

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Mlaker, A., 2016. Izvedba različnih sistemov odvodnje s horizontalno vodenim vrtanjem (HDD). Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Panjan, J., somentor Krzyk, M.): 86 str.

Datum arhiviranja: 06-07-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Mlaker, A., 2016. Izvedba različnih sistemov odvodnje s horizontalno vodenim vrtanjem (HDD). B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Panjan, J., co-supervisor Krzyk, M.): 86 pp.

Archiving Date: 06-07-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM VODARSTVO IN
KOMUNALNO INŽENIRSTVO**

Kandidat:

ALEŠ MLAKER

**IZVEDBA RAZLIČNIH SISTEMOV ODVODNJE S
HORIZONTALNO VODENIM VRTANJEM (HDD)**

Diplomska naloga št.: 284/VKI

**THE WORK PERFORMANCE OF DIFFERENT
DRAINAGE SEWERAGE SYSTEMS WITH
HORIZONTAL DIRECTIONAL DRILLING (HDD)**

Graduation thesis No.: 284/VKI

Mentor:

izr. prof. dr. Jože Panjan

Somentor:

asist. dr. Mario Krzyk

Ljubljana, 23. 06. 2016

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA

Spodaj podpisani/-a študent/-ka ALEŠ MLAKER, vpisna številka 26104777, avtor/-ica
pisnega zaključnega dela študija z naslovom: IZVEDBA RAZLIČNIH SISTEMOV ODVODNJE S
HORIZONTALNO VODENIM VRTANJEM (HDD)

IZJAVLJAM

1. Obkrožite eno od variant a) ali b)

a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;

b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

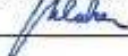
6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: LJUBLJANA

Datum: 3. 6. 2016

Podpis študenta/-ke:



BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	628.2(043.2)
Avtor:	Aleš Mlaker
Mentor:	izr. prof. dr. Jože Panjan
Somentor:	asist. dr. Mario Krzyk
Naslov:	Izvedba različnih sistemov odvodnje s horizontalno vodenim vrtnjem (HDD)
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	86 str., 8 pregl., 51 sl.
Ključne besede:	kanalizacijski sistemi, gravitacijski kanalizacijski sistem, vakuumski kanalizacijski sistem, tlačni kanalizacijski sistem, horizontalno vodeno vrtnje (HDD), klasična tehnologija, izkopi

Izveček:

V diplomskem delu je predstavljena tehnologija podvrtavanja, imenovana horizontalno vodeno vrtnje – HDD, ki se na slovenskem področju čedalje bolj uporablja za izvedbo vrtin kot alternativa klasičnim gradnjam s prekopi, ki so tudi predstavljene v nadaljevanju. HDD tehnologijo predstavimo na treh različnih projektih, s katero smo izvedli tri različne kanalizacijske sisteme: gravitacijski, tlačni in vakuumski. Pri omenjenih kanalizacijskih sistemih odvodnje tudi predstavimo osnovne značilnosti in njihov način delovanja.

Pri izvedbi kanalizacijskih sistemov odvodnje s HDD tehnologijo se soočamo z različnimi pogoji, ki jim moramo zadostiti, da je mogoča izvedba. Glavne predpostavke za izvedbo HDD vrtine so dopustni radij vrtnja, ki je odvisen od premera vrtine, geološka sestava tal, vrsta vgrajene cevi, zadostna velikost območja za postavitve vrtalne opreme, minimalna globina vrtine in obstoječa infrastruktura. V zadnjem delu smo primerjali vse tri kanalizacijske sisteme na več področjih, katere bistveno vplivajo na izbiro sistema. Primerjali smo področja kot je premer vgrajenega cevovoda, nivo podtalnice, vodotesnost, minimalni padci, strošek investicije in obratovanja ter zahtevnost izvedbe. Prav tako smo na podlagi izvedbe na projektih naredil stroškovno primerjavo med klasično gradnjo in HDD tehnologijo. Prišli smo do ugotovitev, na podlagi katerih se lahko odločimo za bolj optimalno in primerno izvedbo posameznega kanalizacijskega sistema.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC:	628.2(043.2)
Author:	Aleš Mlaker
Supervisor:	Assoc. Prof. Jože Panjan, Ph.D.
Cosupervisor:	Assist. Prof. Mario Krzyk, Ph.D.
Title:	The work performance of different drainage sewerage systems with Horizontal Directional Drilling (HDD)
Documenttype:	GraduationThesis – Universitystudies
Scopeandtools:	86 p., 8 tab., 51 fig.
Keywords:	sewerage systems, gravity sewerage system, vacuum sewerage system, pressure sewerage system, horizontal directional drilling (HDD)

Abstract:

In this diploma paper the subdrilling technology called Horizontal Directional Drilling – HDD is presented. In the Slovenian region it is increasingly used for carrying out boreholes as an alternative to classical constructions with tunnelling which are also presented in continuation. HDD technology is presented on three different projects which were carried out for three different sewerage systems: gravity, pressure and vacuum. With the mentioned sewerage systems of drainage also basic features and their operating principles are described.

When carrying out drainage sewerage system by using HDD technology different conditions have to be fulfilled to carry it out. The main assumptions for a HDD borehole are an acceptable drilling radius depending on the borehole diameter, the geological soil formation, the types of built-in pipes, an adequate area size for setting up the drilling equipment, a minimum borehole depth and the existing infrastructure. In the final part all three sewerage systems were compared in several sections which essentially influence the choice of the system. Sections, such as the diameter of the built-in pipeline, the level of the groundwater, water tightness, minimum falls, investment and operation costs as well as the complexity of the work performance were compared. Furthermore, a comparison of costs between classical construction and HDD technology was prepared based on the work performances on the projects. So findings were established which help to choose the more optimal and adequate work performance for each particular sewerage system.

ZAHVALA

Za pomoč in strokovne nasvete, pri izdelavi diplomske naloge, se zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Jožetu Panjanu ter somentorju asist. dr. Mario Krzyku.

Zahvaljujem se podjetju Vilkograd d.o.o., za pridobljene podatke in nasvete.

