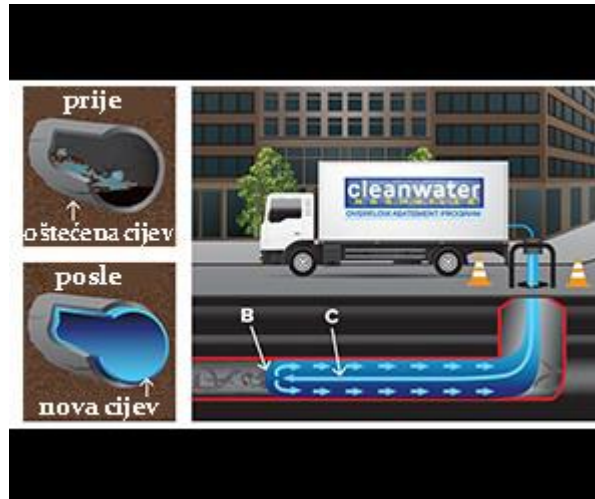
CIPP (Cured in place pipeline) je metoda obnove cjevovoda koja se već više od 30 godina koristi u Evropi i SAD i ubraja se u jednu od bezrovovskih metoda. Metod se koristi za rehabilitaciju polomljenih, naprslih cjevovoda fekalne ili atmosferske kanalizacije. Ova metoda je i jedna od glavnih alternativa metodi sliplining. Iako je dostupno više sistema, uobičajena je

upotreba fabričke cijevi impregnirane poliestrom ili epoksidnom smolom. Metoda CIPP se sastoji od ugradnje smolom impregnirane fleksibilne cijevi invertiranjem u postojeću cijev upotrebom hidrostatičkog pritiska. Nakon što se fleksibilna cijev invertira u postojeću cijev, smola se toplom vodom stvrdnjava i tako se dobija monolitna cijev (bez spojeva) unutar jedne dionice koja je otporna na koroziju, trošenje, mehanička opterećenja i uticaj hemikalija. [2]

Prstenasta čvrstoća cijevi je dodatno je poboljšana obzirom da se koristi postojeća cijev, a da je okruženje dobro savijeno. U stručnoj literaturi za sisteme koji se oslanjaju na podršku glavne cijevi uobičajen je naziv sistemi interaktivne obloge.

Kao što je minimiziranje smanjenja otvora, važna prednost cured-in-place cijevi je i mogućnost da se usklade sa gotovo svim presjecima cijevi. CIPP ima široku primjenu i može se koristiti za promjere cijevi u rasponu prečnika od 100 do 2700mm. Na početku procesa je najvažnije pripremiti unutrašnjost postojeće cijevi. Bočne priključke je neophodno ukloniti i začepiti, a za veća oštećenja cijev se lokalno sanira drugom metodom. Unutrašnjost postojeće cijevi je neophodno temeljno očistiti, ukloniti komadiće, naslage i prljavštinu. Metod se izvodi od uzvodne ka nizvodnoj tački (koristeći postojeća reviziona okna). Impregnirana cijev se prevozi u hladnjači kako bi se sačuvala stabilnost smole. Nakon što se cijev provuče na željenoj dionici smola se aktivira primjenom vrele vode ili vodene pare. Smola se zatim stvrdnjava i formira se nova cijev unutar postojeće. Obloga se može projektovati tako da ima značajnu debljinu i nakon što se stvrdne unutar postojeće cijevi, utiče na njena konstruktivna svojstva pa omogućava prihvatanje dodatnih opterećenja. [2]

Glavno ograničenje je debljina zida cijevi, a time i količina, težina i cijena materijala što je naročito izraženo kod većih prečnika i posebno kod prečnika koji nisu kružni. Takođe jedan od nedostataka je i to što postojeća cijev u toku radova ne može biti u upotrebi. U gravitacionim cjevovodima gdje imamo male protoke moguće je oslanjati se na prostor unutar sistema, a u drugim slučajevima je neophodno preusmjeravanje ili prepumpavanje toka. [2]

Slika 6.13. CIPP metoda – animacija (www.cleanwaternashville.org)

6.4.1. Primjena CIPP metode

CIPP metoda se može koristiti za sanaciju kanalizacionih cjevovoda, vodovodnih cijevi. U slučaju primjene u vodovodnim mrežama neophodno je dobiti odobrenje ovlaštenog regulatornog tijela za primjenu materijala u sistemima vode za piće. Najveći broj cijevi koje se koriste u CIPP metodi ne mogu biti primijenjene za vodovodne mreže i postoji samo manji broj cijevi koje su primjenjive u ovom slučaju.

Metod se koristi kod pravih dionica, ali moguća je i primjena kod cjevovoda koji imaju skretanja. Postoji mogućnost pojave nabora na unutrašnjoj strani luka, a to zavisi od radijusa savijanja, vrste materijala koji se primjenjuje kao i od debljine zidova cijevi.

Za postojeće cijevi kojima se mijenja poprečni presjek postoje materijali koji su napravljeni tako da se prilagođavaju promjenama presjeka unutar sekcije, ali takođe ima materijala koji mogu pokriti samo neke manje promjene.

Što se tiče cijevi koje su pretrpjele određene deformacije kroz praksu je usvojeno pravilo da kanalizacioni cjevovodi sa postotkom deformacije nižim od 10% mogu biti tretirane ovom metodom.

Metoda CIPP je originalno namijenjena gravitacionim kanalizacionim cjevovodima, ali postoje noviji ogranci tehnike koji bi ponudili rješenje i za pritisne cjevovode.

Takođe iako se primjenjuje za manje prečnike (koji nijesu dovoljno veliki da bi se čovjek u njima mogao kretati) razvojem tehnologije došlo se i do toga da bi se ovom metodom mogla riješiti i sanacija cjevovoda većeg prečnika ili nekog propusta, ali još uvijek je ograničavajući faktor težina, a i cijena materijala. [2], [15]



Slika 6.14. Postupak uvlačenja nove cijevi (www.ind-eko.hr ; www.old.pula.hr)

6.4.2. Postupak instalacije

Kao i kod svih metoda obnove, tako i kod ovog priprema i čišćenje su najbitniji dio, odnosno veoma je važno pripremne radove odraditi što kvalitetnije. Kako je ranije pomenuto da je ova metoda originalno namijenjena cijevima manjeg prečnika znači da je inspekciju cjevoda potrebno uraditi uz pomoć CCTV-a.

Nakon uklanjanja svih ostataka i mulja preporučuje se ponovna inspekcija kako bi se utvrdilo da je postupak adekvatno urađen. Ukoliko se prilikom primarne inspekcije primjeti da je stanje postojeće cijevi loše i da joj je ugrožena stabilnost onda naročito treba obratiti pažnju na jačine mlaza kojim se vrši ispiranje cjevovoda kako se već postojeća oštećenja ne bi pogoršala.

Takođe je važno ukloniti i eventualno labave parčiće cijevi koje bi mogle otpasti prilikom ubacivanja nove cijevi. Kod obloga koje se uvlače ovo može biti naročit problem, ali takođe je prisutan i kod invertovanih obloga.

Većina CIPP materijala zahtijeva preusmjeravanje toka u toku instalacije i perioda koji je neophodan da nova obloga odleži do dobijanja svojih punih konstruktivnih svojstava. Taj period varira od nekoliko sati do nekoliko dana, zavisno od vrste cjevovoda. Bočni priključci su do ponovnog otvaranja blokirani novom oblogom i ukoliko je neophodno treba obezbijediti i prepumpavanje eventualnih višaka otpadne vode.

Iako je CIPP metoda bezrovovska i dizajnirana je da svede na minimum ometanje okoline (životne sredine, saobraćaja...) i ne zahtijeva prisustvo velike mehanizacije, ipak na početku dionice zahtijeva prisustvo vozila sa mašinom za ubacivanje cijevi. Stoga može biti neophodna regulacija saobraćaja, ali ne u mjeri kao kod standardne metode zamjene cijevi.

Mogu postojati kratkoročni uticaji, jer se mogu javiti određena isparenja neprijatnih mirisa budući da se obloge rade od poliesterskih smola. Iako ta isparenja mogu izazvati zdravstvene tegobe, ako je čovjek duže njima izložen nije zabilježen veći broj negativnih posljedica na mjestima izvođenja radova ovom metodom. Čovjek je sposoban detektovati miris kada je isparenje u vrijednostima koja nisu opasna po čovjeka. Međutim, da bi se spriječile bilo kakve negativne posledice neophodno bi bilo obezbijediti dobru ventilaciju prostora oko samog mjesta radova.

Kao prednosti metode može se navesti to da je ovo u potpunosti bezrovovska metoda i da ne zahtijeva kopanja već se koriste postojeće šahte, relativno je brza metoda (zavisi dosta od materijala obloge), primjenjiva je kod cijevi sa skretanjima, bočni priključci se mogu izvesti bez kopanja, smanjuje se hrapavost cijevi, obloga je kontinuirana i nema spojeva, širok spektar prečnika koji mogu biti obnovljeni primjenom ove metode (mada kod većih prečnika se javlja problem cijene), a kao negativne strane mogu se navesti da se obloge proizvode posebno za svaki projekat, potrebno je u najvećem broju slučajeva obezbijediti baypass za obilazak tretirane dionice, stvrdnjavanje može potrajati od nekoliko sati do više dana. [2], [15]

7. Bezrovovska tehnologija u svijetu

Bezrovovske metode su skup modernih metoda koje u novije vrijeme omogućuju niz benefita, a naročito su se pokazale dobre za smanjenja oštećenja okolnih instalacija, smanjenja društvenih troškova i skraćenje vremena izvođenja radova. Očekuje se da bi povećanjem korišćenja bezrovovskih metoda one one mogle postati dominantnije, a naročito pri poslovima zamjena ili sanacije cjevovoda.

Bezrovovske metode nijesu uvijek najbolje rješenje, pa je stoga najbolje pažljivo sagledati sve dobre i loše strane jedne metode prije konačnog odabira kako bi osjetili njen puni benefit. Neophodno je shvatiti da na bezrovovsku metodu umnogome utiče i valjanost podataka koju ćemo dobiti od inženjera o karakteristikama tla, postojećeg materijala i katastra instalacija koje mijenjamo i onih koje mogu biti ugrožene našim radovima.

Veliki broj zemalja su dosta pažnje u prošlosti posvetile razvoju bezrovovskih metoda i njihovoj primjeni u praksi. Posebno se mogu istaći Velika Britanija, zemlje Skandinavije, Poljska, Francuska, Holandija, Njemačka, Japan, Kina, Sjedinjene Američke Države, Kanada itd.

Zajedničko svim pomenutim zemljama je da postoji razvijena svijest o postojanju bezrovovskih metoda, njihovoj primjeni i realnom sagledavanju projekata, analizi koja u krajnjem daje kao rezultat adekvatan izbor metoda rada. Ono što je razlika u primjeni i što varira od zemlje do zemlje su faktori kao što su: gustina stanovništva, starost instalacija, geološke karakteristike, posebni zahtjeva od zemlje do zemlje.

U okviru ovog poglavlja daje se osvrt na iskustva sa primjenom bezrovovskih metoda obnove, zamjene i ugradnje cjevovoda u okruženju i svijetu. Biće pokazano da se bezrovovske metode mogu primjeniti u velikom broju različitih slučajeva. S obzirom na to da se bezrovovske tehnologije razvijaju unazad više od 40 godina, ostvaren je veliki napredak u kvalitetu izvršenih radova, povećan je i broj specijalizovanih kompanija sposobnih da odgovore i najtežim izazovima. Biće riječi o nekim važnijim projektima gdje je primjenom bezrovovskih metoda

uspješno saniran cjevovod ispod glavnih gradskih saobraćajnica kojima prođe i do nekoliko hiljada automobila dnevno, u gusto naseljenim kvartovima, ispod škola, policijskih stanica, bolnica, nuklearnih postrojenja, u zemljištu sa visokim nivoom podzemnih voda.

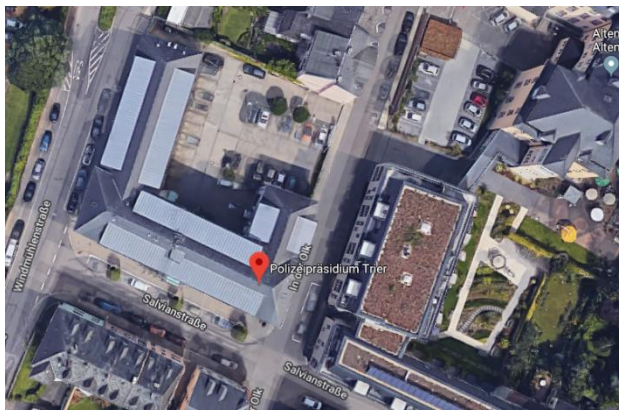
U junu 2017. godine u Montereu (Meksiko) izvedeni su po prvi put radovi na instalaciji primjenom metode usmjerenog bušenja svrdlom (eng. Guided auger boring). Projektom je zahtijevana izrada 915 mm čeličnog kućišta do razvodnog šahta koji se nalazio na južnoj strani piste međunarodnog aerodroma u Montereu. Pri tom je bilo neophodno obezbijediti nesmetan rad aerodroma koji je jedan od važnijih u Meksiku. Na projektu je bila angažovana najveća kompanija koja se bavi ovom vrstom posla u Meksiku InturICA (Ingenieria En Tuneles Y Redes S.A. DE C.V), a korišćena je oprema jednog od vodećih proizvođača na tlu Sjeverne Amerike (AKKERMAN – SAD). [5]



Slika 7.1. Gradilište u Montereu, alat i pripremni radovi (www.trenchlessinternational.com)

Treves, poznat još i kao Trier je drevni grad smješten na obali rijeke Moselle, 50 km jugozapadno od Luksemburga. Grad bogate historije danas je dom za više od 100 000 stanovnika. Inspekcijom jednog od najstarijih djelova kanalizacione mreže je ustanovljeno da postoji značajno oštećenje i curenje na dionici kanalizacione cijevi u dužini od 20 m. U cilju preciznije procjene oštećenja, sporna dionica cjevovoda je otkopana. Postojeća cijev DN300 bila je ugrađena djelimično u betonu i na dubini od 5.5 m i zatečena oštećenja su bila mnogo veća od pretpostavljenih. Usled tih oštećenja otpadne vode su se izlivala u okolno tlo. Kompanija koja je bila zadužena za radove na sanaciji je sagledavanjem kompletne situacije predložila da posao sanacije bude izveden primjenom bezrovovskih tehnologija. Za izvođenje je odabrana metoda dinamičkog pipe bursting-a. Kompanija koja je dobila posao je početkom maja 2017. godine otpočela sa radovima. Iskorišćena je istražna jama kao ulazna jama. Primjenjeni su oprema kompanije Tracto – Technik (Njemačka) i cijevi kompanije Schongen (Njemačka). Po završetku

svih pripremnih radova na osiguranju ulazne jame, montiranju opreme krenulo se sa razbijanjem stare cijevi i uvlačenjem nove plastične cijevi sa fuzionim spojem. Zamjena cjevovoda je s obzirom na malu dužinu trajala oko 4 sata s tim da je dionica od 8 m koja je bila uronjena u sloj betona predstavljala manji problem za razbijanje. Odabir ove metode je omogućio neometano funkcionisanje na površini, što ne bi bilo moguće uz izvođenje tradicionalnom metodom, naročito imajući u vidu dubinu na kojoj se cjevovod nalazi. Oprema za pipe bursting koja je bila neophodna za ovaj posao nije dimenzijama bila velika tako da je isključena i primjena većih transportnih sredstava. [6]



Formteilprogramm ARS 2.0



Slika 7.2. Pozicija gradilišta, izgled cijevi primjenjene za zamjenu – Trier Njemačka

(www.google.com/maps; www.schongen.de)

Na granici SAD i Kanade u mjestu Niagar Falls (na Nijagarinim vodopadima, država Njujork) osnovano je preduzeće Niagara Falls Water Board (NFWB) od strane države Njujork čija je glavna uloga obezbjeđivanje redovnog vodosnabdijevanja i upravljanje otpadnim vodama. Preko 20 000 potrošača (prodičnih kuća, poslovnih centara, hotela....) koristi usluge preduzeća. Tokom 2013. godine vršeno je ispitivanje kanalizacione mreže koja je stara gotovo 100 godina i zaključeno je da postoji veći broj ozbiljnih strukturnih oštećenja cjevovoda. Oštećenja su bila tolika da se u cjevovod u toku dana infiltriralo preko 10 miliona litara podzemne vode. Dio cjevovoda prečnika 1370 mm, u dužini od 670 m bio je predmet nekoliko pokušaja obnove i saniranja u prošlosti, a poslednji pokušaj je uključivao i promjenu rute čime se izbjegavala dionica koja je najviše bila oštećena. S obzirom na to da je kanalizacija bila prilično duboko, a takođe i veliko prisustvo ostalih instalacija na tom potezu u kombinaciji sa postrojenjem hemijske industrije u blizini, natjeralo je kompaniju (NFWB) za upravljanje ViK

instalacijom da pronađe rješenje koje će iskope svesti na minimum. Kao metod koji bi se koristio za sanaciju odabran je metod sliplining-a. Od cijevnog materijala mogao bi se primjeniti cjevovod sa fuziono zavarenim spojevima (PEHD, PVC) armirane fiberglas cijevi koje trpe veće obodne pritiske proizvođača HOBAS. Zbog potrebe guranja cjevovoda i neophodnosti da taj cjevovod izdrži veće sile otpora u obzir je došla upotreba cijevi sa zaptivkama. Prije početka radova izvršeno je detaljno čišćenje postojećeg cjevovoda i iskopan je šaht na sredini tako da se cijev uvlačila u dva pravca. Oko 80% dužine bilo je zamijenjeno u roku od 3 dana od početka uvlačenja nove cijevi. Trenje koje se javljalo prilikom uvlačenja cijevi bilo je u granicama uobičajenim na sličnim projektima gdje su se primjenjivali materijali proizvođača Hobas. Posao je uspješno priveden kraju uz očekivanje da novi cjevovod bude adekvatno rješenje za duži niz godina. [7]



Slika 7.3. Cjevovod kompanije HOBAS (www.hobas.com)

U Sjedinjenim Američkim Državama u mjestu Kewaunee kompanija Nu flow je imala zadatak čišćenja i sanacije cjevovoda koji prolazi ispod površine na kom se nalazi nuklearno postrojenje. Čitav posao je odrađen bez potrebe za većim kopanjem što je i bio jedan od glavnih zahtjeva klijenta. Ovaj posao je bio posebno kompleksan imajući u vidu da je cjevovod završavao u jezeru, što je zahtjevalo angažovanje i ronilaca koji su izvlačili kabl kojim je uvučena nova cijev unutar postojeće. Postojeća cijev je obnovljena i zatvorene su sve pukotine, a da ni u jednom trenutku nije dovedena u pitanje bezbjednost u elektrani, ili je bilo čim ugrožen njen rad. [8]

Takođe, kompanija Nu flow zajedno sa svojim saradnicima imala je uspješnu intervenciju u Južnoj Africi, u jednoj od vodećih fabrika automobila u Durbanu. Sporna dionica koju je bilo

potrebno sanirati je prečnika 160 mm, nalazila se na dubini od 5 m ispod površine na kojoj je sagrađen blok kancelarija. Dužina sporne dionice je 266 m. Problem je bio što je postojeći cjevovod imao oštećenja na pojedinim mjestima koja su dovodila u pitanje njegovu funkcionalnost, a neophodno je bilo pronaći način za sanaciju problema bez ugrožavanja proizvodnog pogona. Rješenje je bio proizvod Nu Drain koji je primjenom metode pull-in-place ubačen u postojeću cijev, koja je prethodno bila očišćena i obezbijeđen je njen puni profil. Čitav posao nije zahtijevao puno vremena, a cijev je dobila zahtijevanu čvrstoću, otpornost na lomove i klijent je bio lišen troškova zemljanih radova (dubine 5 m) i velikih troškova koje bi snosio zbog prekida proizvodnje. [9]



Slika 7.4. Gradilišta kompanije Nu Flow i partnera, Kewenue i Durban

(www.nuflowtech.com)