Posebna zahvala gre staršem, ki sta mi omogočila študij ter Tanji, za motivacijo pri izdelavi diplomske naloge.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE	I
IZJAVA	II
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	II
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION	IV
ZAHVALA	V
KAZALO VSEBINE	VI
KAZALO PREGLEDNIC	IX
KAZALO SLIK	X
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XII
1 UVOD	1
1.1 Namen diplomske naloge	1
2 PREDSTAVITEV TEHNOLOGIJE HDD – HORIZONTALNO VODENO VRTANJE	2
2.1 Osnovne značilnosti tehnologije HDD.....	3
2.2 Opis tehnologije vrtanja	3
2.2.1 Izdelava pilotne vrtine.....	3
2.2.2 Razširjanje vrtine.....	5
2.2.3 Postopek uvelike cevi.....	5
2.3 Metoda z radijskim vodenjem	5
2.3.1 Opis postopka	5
2.3.2 Različni načini sledenja z radijskim vodenjem	6
2.3 Ključni pojmi pri izvedbi vrtine po tehnologiji HDD	9
2.3.1 Vrtalni stroji.....	9
2.3.2 Radij ukrivljenosti	12
2.3.3 Vrtalna tekočina	13
2.4 Zaključna faza izvedbe vrtine in uporabljeni materiali	18
2.5 Prednosti izvedbe podvrtavanj za različne aplikacije po tehnologiji HDD	18
3 OPIS KLASIČNE TEHNOLOGIJE Z IZKOPI	19
3.1 Pričetek gradnje	19
3.2 Izkop jarka	19
3.3 Polaganje cevi	20
3.4 Zasipavanje jarkov	21
3.5 Izbira materiala.....	22

3.6 Preizkus tesnosti cevovoda in jaškov	22
3.7 Vzdrževanje kanalizacije	22
4 VRSTE KANALIZACIJSKIH SISTEMOV GLEDE NA NAČIN ODVODNJE	24
4.1 Gravitacijski kanalizacijski sistem	24
4.1.1 Kanalizacijski sistemi	24
4.1.2 Zasnova in izbira kanalizacijskega sistema	26
4.1.4 Objekti na kanalizacijskih sistemih	27
4.1.5 Vzdrževanje	29
4.2 Tlačni kanalizacijski sistem	29
4.2.1 Osnovne značilnosti tlačne odvodnje	30
4.2.2 Delovanje tlačne kanalizacije	30
4.2.3 Opis sestavnih delov tlačne kanalizacije	33
4.3 Podtlačni ali vakuumski kanalizacijski sistem	35
4.3.1 Zgodovina vakuumске kanalizacije	36
4.3.2 Delovanje vakuumskega sistema	37
4.3.3 Opis sestavnih komponent vakuumskega sistema	38
4.3.4 Načrtovanje vakuumске kanalizacije	43
5 PREDSTAVITEV NAČRTOVANJA PROJEKTA S HDD TEHNOLOGIJO	44
5.1 Topografija	44
5.1.1 Načrt gradbišča	44
5.1.2 Prečni prerez	44
5.1.3 Globine potokov in rek	44
5.2 Geologija	45
5.2.1 Klasifikacija in vrednotenje obstoječih dokumentov	45
5.2.2 Vrtine	46
5.2.3 Geofizikalne preiskave	46
5.2.4 Geotehnično poročilo	47
5.3 Obstoječa infrastruktura	48
5.3.1 Obstoječi kabli, cevi, kanali	48
5.3.2 Temelji in infrastruktura	48
5.4 Dovoljenja	48
5.5 Načrtovanje vrtine	49

5.5.1 Vstopni in izstopni kot.....	49
5.5.2 Najmanjši dopustni radij (zunaj, tik pred vstopno točko)	49
5.5.3 Nadkritje.....	50
5.5.4 Načrti.....	50
5.5.5 Priprava izračuni	52
5.6 Varnost.....	52
5.7 Izvedba HDD projekta	53
5.8 Odobritev.....	53
5.8.1 Odobritve pred uvleko cevovoda	53
5.9 Dokumentacija.....	54
6 PREDSTAVITEV IN PRIMERJAVA IZVEDBE KANALIZACIJSKIH SISTEMOV S TEHNOLOGIJO HDD IN KLASIČNO GRADNJO Z IZKOPI.....	55
6.1 Gravitacijski kanalizacijski sistem na projektu v Vipavi	55
6.1.1 Geološki podatki o lokaciji.....	56
6.1.2 Izvedba s klasično tehnologijo	57
6.1.3 Izvedba gravitacijskega sistema s HDD tehnologijo	58
6.2 Tlačni kanalizacijski sistem na projektu v Litiji.....	62
6.2.1 Geološki podatki in raziskave	64
6.2.2 Izvedba s klasično tehnologijo	65
6.2.3 Izvedba tlačnega sistema s HDD tehnologijo.....	67
6.3 Vakuumski kanalizacijski sistem na projektu v Borovnici	71
6.3.1 Geološki podatki in raziskave	71
6.3.2 Izvedba s klasično tehnologijo	72
6.3.3 Izvedba vakuumskega sistema s HDD tehnologijo.....	74
7 EKONOMSKA PRIMERJAVA MED KLASIČNO TEHNOLOGIJO IN HDD TEHNOLOGIJO IN PRIMERJAVA MED RAZLIČNIMI KANALIZACIJSKIMI SISTEMI	78
7.1 Primerjava med različnimi kanalizacijskimi sistemi	78
7.2 Ekonomska primerjava med klasično tehnologijo in HDD tehnologijo	79
8 ZAKLJUČEK	82
9 LITERATURA.....	84
SEZNAM PRILOG

KAZALO PREGLEDNIC

PREGLEDNICA 1: PRIMERJAVA MED RAZLIČNIMI SISTEMI SLEDENJA (WWW.DIGITAL-CONTROL.COM, PRIDOBLJENO 28.04.2016)	7
PREGLEDNICA 2: RAZVRSTITEV STROJEV ZA HORIZONTALNO VRTANJE (PRIDOBLJENO: NAJAFI, 2013, STR.182)	9
PREGLEDNICA 3: KONSTANTA ZNAČILNOSTI TAL (PRIDOBLJENO: NAJAFI, 2013, STR.155)....	13
PREGLEDNICA 4: LEGENDA H GEOLOŠKI KARTI (WWW.KALCEDON.GEO – ZS.SI, PRIDOBLJENO 06.05.2016)	57
PREGLEDNICA 5: LEGENDA H GEOLOŠKI KARTI (WWW.KALCEDON.GEO – ZS.SI, PRIDOBLJENO 08.05.2016)	65
PREGLEDNICA 6: LEGENDA K GEOLOŠKI KARTI (WWW.KALCEDON.GEO – ZS.SI, PRIDOBLJENO 08.05.2016)	72
PREGLEDNICA 7: PRIMERJAVA MED POSAMEZNIMI KANALIZACIJSKIMI SISTEMI	78
PREGLEDNICA 8: STROŠKOVNA ANALIZA IZVEDBE TREH KANALIZACIJSKIH SISTEMOM	80

KAZALO SLIK

Slika 1: Posamezne faze izvedbe vrtine po tehnologiji hdd (http://www.flowtexegypt.com , 05.05.2016)	2
Slika 2: Izdelava pilotne vrtine (www.vilkograd.com , pridobljeno 12.04.2016)	4
Slika 3: Sledenje vrtalni glavi z radijskim vodenjem (www.vilkograd.com , pridobljeno 28.04.2016)	6
Slika 4: Prikaz sprejemnika signala (www.vilkograd.com , pridobljeno 28.04.2016)	8
Slika 5: Midi vrtalna garnitura (lasten arhiv)	10
Slika 6: Maxi vrtalna garnitura (www.prime-drilling.de , pridobljeno 29.04.2016)	11
Slika 7: Mega vrtalna garnitura (www.prime-drilling.de , pridobljeno 29.04.2016)	11
Slika 8: Vrtalni dodatki (www.amcmud.com , pridobljeno 28.04.2016)	15
Slika 9: Mešalna enota (www.amcmud.com , pridobljeno 28.04.2016)	16
Slika 10: Mešalna enota (www.amcmud.com , pridobljeno 28.04.2016)	17
Slika 11: Prikaz razpiranja jarka (lasten arhiv)	20
Slika 12: Prikaz izvedbe jarka (http://www.di.gov.si , pridobljeno 10.05.2016)	20
Slika 13: Polaganje cevi na podlago s poglobitvijo (http://www.di.gov.si , pridobljeno 10.05.2016)	21
Slika 14: Utrjevanje plasti v jarku ročno in z vibracijsko ploščo	21
Slika 15: TV kamera za pregled kanalizacije (lasten arhiv)	23
Slika 16: Mešan kanalizacijski sistem (slokan, 2008)	25
Slika 17: Ločen kanalizacijski sistem (slokan, 2008)	26
Slika 18: Delovanje tlačnega sistema, (http://www.loxahatcheeriver.org/low_pressure_sewer_systems.php , pridobljeno 21.05.2016)	31
Slika 19: Tipični step sistem (http://www.process-controls.com/burlington_pump/barnes_pressure_sewer_systems.htm , pridobljeno 20.5.2016)	32
Slika 20: Tipični gp sistem (http://tgrankin.com/content/view , pridobljeno 20.05.2016)	33
Slika 21: Prikaz nadzorne plošče črpalke (http://www.crrwd.com/step.html , pridobljeno 20.05.2016)	34
Slika 22: Prvo vakuumsko omrežje v Amsterdamu (petrešin, 2008)	36
Slika 23: Shema delovanja vakuumskega kanalizacijskega sistema (https://www.vo-ka.si , pridobljeno 18.5.2016)	38
Slika 24: Shema vakuumskega hišnega priključnega jaška tipa roevac (maleiner, 2009)	39
Slika 25: Vakuumski batni ventil (http://www.gerpinis.gr , pridobljeno 20.05.2016)	40
Slika 26: Izvedba žagastega profila (maleiner, 2009)	41

Slika 27: Prikaz vakuumskega kotla s pripadajočimi črpalkami (http://www.airvac.com 16.05.2016)	42
Slika 28: Izsek iz geološke karte (www.kalcedon.geo-zs.si , pridobljeno 02.05.2016)	45
Slika 29: Načrt postavitve vrtalne garniture na vhodni strani vrtine (www.vilkograd.com , pridobljeno 10.5.2016)	51
Slika 30: Načrt postavitve vrtalne garniture na izhodni strani vrtine z uvelko cevi (www.vilkograd.com , pridobljeno 10.5.2016)	51
Slika 31: Prikaz uvelke cevovoda, kjer leži na terenu (www.vilkograd.com , pridobljeno 12.05.2016)	52
Slika 32: Prikaz uvelke cevovoda, kjer leži na valjčkih (www.vilkograd.com , pridobljeno 12.05.2016)	52
Slika 33: Gradbena jama v slapah pri Gipavi (lasten arhiv)	56
Slika 34: Izsek iz geološke karte obravnavanega območja - list Gorica (www.kalcedon.geo-zs.si , pridobljeno 06.05.2016)	56
Slika 35: Cesta, pod katero je predviden cevovod v slapah (lasten arhiv)	58
Slika 36: Črpanje bentonitnih odplak (lasten arhiv)	60
Slika 37: Vrtalna glava za trši teren, imenovana ang. Trikon bore head (lasten arhiv)	61
Slika 38: Nameščanje razširjevalca na vrtalne palice (lasten arhiv)	61
Slika 39: Montaža cevi s pomočjo dvigala (lasten arhiv)	62
Slika 40: Prikaz območja urejanja odvodnje s prikazano etapnostjo (iei d.o.o, kanalizacijski sistem v občini Litija – 3. etapa, pgd)	63
Slika 41: Izsek iz geološke karte z označenim obravnavanim območjem – list Ljubljana (www.kalcedon.geo-zs.si , pridobljeno 08.05.2016)	64
Slika 42: Primer prekopa večje reke, Savinje (lasten arhiv)	67
Slika 43: Operater na čolnu pri prečkanju reke Save (lasten arhiv)	68
Slika 44: Prečkanje reke save v Litiji – pogled čez reko (lasten arhiv)	69
Slika 45: Prečkanje reke save v Litiji – vrtalna garnitura (lasten arhiv)	70
Slika 46: Prikaz sočelnega varjenja pehd cevi (lasten arhiv)	70
Slika 47: Izsek iz geološke karte obravnavanega območja – list Postojna (www.kalcedon.geo-zs.si , pridobljeno 08.05.2016)	72
Slika 48: Primer polaganja žagastega profila pri vakuumski kanalizaciji (lasten arhiv)	73
Slika 49: Območje, kjer je predvideno podvrtavanje s hdd tehnologijo (lasten arhiv)	75
Slika 50: Prikaz vrtalnega stroja med izvedbo pilotne vrtine (lasten arhiv)	76
Slika 51: Prikaz priklopa pehd cevi na razširjevalec (lasten arhiv)	77

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ČN Čistilna naprava

KS Kanalizacijski sistem

HDD Horizontal Direction Drilling

PEHD High Density Polietilen - Polietilen visoke gostote

1 UVOD

Izgradnja komunalnih in drugih vrst cevovodov se lahko izvaja z različnimi načini gradnje. Najpogostejša je klasična gradnja z izkopi, vendar pa so danes območja, kjer imamo predvideno gradnjo novih cevovodov, zasedena z že obstoječimi komunalnimi infrastrukturami. Prav tako moramo pri izgradnji cevovodov prečkati obstoječe prometne infrastrukture, vodotoke in zavarovana območja kulturne dediščine. Da lahko lažje prečkamo in izvedemo izgradnjo cevovodov, se je v Sloveniji uveljavila tehnika podvrtavanja, ki jo imenujemo horizontalno usmerjeno vrtnje z radijskim vodenjem, krajše HDD.