U glavnom gradu Poljske u Varšavi uspješno je izveden projekat ugradnje cjevovoda prečnika DN3000 primjenom metode mikrotuneliranja. Za period od nepune dvije godine ugrađeno je 7 nezavisnih dionica na dubinama od 6,5 m do 13 m. Odstupanja od projektovanih osa cjevovoda bila su +/- 40 mm (horizontalno), +/- 20 mm (vertikalno). Vođeno je računa i o smanjenju trenja prilikom uvlačenja betonske cijevi na minimum pa su u toku izvođenja ovog projekta postignuti i rekordi. Za 24 h ugrađeno je 15 komada cijevi što je oko 44,4 m imajući u vidu da je jedna cijev dužine 2,96 m. Uz to je i u periodu od 29 dana postignut rekord i u probijanju tunela jer je probijena sekcija od 604 m. Rezultat dobre pripreme gradilišta, organizacije i odabir iskusnog izvođača doveli su do toga da je kompletno probijanje dionice završeno za oko 11 mjeseci. [10]

U okviru projekta ublažavanja negativnih posledica usled polplava u Australiji vršena su brojna istraživanja koja su davala kao rezultat posledice jednog takvog događaja, a jedno je pokazalo da bi veća poplava pogodila oko 20 000 imanja, tako da su lokalne vlasti za cilj postavile umanjeње negativnih posledica za 30% do 2018. godine. Bilo je neophodno izraditi tunel koji prolazi ispod gusto naseljenog dijela grada, saobraćajnica, pruge. Trebalo je obratiti pažnju da prilikom izvođenja radova ne dođe do oštećenja postojećih instalacija, i ostale privatne i javne imovine. Takođe kod ovog projekta je cjevovod trebalo da prođe dosta plitko na dionici ispod autoputa što je bilo uslovljeno kotama priključaka okolnih kolektora. Projekat tunela je takođe bio izazovan, zbog dimenzija cjevovoda i zbog potrebnih krivina. Za probijanje je odabrana mašina koja je odgovarala lokalnim geološkim karakteristikama, glinovitom, pjeskovitom tlu, potencijalnom prisustvu visokog nivoa podzemne vode. Projekat je 2011. uspješno priveden kraju u roku i pokazao se kao veoma uspješan za područja gdje ima mnoštvo stambenih i poslovnih objekata. Dužina dionice koja je rađena je 1500 m, izvođena je metodom mikrotuneliranja. [10]



Slika 7.5. Mašine kompanije Mts perforator za metod mikrotuneliranja koje su korišćene na projektima u Poljskoj i Australiji (www.mts-p.de)

Kompanija Pfeiffer je u Štutgartu sanirala cijev prečnika 1500 mm kod koje su na spojevima postojala oštećenja koja su uslovljavala curenja. Istraživanje je pokazalo da su gumice koje obezbijeduju zaptivanje oštećene, dok je sama struktura cijevi ostala nepromijenjena. S obzirom

na to da se radi o glavnom cjevovodu bilo je neophodno sanacijom obezbijediti produžetak vijeka cjevovoda, a sve to u što kraćem roku. Unutar postojećih oštećenih prednapregnutih betonskih cijevi uvučena je PE cijev koja je prethodno pripremljena i spojena fuzionim varenjem. Uvučena cijev je manjeg prečnika od postojeće cijevi. Metoda korišćena za ovaj posao je metoda Subline (uvlačenje nove u postojeću cijev). [11]

Na prostorima Balkanskog poluostrva bezrovovske metode su uglavnom još uvijek novost, mada je kompanija Ludwig Pfeiffer izvela uspješno radove na nekoliko projekata u Srbiji, BiH, Bugarskoj i Rumuniji. Izdvajaju se projekti u Mostaru gdje je primjenom metode microtunneling-a izgrađen kolektor prečnika DN1400-DN2000. Projekat je podijeljen u 3 dionice, od kojih će dvije biti izvedene metodom mikrotuneliranja (muljni sistem ispiranja), dok će jedna dionica biti izvedena tradicionalnom metodom. Ukupna dužina tunela koji će biti izrađen metodom mikrotuneliranja iznosi 468 m, a poslednja dionica koja se izvodi metodom otvorenog iskopa je dužine 36 m. Maksimalna dubina polaganja cijevi je oko 9 m. Kao kućište korišćene su betonske cijevi. [12], [13]

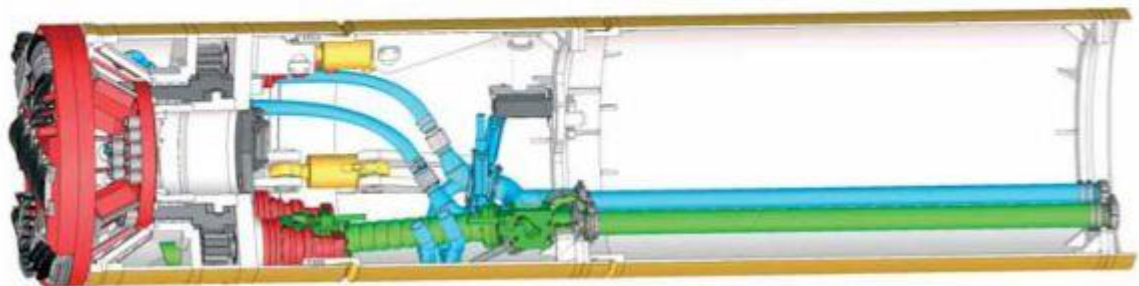


Slika 7.6 Betonske cijevi COPREM S.r.l. Italija (www.coprem.it)



Slika 7.7. Spuštanje opreme u radnu jamu (Dvojni primarni kanalizacijski kolektori u centralnom dijelu grada Mostara – tender 3 tuneli i obrnuti sifoni – Ludwig Pfeifer)

AVN 1200 TC – AVN 1800 TC Pipe Jacking



Slika 7.8. Šematski prikaz mašine za bušenje (Dvojni primarni kanalizacijski kolektori u centralnom dijelu grada mostara – tender 3 tuneli i obrnuti sifoni – Ludwig Pfeifer)

8. Bezrovovska tehnologija u Crnoj Gori

U projektima ugradnje cjevovoda, rekonstrukcije i sanacije postojećih instalacija u našoj zemlji u dosadašnjih praksi nije zabilježena značajnija primjena bezrovovskih metoda u realizaciji nekog projekta. Takođe, u Crnoj Gori ne postoji izvođač koji posjeduje opremu neophodnu za primjenu bezrovovske tehnologije. Projekat u kom se pominje bezrovovska metoda mikrotuneliranja je Idejni projekat izmještanja postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda u Podgorici.

Idejnim projektom izmještanja PPOV razmatra se primjena bezrovovske metode na jednoj dionici kanala koja prolazi ispod naselja Dahna.

Glavni grad već duže vrijeme planira izmještanje postojećeg postrojenja za tretman otpadnih voda koje se nalazi na desnoj obali Morače u naselju 1. Maj s obzirom na to da je projektovani kapacitet tog postrojenja davno dostignut, a da se trend gradnje i porasta broja stanovnika nastavlja, kao i da je projekat neophodan radi povećanja kvaliteta života građana Podgorice.

Idejnim projektom je predviđeno da se ovo postrojenje izmjesti sa postojeće lokacije na novu lokaciju u zoni KAP-a, putem Botun Podgorica. Projektom je predviđeno da se kanal 12 prečnika cijevi Ø1200 izvede u potezu od pješačkog mosta (koji bi bio izgrađen na mjestu prelaska cijevi sa mjesta postojećeg postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda do lijeve obale i naselja Titeks) do lokacije novog postrojenja. [16]

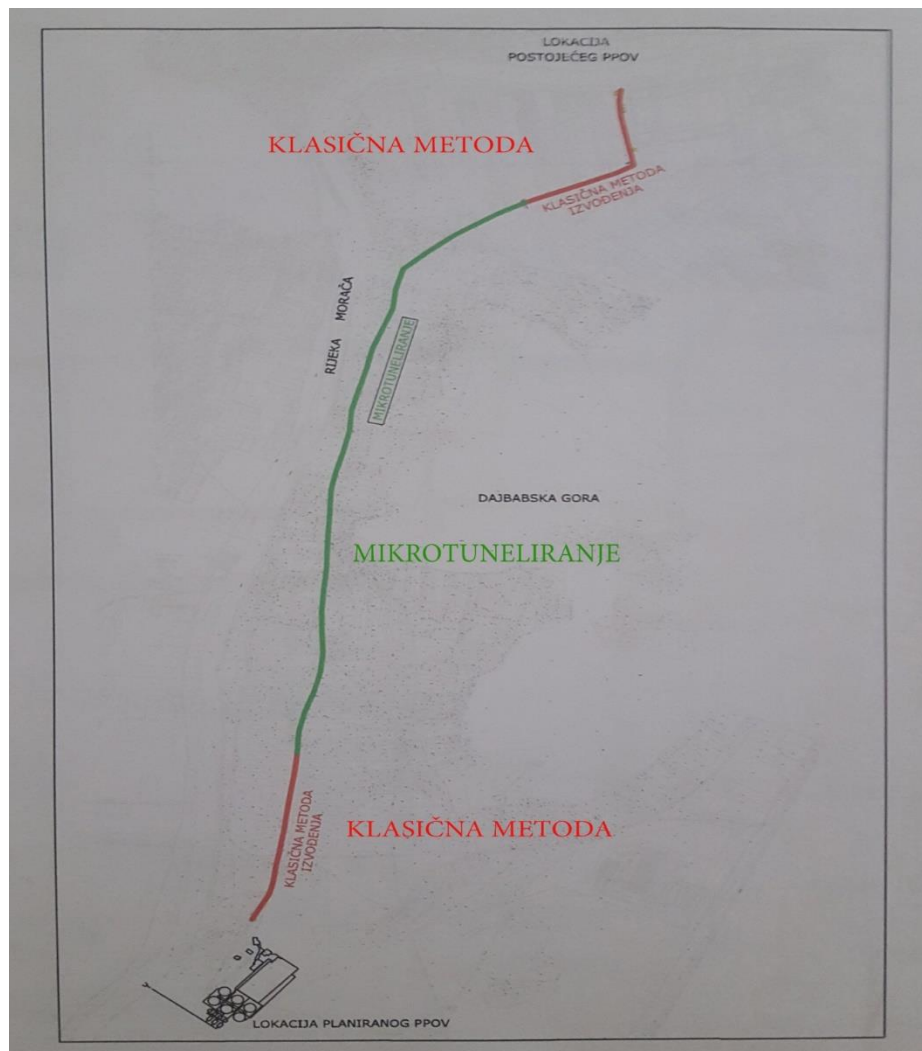


Slika 8.3. Snimak lokacije postojećeg PPOV u Podgorici (www.google.com/maps)



Slika 8.4. PPOV u Podgorici (foto: Vodovod i kanalizacija D.O.O. Podgorica –
www.vikpg.me)

Projektom je planirano da novi cjevovod prečnika 1200 mm bude u padu 2‰. Dužina cjevovoda iznosi 4,5 km. Planirano je da taj kolektor bude odrađen kroz pet krakova, od kojih bi Krak 1 i Krak 5, ukupne dužine 1,6 km, bili izvedeni primjenom klasične metode sa otvorenim iskopom, dok bi Krak 2, Krak 3 i Krak 4, ukupne dužine 2,9 km bili izvedeni metodom mikrotuneliranja. Na sljedećem snimku se može vidjeti trasa kanala 12.