Metodo HDD lahko na slovenskem tržišču zasledimo od leta 2000 naprej. Podjetje, ki je prvo v Sloveniji vpeljalo to metodo gradnje cevovoda, se imenuje Vilkograd. S pomočjo tehnologije HDD je mogoče izdelati vzdolžne vrtine z omejenimi horizontalnimi in vertikalnimi zaokrožitvami projektirane osi vrtine. Prav tako je z omenjeno tehnologijo mogoča montaža ene ali več cevi hkrati v vrtino.

Pri načrtovanju odvodnjavanja komunalnih vod uporabljamo različne možne načine: gravitacijski, tlačni in vakuumski kanalizacijski sistem. Na podlagi najbolj pomembnih kriterijev, kot so: relief terena, vodovarstveno območje, nivo podtalnice, nosilnost tal ter ekonomske analize, izberemo pravilen kanalizacijski sistem. Pri izvedbi kanalizacijskega sistema lahko poleg klasične gradnje izberemo tehnologijo podvrtavanja, predvsem pri izvedbi kompleksnih detajlov in prečkanj različnih infrastruktur.

1.1 Namen diplomske naloge

Namen diplomske naloge je, da se na podlagi analize izvedenih projektov, kjer se je izvajalo podvrtavanje, predstavi metodo usmerjenega vrtnja z radijskim vodenjem — HDD in kako se vpeljuje v projekte na slovenskem trgu.

Na koncu bomo na podlagi stroškovne analize med izvedbo klasične gradnje in izvedbe tehnologije usmerjenega vrtnja z radijskim vodenjem in terminskim planom posamezne izvedbe, naredil medsebojno primerjavo. Ta primerjava je temeljni pogoj za pravilno izbiro tehnologije izvedbe.

Najpomembnejši faktorji pri izvajanju različnih cevovodov so: cena projekta, vpliv gradnje na okolico, možnost izvedbe, obstoječa infrastruktura in čas izvedbe. Da lahko zagotovimo vsem tem različnim faktorjem, moramo narediti analizo obstoječega stanja in se s tem izognemo kasnejšim neprijetnostim, ki vplivajo na potek gradnje. V dobrem sodelovanju s projektanti in z izvajalci tehnologije podvrtavanja se je v praksi izkazalo, da se lahko projektira veliko rešitev zahtevnih detajlov in okoljskih omejitev pri izvedbi cevovodov s tehnologijo usmerjenega vrtnja z radijskim vodenjem.

2 PREDSTAVITEV TEHNOLOGIJE HDD – HORIZONTALNO VODENO VRTANJE

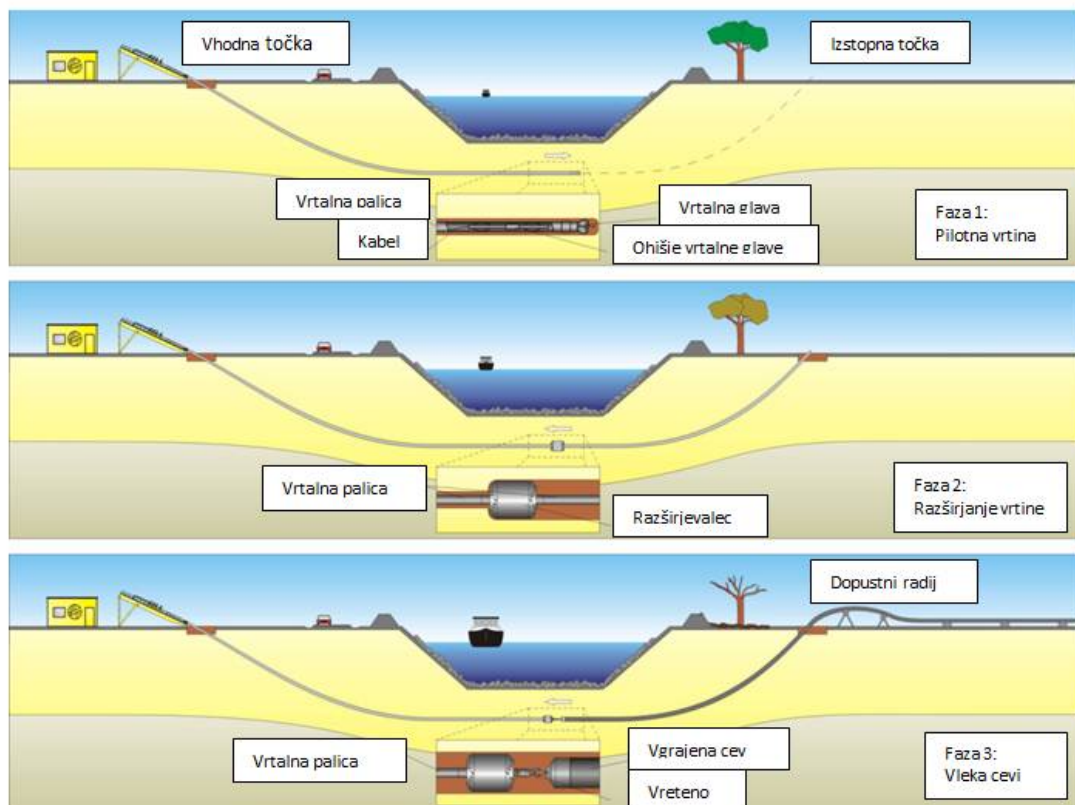
HDD metoda v slovenskem prevodu pomeni horizontalno usmerjeno vrтанje z radijskim vodenjem, v angleščini pa metodo poimenujemo *Horizontal Directional Drilling*. Gre za tehnologijogradnje cevovoda, ki je namenjena podzemnemu, horizontalnemu, usmerjenemu vrтанju z uporabo radijskega vodenja. Omenjena metoda brez izkopov omogoča izdelavo vrtin z omejenimi horizontalnimi in vertikalnimi zaokrožitvami projektirane osi vrтine ter montažo ene ali več cevi hkrati v izdelano vrtino. Izvedba vrтанja je mogoča za različne premere in dolžine posameznih vrtin, velikokrat tudi ekstremnih gabaritov. Vrтанje po metodi HDD je mogoče izvesti v vseh vrstah zemljine in hribine (Najafi, 2013).