Slika 8.5. Trasa kolektora 12 (Idjeni projekat kolektora fekalne kanalizacije duž lijeve obale Morače – kanal 12 Vodovod i kanalizacija D.O.O. Podgorica)

Na kolektoru je predviđena izrada revizionih okana na svakih 100 m i ukupno će ih biti 49. Okna će biti pravougaonog poprečnog presjeka dubine od 7,27 m do 8,30 m i izводиće se od

betona livenog na licu mjesta. Na kracima 1 i 5 je predviđeno da bude ukupno 18 okana, dok bi ostalih 31 bili na kracima 2, 3 i 4.

S obzirom na to da dio kanala 12 prolazi ispod privatnih imanja, stambenih objekata, kao jeftinije rješenje ispostavila se upotreba bezrovovske metode mikrotuneliranja čime bi se izbjegla visoka cijena eksproprijacije i rizik od oštećenja privatnih objekata, a ujedno bi se i postigao cilj da se najkraćom trasom izvrši prenos otpadne vode sa lokacije starog na lokaciju novog PPOV. Na sledećem snimku se vidi naselje ispod kog bi prošao cjevovod kolektora 12.

[16]



Slika 8.6. Snimak naselja Dahna (www.google.com/maps)

Takođe u Podgorici na lokaciji kod Katoličke crkve izveden je kolektor atmosfere kanalizacije u dužini od oko 115 m primjenom metode mikrotuneliranja. Na ovaj način je omogućeno neometano odvijanje saobraćaja u jednoj od prometnijih ulica u Podgorici.

Jedan od većih poduhvata u oblasti vodovodne infrastrukture na području Crne Gore je svakako izgradnja cjevovoda i postrojenja regionalnog vodovoda za snabdijevanje primorja. Jedna dionica cjevovoda trebala je proći ispod korita rijeke Morače na njenom ušću u Skadarko jezero. Provučen je polietilenski cjevovod i takođe je primijenjena metoda mikrotuneliranja koja je podrazumjevala iskope na dvjema obalama rijeke. Rezultati oba projekta su brzina izvođenja i kvalitet izvedenih radova.



Slika 8.7a. Kolektor atmosfere kanalizacije na Starom aerodromu (metoda: Mikrotuneliranje);

Slika 8.7b. Vodovodna cijev, Regionalni vodovod – glavni cjevovod (metoda: Mikrotuneliranje)

9. Kriterijumi koje je neophodno razmotriti pri odabiru metoda izvođenja radova

Budući da skoro svi građevinski projekti infrastrukture zahtijevaju velika ulaganja, veoma je važno odraditi analizu na osnovu koje se dobijaju novčana sredstva neophodna za realizaciju nekog projekta. Neophodno je dobiti što je moguće bolji odnos cijene i kvaliteta. Postoji više kriterijuma koje je neophodno sagledati u okviru analize troškova nekog projekta, a naročito su bitni ukoliko se radi o ozbiljnijem zahvatu na mreži infrastrukture. Najčešći projekti vezani za infrastrukturu tiču se zamjene dotrajalih instalacija pa je zbog toga potrebno najveću pažnju posvetiti upravo toj kategoriji. U projektima koji se odnose na zamjenu instalacija ispod neke od gradskih ulica, poslom imamo pogođene 4 grupe: građevinska operativa, komunalne službe, građane i NVO sektor. Ukoliko bi postavili pitanje koja je stvarna cijena koštanja nekog projekta različitim stranama čiji se interesi susrijeću na nekom projektu dobili bi vjerovatno različite odgovore. Inženjeri troškove radova na nekom projektu uglavnom posmatraju kao: troškove izvođača, troškove kontrole saobraćaja, troškove oštećenja prema 3. licu. Pod troškovima izvođača podrazumijeva se cijena angažovanja radne snage, mehanizacije i svih ljudsko-tehničkih kapaciteta neophodnih za obavljanje određenog posla, troškovi regulacije saobraćaja zavise od veličine uzurpirane saobraćajnice, protoka saobraćaja i drugih faktora i na kraju pokrivanja štete 3. licima prouzrokovane radovima na projektu. Komunalne službe cijenu koštanja radova uglavnom gledaju kroz smanjenje vijeka trajanja saobraćajnice naročito one koja ne bi bila vraćena u prvobitno stanje, oštećenja javnih i privatnih svojina usled nedovoljnog obraćanja pažnje na prisustvo druge infrastrukture, povećanje broja nezgoda prouzrokovanih gužvama usled neadekvatne signalizacije u toku radova. Građani pak cijenu posmatraju kroz povećanje gužvi u saobraćaju, duže vrijeme provedeno u putu, smanjenje profita ukoliko se njihova poslovnica nalazi unutar zone gradilišta, povećanja kvarova i šteta na vozilima i neprijatnu atmosferu na ulici. Nevladin sektor, a naročito borci za zaštitu životne sredine, pod cijenom projekta podrazumijevaju zagađenja vazduha, zagađenja bukom, uzurpiranje prirodnih površina (drvoreda, travnjaka) i dodatno korišćenje prirodnih resursa. Zbog mnoštva kriterijuma koje različite grupe uzimaju u obzir pri analizici cijene nekog projekta neophodno je dobro razmotriti sve kriterijume kako ništa od navedenog ne bi bilo izostavljeno.

Najčešće razmatrani kriterijumi su:

1. Tehnički kriterijumi;
2. Ekonomski kriterijumi;
3. Ekološki i socijalni kriterijumi.

Pod tehničkim kriterijumima pri odabiru metode kojom se završava neki posao mogu se uračunati svi kriterijumi koji se tiču izbora alata, adekvatnih materijala, sagledavanje same lokacije zbog organizovanja gradilišta i dinamike, prostora da li postoje neka lokalna ograničenja koja utiču na odabir metoda. Potrebno je obratiti pažnju i na dostupnost materijala koji su već prepoznati kao dovoljno kvalitetni i koji se već duže koriste u sličnim projektima. Kvalitet projektne dokumentacije takođe je bitan faktor koji bitno utiče na čitav projekat. Takođe veoma važna je i dostupna radna snaga koja je kvalifikovana za upravljanje određenim operacijama, mašinama itd.

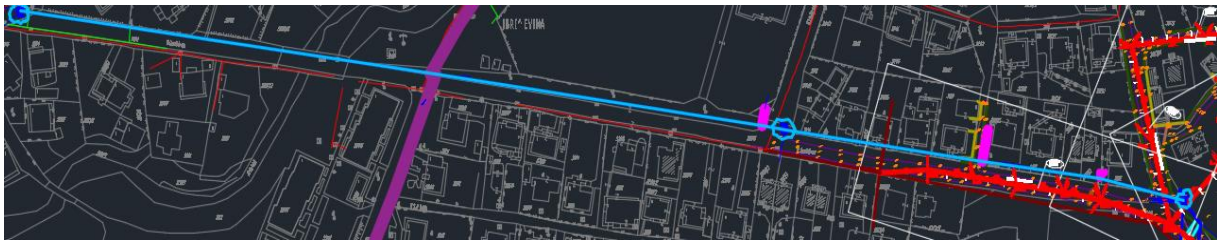
Što se ekonomskih kriterijuma tiče oni se prožimaju kroz sve sfere jednog projekta i jednako su važni kao i ostali kriterijumi. S obzirom na to da sve faze projekta od planiranja do realizacije koštaju, pravilno sagledavanje troškova i upoređivanje jako je bitno da bi se odabrala najbolja metoda za izvođenje radova. Ne treba posebno isticati i to da su budžeti opština i komunalnih preduzeća koja su vlasnici infrastrukture i zaduženi su za njihovo održavanje često ograničeni, pa je samim tim veoma važno analizu cijena odraditi najpreciznije. Naravno, ovdje treba voditi računa da se ispoštuje kvalitet i da se zbog uštede ne ugrozi sam kvalitet krajnjeg proizvoda.

Što se ekološko socijalnih kriterijuma tiče oni se uglavnom odnose na uticaj procesa na životnu sredinu, kvalitet života građana što takođe predstavlja bitnu karakteristiku prilikom procesa odabira adekvatne metode.

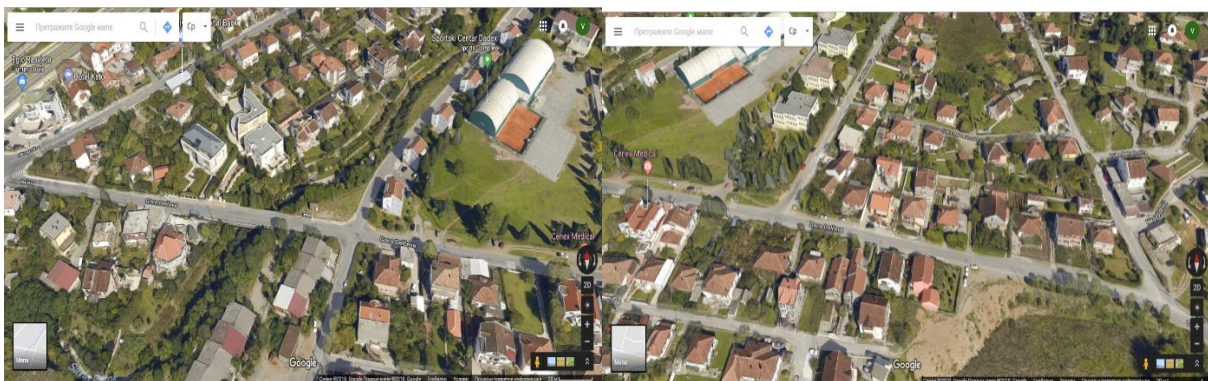
10. Analiza zamjene trase tradicionalnom metodom i bezrovovskom metodom -primjer

10.1. Zamjena vodovodne cijevi u Ulici Goce Delčeva u Podgorici

Za potrebe uporedne analize koštanja primjene tradicionalne ili bezrovovske metode sanacije cjevovoda uzeto je naselje Ibričevina u Podgorici. Glavna azbestcementna vodovodna cijev prečnika 250 mm sa koje se ovaj dio grada snabdijeva vodom prolazi ulicom Goce Delčeva, koja predstavlja najvažniju ulicu u naselju. Primjer je interesantan i iz razloga što je na njemu moguće sagledati i aspekt društvenih troškova s obzirom na to da se iz ulice Goce Delčeva prilazi i osnovnoj školi koju pored djece iz naselja pohađa i velik broj đaka iz okolnih naselja. Osim toga dio cjevovoda prolazi ispod dvorišta privatnih kuća. Prosječna dubina rova u kom je položena stara cijev je 2,5 m. Na dionici se nalaze 3 vodovodna šahta.



slika. 10.1. Dionica cjevovoda vodovodne mreže u ulici Goce Delčeva – Podgorica -(DUP “Ibričevina” i “Masline 2” u Podgorice – situacija vodovod)



slika. 10.2. Snimak lokacije u ulici Goce Delčeva (www.google.com/maps)

Projekat zamjene starog azbestcementnog cjevovoda u ulici Goce Delčeva u Podgorici zahtijevao bi izvođenje radova koje možemo podijeliti na:

- Pripremne radove;
- Zemljane radove;
- Betonske radove,
- Monterske radove;
- Asfalteske radove.

U sklopu pripremnih radova neophodno je izvršiti mobilizaciju ljudstva i opreme neophodne za izvođenje radova, izvršiti obilježavanje gradilišta, ograđivanje magacinskog prostora i postavljanje neophodne infrastrukture za neometan rad gradilišta. Takođe, u pripremne radove spadaju i obilježavanje trase za zamjenu i geodetsko snimanje trase. Po završetku pripremnih radova uslijedili bi zemljani radovi koji podrazumjevaju iskop u zemljištu 3. kategorije, planiranje dna rova, nasipanje i nabijanje pješčane posteljice ispod cjevovoda, zasipanje i zatrpavanje novog cjevovoda u slojevima uz nabijanje materijala, utovar i odvoz viška materijala iz iskopa. U fazi zemljanih radova bilo bi neophodno obezbjediti prostor za odlaganje materijala iz iskopa, kao i za privremeno skladištenje materijala za formiranje posteljice cjevovoda, kao i zatrpavanje cijevi. Faza betonskih radova obuhvata betoniranje donjih i gornjih ploča šahtova, kao i zidova 3 vodovodna šahta (za račvanje cjevovoda i smještanje armatura) koji bi bili na dionici koja se mijenja. Monterski radovi podrazumjevaju radove na montaži novog PEHD cjevovoda prečnika DN250 odgovarajućeg nazivnog pritiska kao i sav prateći spojni fitting, ugradnju livenogvođenih fazonskih komada (ventila, regulatora pritiska, hvatača nečistoća, lukova, ff komada...), poklopaca na vodomjernim šahtovima, ispiranje novog cjevovoda i testiranje novoizgrađene mreže. Faza asfaltnih radova podrazumijeva radove na rasijecanju asfalta u širini rova, razbijanje i uklanjanje asfalta kao i izradu novog asfalta po završenim radovima i puštanju mreže u rad. Rekapitulacija sa cijenom koštanja radova bi izgledala:

PRIPREMNI RADOVI:	621,60€
ZEMLJANI RADOVI:	32.075,85€
BETONSKI RADOVI:	3.467,00€

MONTERSKI RADOVI:	52.458,26€
ASFALTERSKI RADOVI:	20.731,25€
UKUPNO:	109.353,96€
PDV – 21%:	22.964,33€
UKUPNO SA PDV-om	132.318,29€

Za izvođenje ovih radova bilo bi neophodno zatvoriti za saobraćaj ulicu Goce Delčeva na potezu od šahti C121 do C457 u toku trajanja radova, a vozila usmjeravati alternativnim pravicima. Ponuda za izvođenje radova tradicionalnom metodom dobijena je od lokalnih građevinskih firmi (Bemax, ETG grupa). Cijeli posao bi zahtijevao angažovanje jednog bagera Liebherr R 924 T, 3 kamiona kiper Mercedes-Benz Actros, ručnog vibro valjka i male vibro ploča za pripremu rova, mašinu za asfaltiranje, kompaktor (u fazi završnih asfaltnih radova). Radna snaga neophodna za izvođenje radova: Operativni inženjer, tehničar, rukovalac građevinskim mašinama, tri vozača kamiona, tri fizička radnika, magacioner, čuvar, tesar, armirač, dva montera vodovodnih cijevi, dva pomoćna radnika. Cijena angažovanja radne snage i mehanizacije dio je predmjera i predračuna. Kompletan posao uz angažovanje gore pomenute opreme i ljudstva bio bi gotov za 50 radnih dana u slučaju povoljnih meteoroloških prilika. U cijenu radova nisu ušli troškovi koji bi bili posledica iskopa na trasi. U dijelu ulice koja se proteže od osnovne škole prema čvoru 457 cjevovod prolazi pored puta i iskop bi zahtijevao rušenje ograda privatnih objekata koji se nalaze uz ulicu, kao i uzurpiranje manjeg voćnjaka u dvorištu jednog objekta, što bi iziskivalo dodatne troškove koji nisu ušli u gore pomenute troškove. Osim ovih troškova javili bi se i troškovi na sanaciji ulične rasvjete i elektro i telekomunikacione mreže na koju su povezani objekti u ovoj ulici. Procjena je da bi dodatni troškovi bili u rasponu između 10% i 20% od ukupne cijene radova (11.000,00 € - 22.000,00 €). Navedena cijena ne bi uzela u obzir izradu bajpasa koji bi omogućio neometano snabdijevanje električnom energijom domaćinstava u toku izvođenja radova.

Kao alternativa tradicionalnoj metodi na ovom projektu bi mogla biti korištena metoda pipe-burstinga (uvlačenja cijevi u već postojeću azbest cementnu cijev). U sklopu troškova koji su obuhvaćeni cijenom uračunata je nabavka materijala, iznajmljivanje mehanizacije od lokalnih podizvođača, troškove radova na instalaciji novog cjevovoda kao i ugradnja privremenog

bajpasa koji bi omogućio neprekidnost vodosnabdijevanja potrošača koji su povezani na cjevovod za vrijeme izvođenja radova. Cijenu izvođenja radova bezrovovskom metodom Pipe bursting-a dostavila je kompanija „Ludwig Pfeiffer“ (predstavništvo u Beogradu). Takođe, ponuda je data u skladu sa organizacionim mogućnostima kompanije ponuđača koja ne posjeduje mehanizaciju na teritoriji Crne Gore, te bi u slučaju postojanja više sličnih projekata na teritoriji Crne Gore ova cijena u prosjeku bila niža između 5% i 10%, a u slučaju dužih dionica i još povoljnija. U nastavku će biti ukratko opisani radovi koje je neophodno izvršiti. Potrebno je izvršiti pripremne radove koji podrazumijevaju snimanje postojećeg cjevovoda za zamjenu, mobilizaciju opreme i ljudstva, privremenu regulaciju saobraćaja koja ne obuhvata potpunu obustavu što znači da bi ulica bila prohodna uz korišćenje jedne trake za naizmjenično saobraćanje. Zemljani radovi bi bili znatno manji u odnosu na tradicionalnu metodu i obuhvatali bi iskope na mjestima ulaska/ izlaska mašine što bi u konkretnom slučaju bilo na mjestima budućih šahtova za smještaj armatura. Betonski radovi bi bili jednako obimni kao i u slučaju tradicionalne metode što znači da bi obuhvatali dopremu i ugradnju betona u gornjim i donjim pločama i zidovima šahtova. Monterski radovi i radovi na uvlačenju cjevovoda obuhvataju radove na montaži cjevovoda od PEHD-a, livenogvozdene fazonerije u šahtama, poklopaca na šahtama kao i probu mreže i ispiranje mreže. Metodom pipe-burstinga bi se izbjegli radovi na izradi pješčane posteljice, jer bi nova cijev koristila dodatno staru odbačenu cijev koja štiti i dodatnu stabilnost. Ovu metodu odlikuje i to da su asfaltni radovi znatno manjeg obima (samo na mjestima šahtova), a ponuđač je u sklopu svoje cijene uračunao i trošak izrade bajpasa koji bi omogućio neprekidnost vodosnabdijevanja naselja. Cijena izvođenja radova iznosila bi 118.000,00 eura bez PDV-a, odnosno 142.780,00 eura sa uračunatim PDV-om. Ova cijena obuhvata sve gore pomenute radove, angažovanje mehanizacije i ljudstva neophodnih za čitav proces. Prema procjeni inženjera kompanije Pfeiffer čitav posao bi bio gotov za oko 30 dana, što ušteda u odnosu na tradicionalnu metodu minimum 20 dana. Finansijska analiza pokazuje da je cijena u slučaju primjene bezrovovske metode uvlačenja nove cijevi veća za nešto manje od 9000 eura, odnosno nešto manje od 7000 eura ukoliko bi se izuzeli radovi na izradi bajpasa (što nije bio dio ponude kompanija koje bi izvršile zamjenu primjenom tradicionalne metode sa otvorenim iskopom).

Što se tiče društvenih troškova treba imati u vidu i to da u slučaju primjene standardne metode za vrijeme izvođenja radova bilo neophodno zatvoriti ulicu Goce Delčeva. To bi imalo za posledicu otežan pristup Osnovnoj školi „Marko Miljanov“, zatim otežan pristup privatnim objektima. Neophodno bi bilo da se obezbjedi prostor za privremeno parkiranje vozila stanovnika koji bi bili „odsječeni“ u toku izvođenja radova. Nivo zagađenja vazduha bio bi veći u slučaju primjene tradicionalne metode, takođe i nivo buke bi bio veći što bi dodatno pogoršalo uslove života lokalnom stanovništvu. Kod primjene bezrovovske metode svodi se na minimum i mogućnost povreda na radu. Takođe bi se kao prednost u slučaju primjene bezrovovske metode moglo navesti i to da ne postoji mogućnost povrede susjednih instalacija i imovine. Bezrovovska metoda ne zahtjeva dodatne radove na vraćanju u prvobitno stanje okolnog terena što bi se javilo kao dodatni trošak u slučaju izvođenja radova tradicionalnom metodom.