Postopek dela poteka v treh fazah, in sicer:

Faza 1 = pilotno vrтанje,

Faza 2 = povratno razširjanje vrтine ter

Faza 3 = montaža — uvlek cevi v vrtino (za predvideni medij).



Slika 1: Posamezne faze izvedbe vrтine po tehnologiji HDD (<http://www.flowtexegypt.com>, 05.05.2016)

2.1 Osnovne značilnosti tehnologije HDD

Pomembna faza je izdelava projektne dokumentacije vrtine, upoštevajoč vse zahtevane parametre, ki sledijo v nadaljevanju.

Potrebno je izvesti geološko-geomehanske raziskave, ki so ključnega pomena za uspešno načrtovanje in izvedbo vrtnja;

Na osnovi izdelanega projekta se izvede računalniška simulacija vrtine, s pomočjo katere pridobimo parametre (vstopni, izstopni kot, smer in naklone vrtine med vrtnjem) potrebne za vrtnje. Simulacija se izvede z računalniškimi programi, prirejenimi za izris vrtine po opisani tehnologiji (Bayer, 2015).

Za lažje razumevanje sledi navedba posamezne opreme, potrebne za izvedbo del:

- vrtalna garnitura,
- rezalna orodja,
- sledilni sistem,
- vrtalno drogovje,
- povrtalo,
- vlačilec, na katerega s pritrdi cev za uvleko,
- vrtalna tekočina,
- mešalna enota,
- reciklirna naprava,
- vodni rezervoarji in črpalke,
- podložni valjčki ter rolerji,
- dvigalo za potrebe prenosa.

2.2 Opis tehnologije vrtnja

Za izvedbo HDD del so značilne tri delovne faze: izdelava pilotne vrtine, razširjanje vrtine in postopek uvleke cevi. Te delovne faze so opisane v nadaljevanju besedila.

2.2.1 Izdelava pilotne vrtine

Med izdelavo pilotne vrtine se vrtalno glavo poganja naprej po vnaprej določenem profilu vrtnja s strojem za horizontalno vodeno vrtnje, ki je postavljen nad tlemi. Potisna sila in navor, ki nastane v vrtalnem stroju, prehaja preko vrtalnih palic na vrtalno glavo.

Na začetku pilotnega vrtnja se vodilni del vrtnega orodja potisne v tla pod predhodno določenim vstopnim kotom z vrtnim strojem. Vrtno tekočino, ki je praviloma sestavljena iz mešanice bentonita in vode in se črpa skozi vrtnalno palico do svedra in se jo nato sprosti pod visokim tlakom skozi šobe. Zrahljana tla se izpodrine in potisne na površino z vrtno tekočino, ki teče nazaj skozi špranje.

Vsaki vrtni palici sledi še ena iz vrtnega stroja, postopek vrtnja se v ciklih nadaljuje, dokler vrtna glava ne doseže ciljne točke.

Relativni podzemni položaj vrtnalno glave se določi s pomočjo senzorja, ki se nahaja tik za vrtno glavo, in deluje na podlagi metode z radijskim vodenjem, ki izkorišča obstoječe zemeljsko magnetno polje in gravitacijo, signal se običajno prenaša preko kabla v nadzorno kabino. Zaradi močne merilne tehnologije je ta metoda primerna praktično za vse razpone globin, potrebnih za HDD cevovode (Bayer, 2015).

Tako imenovana metoda z radijskim vodenjem se uporablja za manjše in srednje velike vrtno stroje, kjer se meri globino in lokacijo vrtnalno glave z ročnim sprejemnikom. Radijska metoda sprejme signal na površino tal, tik nad senzor vrtnalno glave.

Nadzor vrtnalno glave se odvija preko preusmeritve smeri vrtnja s spreminjanjem položaja vrtnalno glave v majhnih vrednostih in izboljša učinkovitost z rotiranjem vrtnalno garniture. Na sliki 2 je prikazana vrtna garnitura med postopkom izdelave pilotne vrtine.



Slika 2: Izdelava pilotne vrtine (www.vilkograd.com, pridobljeno 12.04.2016)

2.2.2 Razširjanje vrtine

Potem, ko je pilotna vrtina dosegla ciljno točko, se vrtalna glava odstrani in nadomesti s povrtalom. Namen povrtala je povečati vrtino do končnega premera. Ta postopek lahko obsega več stopenj za dokončanje. Uporablja se več različnih vrst orodij za izvedbo tega postopka, odvisno od vrste tal, ki se jih vrta. Za mehka tla (pesek, prod, itd) se uporabljajo povrtala v obliki valja ali stožca, medtem ko se za bolj konsolidirane in mešane znato glinene formacije uporabljajo ploščata vrtalna dleta. Za trše formacije, kot so skale in kamenje, se uporabljajo kotalna dleta.

Povrtalo je iz izhodne strani z rotiranjem potegnjeno nazaj do vrtalnega stroja. Za vsako odstranjeno vrtalno palico iz vrtalne garniture se doda nova vrtalna palica na nasprotni delovni strani. Na ta način je zagotovljeno, da je v vrtini ves čas prisotno celotno vrtalno drogovje. Ta postopek se ponavlja, dokler vrtina ne doseže želenega končnega premera. Vsako orodje za širjenje mora vedno delovati v isto središče kot orodje v prejšnjem koraku povrtanja (stopničasti valjasti svedri, stabilizatorji).

Običajna metoda za "povrtavanje nazaj", ko se povrtalo uvleče iz mesta cevovoda do mesta stroja, se občasno nadomesti s "povrtanjem naprej", ko se povrtalo potisne v zemljo iz vrtalnega stroja. V tem primeru pilot za vrtnje služi kot vodilo za povrtalno orodje.

2.2.3 Postopek uvleke cevi

V zadnji fazi izvajanja HDD se cevovod uvleče v povsem razširjeno vrtino. Da se lahko cevovod uvleče, se povrtalo vrta in povleče nazaj pod kroženjem tekočine v smeri vrtalnega stroja. Zaradi priključitve vrtljivega vlačilca se na cevovod prenese le vlečna sila in ne navor ali rotacijske sile. Cevovod sledi povrtalu skozi vrtino do vstopne jame pred vrtalni stroj brez vrtenja.