10.2. Primjena metoda težinskih koeficijenata u izboru metoda izvođenja radova

Posao izbora adekvatne metode za izvođenje radova je kompleksan i jako važan posao i stoga postoji čitav niz metoda koji analizom više aspekata daje odgovor koja je to metoda najpovoljnija ako se šire sagleda kompletna slika. Neke od metoda koje nalaze primjenu u postupcima određivanja su: Promethee, Elektra, Vikor, AHP, Decision Lab.

Metoda koja se u praksi pokazuje kao dovoljno precizna u izboru metoda, postupaka i koja je dovoljno pristupačna inženjerima je „Metoda težinskih koeficijenata“.

Na početku analize biće definisane grupe karakteristika prema kojima će se vršiti vrjednovanje pojedinih metoda. Za ovaj primjer će takođe biti uzeta pomenuta dionica u ulici Goce Delčeva. Uporediće se tradicionalna metoda zamjene postojećeg cjevovoda, bezrovovska metoda pipebursting-a (usmjereno bušenje) za zamjenu postojećeg cjevovoda i metoda sanacije cjevovoda CIPP (lokalna sanacija, engl. cured-in-place). Postoje barem tri grupe karakteristika koje se mogu smatrati relevantnim za pomoć pri odabiru adekvatne metode. U obzir će se uzeti sve dobre i loše strane pojedinih metoda, mišljenja struke, kao i dosadašnja iskustva iz prakse. Potrebno je analizirati niz kriterijuma koje možemo podjeliti u sledeće grupe kriterijuma:

- PRISTUPAČNOST TEHNOLOGIJE
- CIJENA

- DRUŠTVENI EFEKTI

U sklopu pristupačnosti tehnologije biće uzeti u obzir kriterijumi kao što su: dostupnost mehanizacije i alata, dostupnost materijala, održavanje opreme, radna snaga, priključci objekata, pouzdanost/kvalitet izvedenih radova.

Grupa „cijene“ obuhvata kriterijume: cijena radova koja je obrađena za dvije tehnologije u okviru poglavlja 10.1, dok će za tehniku CIPP ocjene biti određene na osnovu iskustava inženjera iz regiona i inženjera koji u svojoj praksi imaju iskustava sa oba načina izvođenja radova, troškovi eksproprijacije, nadoknade štete ka 3. licima.

Društveni efekti obuhvataju između ostalog: zagađenje životne sredine, uzurpaciju javne površine, saobraćajne gužve.

Postoji i više kriterijuma, ali za potrebu ove analize dovoljna je gornja podjela koja obuhvata veliki broj pojedinih karakteristika čijom analizom će se doći do krajnjeg rezultata.

Prvo će se pristupiti definisanju težinskih faktora pojedinih kriterijuma u okviru grupa kriterijuma.

Tabela 10.1 Usvojene vrijednosti težinskih faktora za kriterijume grupe 1 „Pristupačnost tehnologije“

Kriterijum	Oznaka težinskog faktora	Vrijednost težinskog faktora
Dostupnost mehanizacije	W_{11}	5
Dostupnost materijala	W_{12}	4
Održavanje opreme	W_{13}	5
Radna snaga	W_{14}	5
Pouzdanost/kvalitet	W_{15}	5
Priključci objekata	W_{16}	3

Tabela 10.2 Usvojene vrijednosti težinskih faktora za kriterijume grupe 2 „Cijena“

Kriterijum	Oznaka težinskog faktora	Vrijednost težinskog faktora
Cijena radova	W_{21}	5
Eksproprijacija	W_{22}	4
Šteta ka 3. licima	W_{23}	3

Tabela 10.3 Usvojene vrijednosti težinskih faktora za kriterijume grupe 3 „Društveni efekti“

Kriterijum	Oznaka težinskog faktora	Vrijednost težinskog faktora
Zagađenje životne sredine	W_{31}	4
Saobraćajne gužve	W_{32}	3
Uzurpacija javne površine	W_{33}	3

U narednim tabelama su prikazane ocjene vrijednosti kriterijuma iz svih grupa.

Tabela 10.4 Ocjena vrijednosti kriterijuma, kriterijumske grupe 1

Ocjena	Kriterijum (oznaka kriterijuma)					
	Dostupnost mehanizacije (R11)	Dostupnost materijala (R12)	Dužina trajanja radova (R13)	Radna snaga (R14)	Pouzadnost, kvalitet R(15)	Priključci objekta (R16)
5	Široko rasprostranjena	Domaći dobavljač	Kratko	Nekvalifikovana Dostupna	Odličan	Jednostavni
4	Lako dostupna	Lako dostupan	Relativno kratko	Polukvalifikovana Dostupna	Vrlo dobar	Lako izvodljivi
3	Dostupna	Dostupna na upit – rok do 7 dana	Umjerno	Kvalifikovana dostupna	Dobar	Izvodljivi, neophodna druga metoda
2	Eksterni saradnici	Dostupna na upit – rok do 15 dana	Dugo	Visokokvalifikovana teže dostupna	Zadovoljavajuć	Teže izvodljivi, neophodna druga metoda
1	Nedostupna	Dostupna na upit – rok više od 30 dana	Veoma dugo	Visokokvalifikovana Radna snaga iz inostranstva	Ne zadovoljava	Komplikovan, neophodna druga metoda

Tabela 10.5 Ocjena vrijednosti kriterijuma, kriterijumske grupe 2

Ocjena	Kriterijum (oznaka kriterijuma)		
	Cijena radova (R21)	Eksproprijacija (R22)	Šteta 3. licima (R23)
5	Vrlo Jeftini	Zanemarljivi troškovi	Ne očekuje se
4	Jeftini	Niski troškovi	Minimalna mogućnost
3	Pristupačni	Umjereni troškovi	Moguća, zanemarljiva
2	Visoka	Visoki troškovi	Moguća, niži troškovi
1	Veoma visoka	Visoki troškovi, sporovi	Moguća veća oštećenja

Tabela 10.6 Ocjena vrijednosti kriterijuma, kriterijumske grupe 3

Ocjena	Kriterijum (oznaka kriterijuma)		
	Zagađenje životne sredine (R31)	Saobraćajne gužve (R32)	Uzurpacija javnih površina (R33)
5	Ekološka metoda	Bez gužvi	Zanemarljiva uzurpacija korisne površine
4	Zanemarljivo	Uobičajene, lokalni poremećaj	Kratkotrajno uzurpiranje manje površine
3	Prisutno, nizak stepen	Umjerene gužve, bez zatvaranja	Uzurpiranje javne površine
2	Pristuno, viši stepen	Otežano kretanje, naizmjenično	Uzurpiranje j.p. sa mogućim narušavanjem
1	Veliki zagađivač	Velike gužve, prekid saobraćaja	Uzurpiranje j.p. sa očekivanim narušavanjem

Nakon što su definisane numeričke vrijednosti kriterijuma i težinski koeficijenti može se izvršiti vrjednovanje primjene neke od metoda prema postupku koji slijedi.

Definisanje numeričkih vrijednosti za kriterijume i kriterijumske grupe dati su u tabeli br. 10.7

Tabela 10.7 Ocjena vrijednosti kriterijuma, kriterijumske grupe 1 „Pristupačnost metode“

	TRADICIONALNA METODA	PIPEJACKING METODA	CIPP METODA
Dostupnost mekhanizacije (R11)	5	4*	2
Dostupnost materijala (R12)	5	5	5
Dužina trajanja radova (R13)	3	5	4
Radna snaga (R14)	3	3	2
Pouzadnost, kvalitet R(15)	5	5	5
Priključci objekta (R16)	5	4	4

Ocjene su formirane na osnovu iskustava domaćih inženjera sa terena koji su upoznati sa načinima rada, prednostima i nedostacima posmatranih metoda. U obzir treba uzeti da je za ovu analizu uzeta situacija da bi u konkretnom projektu s obzirom na dužinu i obim radova bilo moguće angažovati izvođača iz regiona koji posjeduje adekvatnu opremu i kvalifikovanu radnu snagu za izvođenje radova bezrovovskom metodom „pipe-bursting“. U okviru ove grupe i karakteristike vezane za izradu bočnih priključaka nije prevelika razlika među metodama jer je riječ o magistralnom vodu sa malim brojem priključaka. U tabeli 10.8 date su ocjene vrijednosti kriterijuma, kriterijumske grupe 2.

Tabela 10.8 Ocjene vrijednosti kriterijuma kriterijumske grupe 2. „Cijena“

	TRADICIONALNA METODA	PIPEJACKING METODA	CIPP METODA
Cijena (R21)	3	4	4
Eksproprijacija (R22)	3	5	5
Šteta 3. licima (R23)	2*	4	4

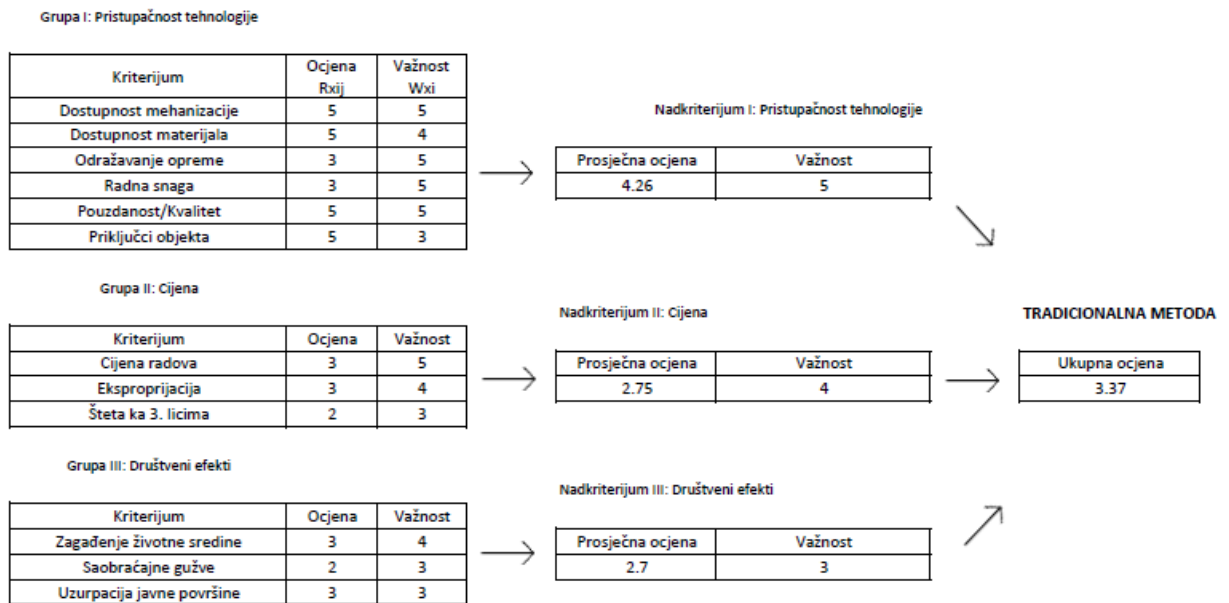
Projekti infrastrukture, a naročito prepravke infrastrukture u gušće naseljenim mjestima u našoj državi gotovo po pravilu podrazumjevaju kolizije raznih instalacija, koje nisu uredno vođene u starim katastrima, kao i to da instalacije najčešće nisu adekvatno obilježene trakama. U praksi je zabilježen i veliki broj energetskih kablova koji nisu provedeni kroz zaštitne cijevi. Stoga se u razmatranje kriterijuma „šteta 3. licima“ niža vrijednost daje tradicionalnoj metodi gdje i pored velike pažnje često dolazi do oštećenja elektro kablova pri radovima na mreži ViK i obratno.

U poslednjoj tabeli date su vrijednosti kriterijuma iz grupe 3 koja se odnosi na društvene efekte.

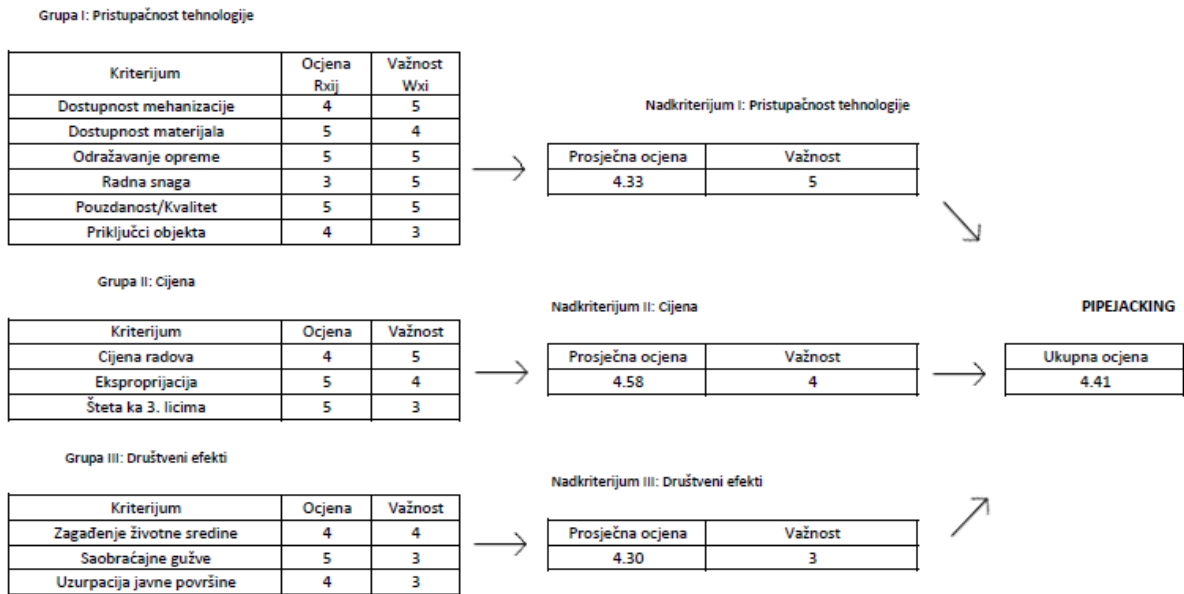
Tabela 10.9 Ocjena vrijednosti kriterijuma grupe 3. „Društveni efekti“

	TRADICIONALNA METODA	PIPEJACKING METODA	CIPP METODA
Zagađenje životne sredine (R31)	3	4	4
Saobraćajne gužve (R32)	2	5	5
Uzurpacija javnih površina (R33)	3	4	4

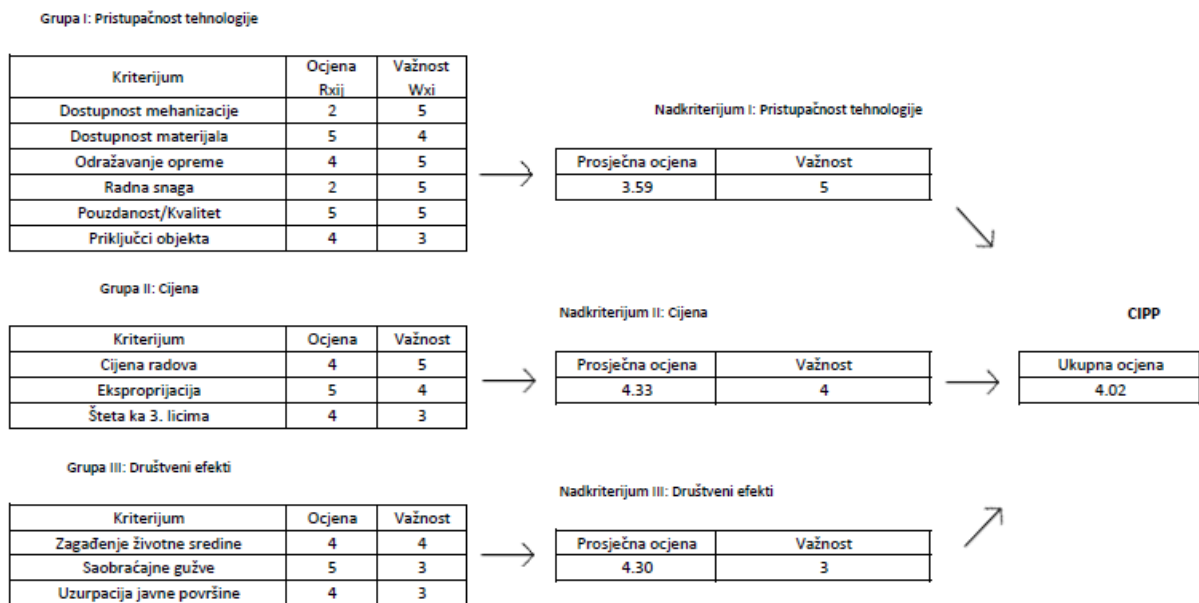
Nakon sprovedenog postupka određivanje težinskih koeficijenata i ocjenjivanja pojedinih kriterijuma u okviru kriterijumskih grupa izvršene je vrjednovanje primjene određenih metoda u projektu zamjene cjevovoda na trasi u podgoričkom naselju Ibričevina. Rezultati su dati na sledećim slikama.



Slika 10.3 Vrijednovanje primjene tradicionalne metode

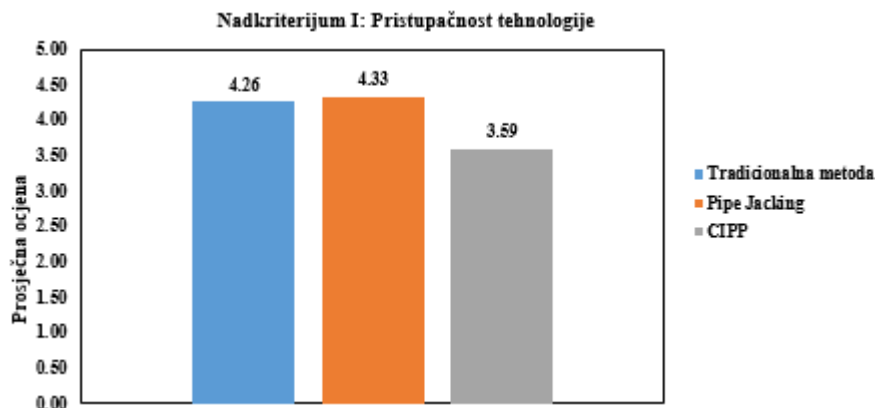


Slika 10.4 Vrijednovanje primjene bezrovovske metode „pipejacking“

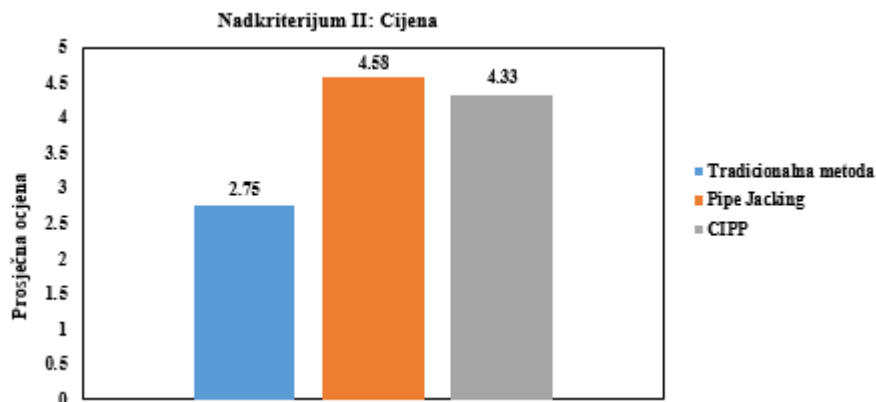


Slika 10.5 Vrijednovanje primjene bezrovovske metode „CIPP“

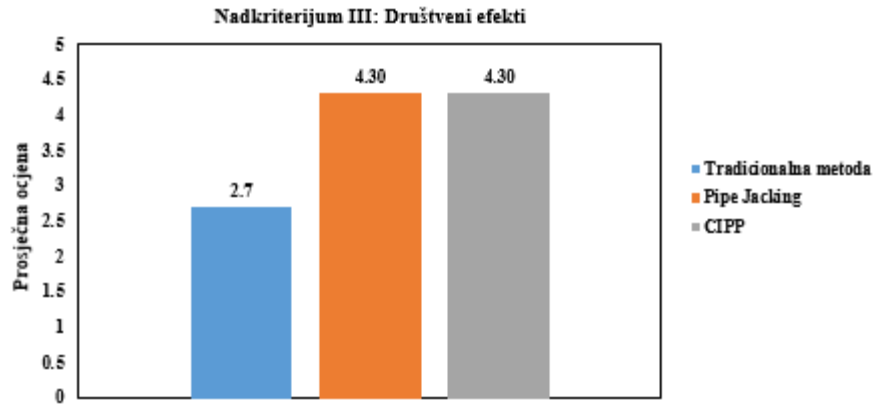
Na grafikonima koji slijede prikazani su rezultati analiza dobijeni postupkom višekriterijumske analize. Dati su rezultati posebno po kategorijama i na kraju ukupna ocjena pojedinih metoda. Analiza u ovom slučaju pokazuje da uzimajući u obzir više kriterijuma bezrovovska metoda „pipe-bursting“ bila najopravdanija za primjenu u konkretnom poslu. Naravno ova analiza ne može biti pokazatelj u nekoj drugoj situaciji, ali postupak sigurno može biti primjenjen u procesu donošenja odluke.