Vlečno silo lahko merimo z orodjem, ki je nameščeno na vrtalni glavi. Če so pričakovane vlečne sile višje od dovoljene napetosti, se le te lahko porazdelijo po dolžini cevi s pomočjo vlečnega blažilca.

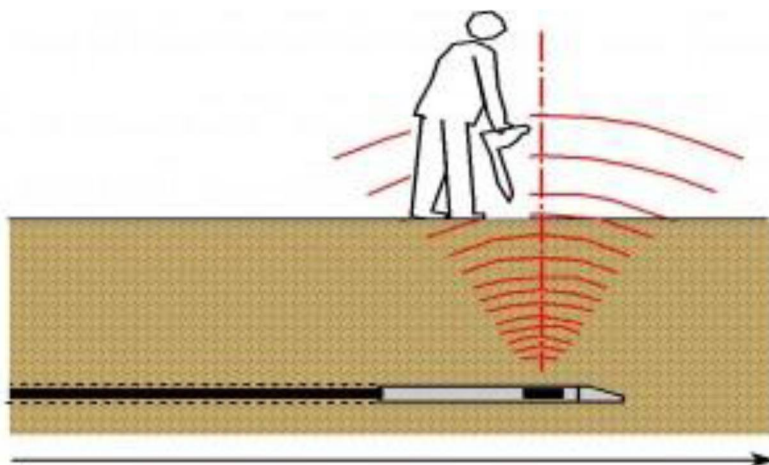
V praksi se uporabljajo povrtala z nekoliko manjšim premerom kot v zadnji fazi povrtavanja, da se prepreči dodatno povrtavanje in s tem rušenje vrtine.

2.3 Metoda z radijskim vodenjem

2.3.1 Opis postopka

V notranjosti ohišja je sonda, ki oddaja radijski signal in je povezana z zunanjo sledilno enoto. Operater zunanje enote določa pravo smer vrtnja, ki jo sporoča upravljalcu vrtnega stroja. Preko zaporednega sledenja je pilota vrtina spremljana in nadzorovana vzdolž celotne dolžine vrtine. Premer pilotne vrtine se izvaja med 60 mm in 200 mm, v odvisnosti od velikosti stroja. Spreminjanje smeri ter inklinacije se izvaja po principu potiskanja vrtna glave, ki je oblike konusa, v predvideno smer. Ta način je uporaben za vse zemljine do V. kategorije (ktg.). V kameninah se izvaja pilotno vrtnje po sistemu ang. »allterrain« ali ang. »mud motor« v odvisnosti od tipa stroja. Kot orodje se uporabljajo kotalna dleta ang. »trikon glave« v odvisnosti od trdote kamenine po API lestvici. Smer vrtnja ter inklinacija pa se v kameninah kontrolira s pomočjo oblike vrtnega drogovja takoj za vrtno glavo, ki je že tovarniško prirejena za določen maksimalni naklon.

Za nadzor ter spreminjanje načrtane vrtna poti se uporablja sledilni sistem. Ta nam omogoča direkten kontakt med vrtno glavo, operaterjem sistema ter upravljalcem vrtnega stroja. V vsaki nadzorovani točki, običajno je to dolžina vrtna palice – 3 m, sledimo naklon, globino in smer vrtnja. Zato je omogočena tudi kasnejša izvedba geodetskega posnetka dejanskega stanja vrtine. Natančnost sistema je odvisna od proizvajalca opreme, materiala ter interference, ki obstaja na področju vrtnja. Na sliki 3 je prikazan postopek sledenja vrtna glave z radijskim vodenjem.



Slika 3: Sledenje vrtni glavi z radijskim vodenjem (www.vilkograd.com, pridobljeno 28.04.2016)

2.3.2 Različni načini sledenja z radijskim vodenjem

Obstajajo klasični način sledenja ang. "*walkoversystem*" oz. sledenje z omogočenim prehodom, s katerim lahko premagujemo globine do 15 m, maksimalno do 25 m ob idealnih pogojih, ang. "*wire-line sistem*" oz. kabelski sistemi za doseganje globine vrtnja do 40 m oz. tudi do 100 m globine (odvisno od vrste kabelskega sistema – ang. Tru-Track, ang. Para-Track II) in ang. "gyrocompass" sistemi za vrtnje do globine 100 m in več. Prikaz primerjave med različnimi sistemi sledenja lahko vidimo v preglednici 1.

Preglednica 1: Primerjava med različnimi sistemi sledenja (www.digital-control.com, pridobljeno 28.04.2016)

Metoda	Maksimalna globina	Vpliv konfiguracije terena	Vpliv interferenc
"WALK OVER SISTEM" OZ. SLEDENJE Z OMOGOČENIM PREHODOM	≈ 15-20 m	DA	DA
"WIRE-LINE SISTEM" OZ. KABELSKI SISTEM SLEDENJA	1	≈ 40 m	DA
	2	≈ 40 m	NIZKA
	3	≈ 100 m	NIZKA
"GYRO COMPASS" SLEDENJE	> 100 m	NE	NE

*1 - brez umetnega magnetnega polja

*2, 3 - z umetnim magnetnim poljem

2.3.2.1 Sistem sledenja, imenovan ang. Walk Over System oz. sledenje z omogočenim prehodom

Ta sistem je najbolj razširjen za uporabo v sistemu HDD in se uporablja predvsem pri vrtnanju z manjšimi in srednje velikimi vrtalnimi garniturami oz. do vlečne sile vrtalne garniture 40 ton.

Postopek je takšen, da operater s sprejemnikom na terenu oz. točno na koti terena odčita globino ter naklon sonde, ki je nameščena v kovinskem ohišju. takoj za vrtalno glavo. v drogovju. Sprejemnik mora biti lociran vertikalno točno nad oddajnikom, da se odčita točna globina in naklon. Sonda oz. oddajnik se napaja preko vstavljenih baterij ter oddaja radijski signal. Monitor na sprejemniku prikazuje usmerjenost vrtalne glave na način "ure" torej 12 oz. 24 urna pozicija glave, ki določa smer ter še naklon, globino in temperaturo sonde v ohišju.

Obstaja več različnih oddajnikov oz. sond za različne potrebe. Razlikujejo pa se predvsem v maksimalni globini oddajanja (4m, 6 m, 8 m, 12 m, 18 m, 22 m, 25 m) ter različnih frekvencah delovanja (1,5kHz, 8kHz, 12kHz, 19kHz). Natančnost vseh sond, ki jo določa naklon, je 0,1 % oz. maksimalno 45 % ter na dve decimalni števili določena globina. Realna natančnost lahko odstopa predvsem zaradi motenj različnih interferenc in je v povprečju 2-3 %.