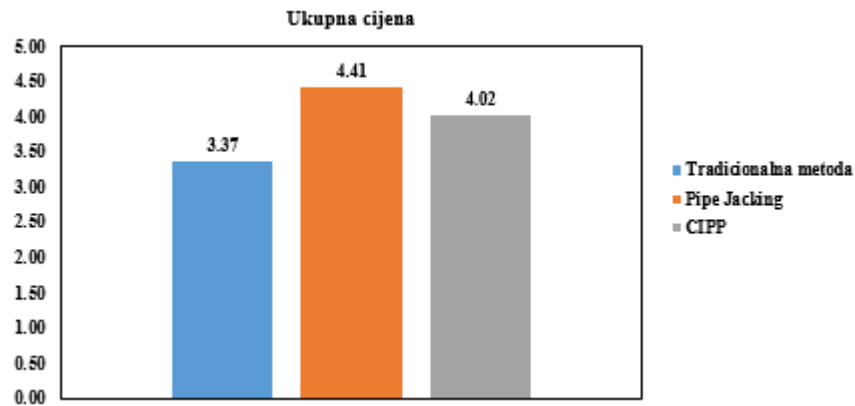
Slika 10.6 Ocjena pristupačnosti razmatranih tehnologija



Slika 10.7 Ocjena razmatranih tehnologija prema nadkriterijumu cijene



Slika 10.8 Ocjena razmatranih tehnologija prema nadkriterijumu društvenih troškova



Slika 10.9 Ukupna ocjena opravdanosti primjene metoda

Rezultati koji su dobijeni metodom težinskih koeficijenata pokazuje opravdanost primjene metoda u postupku odabira metode. Podjela na 3 nadkriterijuma pokazala se ispravnom iz razloga što obradom više podataka na kraju dolazimo do realnije ocjene pojedinog metoda. U okviru kriterijuma „Pristupačnost tehnologije“ vidimo malu razliku između tradicionalne metode i metode Pipe bursting-a (utiskivanje cijevi) koja se može objasniti time da u ovom trenutku u Crnoj Gori nije dovoljno posvećeno pažnje alternativnim metodama, kao ni sagledavanju drugih benefita koje određena metoda posjeduje u odnosu na „suprotstavljenu“ metodu. Grupa kriterijuma 2 „cijena“ kao rezultat ističe prednost modernije bezrovovske metode kroz sagledavanje ukupnih troškova koji direktno i indirektno utiču na čitav posao. Posljednja grupa kriterijuma koja se u zapadnim zemljama odavno izjednačava po važnosti sa ostalim grupama je grupa kriterijuma „Društveni efekti“. Takođe ovo je jedna, ali ne manje

važna grupa u odnosu na prve dvije i daje prednost metodi „pipe-bursting“ u odnosu na tradicionalnu metodu. Uzimajući u obzir rezultate iz sve tri grupe dobili smo konačan rezultat koji u ovom slučaju prednost daje bezrovovskoj metodi. Važno je napomenuti da je neophodno svaki posao razmatrati posebno kao i gore pobrojane kriterijume ili čak više kriterijuma ukoliko bi za to postojala potreba kako bi se opredijelili za adekvatno i kvalitetno rješenje koje ne mora po pravilu biti na strani bezrovovske tehnologije.

11. Zaključak

Izgradnja novih cjevovoda, sanacija i zamjena starih cjevovoda aktualna su pitanja u svim gradovima svijeta imajući u vidu konstantno širenje gradova što će pratiti i zahtjevi za povećanjem kapaciteta infrastrukture. Takođe, vijek trajanja cjevovoda usloviće da nakon određenog vremena moramo izvršiti zamjenu ili lokalnu sanaciju cjevovoda.

Iako je u svijetu bezrovnovska tehnologija prisutna duži niz godina i već bilježi zapažene rezultate i stalna usavršavanja postojećih metoda, nažalost u Crnoj Gori nije naišla na prihvatanje i uglavnom je za sada prisutno samo pominjanje tih tehnologija u idejnim projektima ili su iste primjenjene na manjim djelovima projekata.

Brojne prednosti bezrovnovskih metoda navedene u prethodnim poglavljima svakako su preporuka za veću zastupljenost istih u svakodnevnim poslovima vezanim za radove na infrastrukturi vodovoda i kanalizacije. S druge strane bezrovnovske tehnologije uglavnom koriste skupu opremu pa bi bilo potrebno izvršiti detaljnije analize prije donošenja odluke kojom metodom će biti završen neki posao. Istraživanja su pokazala da bezrovnovske metode nisu u svim slučajevima bolje rješenje, ali da bi svakako još od faze projektovanja nekog cjevovoda bilo neophodno uzeti u obzir i neku od bezrovnovskih tehnologija.

Kroz poglavlje analize troškova tradicionalne i bezrovnovske metode dat je odnos cijena, a kroz nastavak poglavlja i primjenu metode težinskih kofeicijenata razmatran je širok spektar kriterijuma koji su dali konačnu odluku o izboru metode. Zasad, prednosti bezrovnovskih metoda su preciznost, manje zagađenje, mogućnost primjene u gusto naseljenim mjestima, mogućnost primjene ispod saobraćajnica, manje remećenje svakodnevnih aktivnosti ljudi, dok bi se tradicionalna metoda mogla smatrati povoljnijom u slučaju gusto razgranate mreže sa velikim brojem priključaka. Već sada bi se moglo reći da je lokalno saniranje cjevovoda isplativije izvoditi primjenom bezrovnovskih metoda sanacije i da bi duže cjevovode bilo isplativo sanirati ili mijenjati primjenom neke od bezrovnovskih metoda.

Bilo bi veoma značajno da se inženjeri specijalizovani za radove na infrastrukturi bolje upoznaju sa svim zasad prisutnim metodama, kao i njihovim mogućnostima, prednostima i manama kako bi na budućim projektima bilo moguće izvršiti adekvatne analize troškova prije donošenja konačnih odluka.

12. Literatura

- [1] Robović Milan, Izbor cijevnog materijala u projektima vodovoda i kanalizacije, Magistarski rad, Podgorica, maj 2013.
- [2] Trenchless technology solutions for professional training sessions, Mr. Robert Zlokovitz, Professor Ilan Juran, The Urban Utility Center, August 2015
- [3] <http://www.casopis-gradjevinar.hr/>
- [4] <http://www.istt.com/>
- [5] <https://www.trenchlessinternational.com/magazines/fall-2017/>- Boring under the radar
- [6] <https://www.trenchlessinternational.com/magazines/fall-2017/>- New technology in ancient ground
- [7] <https://www.trenchlessinternational.com/magazines/fall-2017/>- Sliplining a solution
- [8] <http://www.inflowtech.com> - Nuclear reactor Kewenue
- [9] <http://www.inflowtech.com> - Automotive plant Durban South Africa
- [10] <http://www.mts-p.de>
- [11] Subline rehabilitation of a trunkwatermain – Stuttgart – February 2016 Ludwig Pfeifer
- [12] <http://www.pfeifer.co.rs>
- [13] Dvojni primarni kanalizacijski kolektori u centralnom dijelu grada Mostara, Metodologija mikrotuneliranja, Ludwig pfeifer 2017.godina
- [14] An introduction to pipe jacking and microtunneling – Pipe Jacking Association, January 2017
- [15] Pinter & Associates Ltd, Trenchless Technologies and work practises review for Saskatchewan municipalities, 2013.

[16] Idejni projekat kolektora fekalne kanalizacije duž lijeve obale Morače – Vodovod i kanalizacija d.o.o. novemabr 2013

[17] Komunalna infrastruktura prof.dr. Munir Jahić 2007.

[18] <https://projects.ncsu.edu/nrli/decision-making/MCDA.php>

[19] <https://www.investopedia.com/terms/w/weightedaverage.as>

[20] Mainak, M P and Arohi, K M., (2015), „Trenchless technology“, Civil Engineering Systems and Sustanaible Innovations pp. 156-163.

[21] Steven R Kramer, William J McDonald, James C Thomson u svojoj knjizi „Upoznvanje sa bezrovovskim metodama“ (2012).

Izjava o autorstvu

Potpisan Vojin Todorović

Broj indeksa/upisa 9/14

Izjavljujem

da je magistarski rad pod naslovom

Mogućnost primjene bezrovovskih tehnologija za izgradnju zamjenu i sanaciju cjevovoda
vodovoda i kanalizacije

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da rad ni u cjelini ni u djelovima nije bio predložen za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih ustanova visokog obrazovanja,
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam povrijedio autorska i druga prava intelektualne svojine koja pripadaju trećim licima.

U Podgorici, 30.03.2020. god.

Potpis magistranda



Izjava o istovjetnosti štampane i elektronske verzije magistarskog rada

Ime i prezime autora	Vojin Todorović
Broj indeksa/upisa	9/14
Naslov rada	Mogućnost primjene bezrovovskih tehnologija za izgradnju zamjenu i sanaciju cjevovoda vodovoda i kanalizacije
Mentor	Prof. dr Goran Sekulić dipl.inž.građ
Potpisan	Vojin Todorović

Izjavljujem da je štampana verzija mog magistarskog rada istovjetna elektronskoj verziji koju sam predao za objavljivanje u Digitalni arhiv Univerziteta Crne Gore.

Istovremeno izjavljujem da dozvoljavam objavljivanje mojih ličnih podataka u vezi sa dobijanjem naziva magistra, kao što su ime i prezime, godina i mjesto rođenja, naziv i datum odbrane magistarskog rada.

U Podgorici, 30.03.2020. god.

Potpis magistranda