Prednost tega sistema je enostavna uporaba ter relativno nizka cena proti drugim sistemom, slabost pa občutljivost na različne interference (magnetno polje, električni vodi – nadtalni in podtalni, bližina kovine, optično omrežje,...), ki motijo signal pri oddajanju ter odvisnost od učinkovitosti baterije. Baterije so deklarirane za življenjsko dobo približno 5 do 7 dni, vendar

je hitrost praznjenja baterije odvisna tudi od vrtnih pogojev (interference) in se lahko zmanjša tudi do 50 %. Učinkovitost baterije je zelo pomembna, saj je od nje odvisno, koliko časa imamo na razpolago za izvedbo vrtine, v smislu enkratnega prehoda. V nasprotnem primeru moramo potegniti vrtno drogovje iz vrtine zamenjati baterijo ter ponovno priti do konca vrtine, kjer smo prej končali, kar pa zahteva dodatni čas. V tem sistemu sledenja obstaja tudi sonda, ki je s kablom preko vrtnega drogovja povezana z virom napajanja. S to sondo je omogočeno neprekinjeno pilotiranje več dni do zaključka. Na sliki 4 je prikazan sprejemnik signala, ki se uporablja pri omenjenem sledilnem sistemu (DCA, 2009)



Slika 4: Prikaz sprejemnika signala (www.vilkograd.com, pridobljeno 28.04.2016)

2.3.2.2 Sistem sledenja, imenovan ang. Wire Line System oz. kabelski sistem sledenja

Ta merilni sistem je namenjen predvsem velikim vrtnim garnituram (do 250 ton vleke) ter dolgim in globokim vrtinam. Meritve se izvajajo s pomočjo tako imenovanih magnetometrov in klinometrov, ki so nameščeni takoj za vrtno glavo. Vrtni podatki (naklon, globina, smer, pritisk v vrtini...) so preneseni direktno v kontrolno sobo, kjer se shranijo ter obdelajo z računalnikom. Med napredovanjem pilotne vrtine se obravnavani merilni sistem orientira na Zemljino magnetno inklinacijo in magnetno polje. S pomočjo azimuta in inklinacije se določi začetni položaj vrtna glave ter posredno spremlja smer vrtnja. Predhodno morajo biti nujno opravljene geodetske meritve območja vrtnja ter natančno določena vstopna in izstopna točka vrtnja ter poligon.

Obstajajo tudi sistemi, ki generirajo umetno magnetno polje (ang. Tru-Track, ang. Para-Track II). Merilna naprava je nameščena na terenu v bližini linije vrtnja. Ta sistem ima močnejšo magnetno polje in se merilna naprava v ohišju orientira na njega in ne na Zemljino magnetno polje. S temi sistemi se lahko dosežejo večje globine vrtnja, tudi do 100 m (DCA, 2009).

Prednost tega sistema je, da načeloma ni omejitve z globino vrtnja, saj se sistem napaja z energijo preko kabla, podatki pa se takoj beležijo v računalniku. Prednost proti zgoraj opisanemu sistemu je tudi ta, da se vsi podatki prenašajo preko kabla nemoteno, potrebno je biti pozoren le pri namestitvi ter povezavi kabla.

Pomanjkljivost pa je, da je sistem zelo občutljiv za upravljanje ter na magnetne interference kot so železnica, visokonapetostni vodi in ostalo.

2.3.2.3 Sistem sledenja, imenovan ang. GyroCompass

Sistem se uporablja na področjih, kjer je močen vpliv magnetnih sevanj, kjer bi zgornja dva sistema odpovedala. Deluje neodvisno od Zemeljskega magnetnega polja in bi tako lahko, ne glede na okoljske razmere, zelo natančno določili lokacijo in smer vrtine.

Ta tehnika sledenja je v zadnjih letih zelo napredovala predvsem v občutljivosti oz. natančnosti posredovanih podatkov. Ne glede na to je sistem omejen na posebno zahtevne projekte.

2.3 Ključni pojmi pri izvedbi vrtine po tehnologiji HDD

2.3.1 Vrtalni stroji

Stroji za horizontalno vodeno vrtnje se na splošno delijo glede na njihovo največjo vlečno silo (glej preglednico 2). V nadaljevanju besedila so razložene različne velikosti strojev za izdelavo vrtin.

Preglednica 2: Razvrstitev strojev za horizontalno vrtnje (pridobljeno: Najafi, 2013, str.182)

Vrtalni stroji (tip)	Max. vlečna sila [kN]	Max. navor [kNm]	Teža [t]
Mini	≤ 150	10 – 15	< 10
Midi	> 150 do ≤ 400	15 – 30	10 – 25
Maxi	> 400 do ≤ 2500	30 – 100	25 – 60
Mega	> 2500	> 100	> 60

HDD stroji so v glavnem sestavljeni iz jeklenega okvira z gibljivim vrtljivim delom, kjer se nameščajo palice. Gibljivi vrtljivi del stroja prenaša potrebno moč (in navor) na vrtalno garnituro. Naklon jeklenega okvirja se lahko nastavi s podpiranjem enega konca enote. To je potrebno zato, da se lahko nastavi zahtevane vhodne kote pri postopku vrtnja.

Mini stroji in stroji za jame

Mini stroji in stroji za jame se v glavnem uporabljajo na urbanih območjih za vodovodne ali plinske cevi, električne vode ali kable (večinoma PE-HD cevi). Ti vrtni stroji ustvarjajo največjo vlečno silo velikosti približno 150 kN, največji navor približno 10 do 15 kNm, njihova teža pa je približno 10 t. Mnogi od teh mini strojev so nameščeni na (gumijasto) goseničasto podvozje.

Midi stroji

Midi stroji se uporabljajo za urbane cevovodne konstrukcije kot tudi za majhna vodna prečkanja ali za specialne naloge (npr. v okoljski tehnologiji). Ti stroji ustvarjajo največjo vlečno silo približno 150-400 kN, navor okoli 15 to 30 kNm, njihova teža pa je približno 10 do 25 t. Ti stroji so prav tako običajno nameščeni na goseničasto podvozje in so zato primerni za neraven teren. Na sliki 5 je prikaz midi vrtna garnitura med postopkom razširjanja.



Slika 5: Midi vrtna garnitura (lasten arhiv)

Maxi stroji

Maxi stroji se uporabljajo za daljša vrтанja in večje premere vrtin. Pogosto se uporabljajo na plinovodnih poteh, kjer je potrebno prečkati vodo, železnice ali večje ceste. Največja vlečna sila teh strojev je med 400 in 2.500 kN, navor med 30 in 100 kNm, tehtajo pa med 25 in 60 t. Omenjena vrtna garnitura je prikazana na sliki 6.



Slika 6: Maxi vrtalna garnitura (www.primedrilling.de., pridobljeno 29.04.2016)

Mega stroji

Mega stroji so namenjeni za vrtnje vrtin velikih dolžin in velikih premerov. Največja vlečna sila teh vrtalnih strojev znaša več kot 2.500 kN, navor več kot 100 kNm, masa pa presega 60 ton. Prikaz mega stroja na sliki 7.



Slika 7: Mega vrtalna garnitura (www.primedrilling.de., pridobljeno 29.04.2016)

2.3.2 Radij ukrivljenosti

Pri oblikovanju profila vrtnja igra najmanjši dovoljeni radij odločilno vlogo. Razlikovati je treba med minimalnim radijem ukrivljenosti vrtalne palice in minimalnim dovoljenim radijem ukrivljenosti cevovoda, ki se ga namešča. Radij vrtine mora biti v vsakem primeru večji od ali tako velik kot:

- minimalni upogibni radij cevovoda in
- minimalni upogibni radij vrtalne cevi.

Praviloma je minimalni radij pomemben za načrtovanje manjših vrtin in PE-cevi in ga določa ustrezen radij vrtalne palice. Večje vrtine in jeklene cevi določa minimalni radij jeklenega cevovoda. Če vrtalne palice določajo radij, je profil vrtnja enostavno določiti z uporabo priporočenih vrednosti, ki jih zagotavlja proizvajalec palic. Priporočljiva vrednost radija je med 30 m in 250 m (Willough, 2005).

Zasnova radija HDD za namestitev jeklenih cevi je odvisna od naslednjih faktorjev:

- zunanji premer cevi,
- debelina stene cevi,
- geološke razmere v podtalju.

Pravilno oblikovanje radija je pomembno za namestitev cevi, da se prepreči poškodbe cevi in oblog. Za oblikovanje radija vrtine se uporablja naslednja formula, ki jo navaja Najafi, 2013, str. 154;

$$R_{design} = C * \sqrt{D_a * S} \quad (1)$$

Kjer pomenijo:

R_{design} - projektni radij [m]

C - konstanta značilnosti tal (glej preglednico 3)

D_a - zunanji premer cevi [m]

S - debelina stene cevi [m]

Preglednica 3: Konstanta značilnosti tal (pridobljeno: Najafi, 2013, str.155)

Vrsta tal	Statični penetracijski test CPT	Dinamični penetracijski test SPT	Modul elastičnosti Es	Faktor tal C
	qc [MPa]	N ₃₀ [udarci/30cm]	[MPa]	[-]
Pesek, kompakten	> 20	> 50	100 - 200	8500
Pesek, srednje kompaktnosti	10 – 20	25 - 50	50 – 100	9400
Pesek, nizke kompaktnosti	5 - 10	10 - 25	20 -50	10200
Glina, kompaktna	> 2.0	> 8	10 – 25	10500
Glina, srednje kompaktnosti	1.0 - 2.0	2 - 8	5 – 10	11500
Mehka glina, mulj	< 1.0	< 2	0 - 5	12500

2.3.3 Vrtalna tekočina

Vrtalna tekočina (angl.: *drilling fluid*) je pravilno pripravljena mešanica bentonita, vode in potrebnih dodatkov (aditivov). Njen glavni namen je: čiščenje vrtine odkrušenih delcev, obstoj delcev v suspenziji, stabilizacija vrtine, podmazanje in hlajenje vrtalnih orodij, zmanjšanje trenja med vleko medijske cevi in zaščita pred korozijo.

Vrtalna tekočina se po posebnih predpisih, pripravi v mešalni enoti ter se preko cevi ter s pomočjo črpalk transportira do vrtalne garniture. Vrtalna tekočina se transportira naprej preko vrtalnega drogova ter med izvedbo pilotne vrtine skozi vrtalno glavo v zemljino. Med povratnim razširjanjem se prav tako pretaka skozi drogovje in razširjevalec v zemljino. Med izvedbo vrtine bodisi fazo pilotiranja ali fazo razširjanja mora vrtalna tekočina biti vedno v uporabi, saj se le tako zagotovi čiščenje odkruškov iz vrtine oz. transport delcev nazaj proti vstopni luknji (med pilotiranjem) ali izstopni luknji (med razširjanjem).

Pravilno pripravljena in uporabljena vrtalna tekočina mora opraviti naslednje funkcije (Mermet, 2004):

- hlajenje in mazanje vrtalnega drogova,
- odstranjevanje odkrušenih delcev iz vrtine,
- držanje odkruškov v suspenziji tudi kadar je pretok v vrtini ustavljen,
- formiranje tanke filter pogače, da se prepreči izguba tekočine ter zmanjša trenje,

omogoči delno analizo geološke sestave preko odstranitve delcev iz tekočine na reciklirni napravi,

- prenos hidravlične moči po vrtini (kombinacija pretoka, tlaka in reoloških lastnosti vrtalne tekočine v vrtini)
- zmanjša težo vrtalnega drogova in medijske cevi v vrtini zaradi efekta vzgonskih sil.

Njena osnovna funkcija je omogočanje iznosa materiala iz vrtine. Da je iznos učinkovit, pa mora vrtalna tekočina izpolnjevati naslednje pogoje:

- optimalne reološke lastnosti vrtalne tekočine,
- viskoznost,
- plastična viskoznost,
- točka želiranja,
- moč gela,
- gostota,
- tvorba filter pogače,
- pretok vrtalne tekočine v vrtini glede na hitrost vrtnja,
- preprečitev izgube vrtalne tekočine.

Vrtalna tekočina poleg tega, da s pretokom omogoči iznos mora reagirati tudi tako, da omogoči stabilnost vrtine. Ko je v vrtini ustvarjen pretok ter se z globino povišuje tlak se posledično vrtalna tekočina vpije v stene vrtine. Tlak v vrtini in utrditev sten (tanka filter pogača) pa omogočijo, da se vrtina ne poruši.

2.3.3.1 Sestava vrtalne tekočine

Osnova za pripravo vrtalne tekočine je voda. Vir vode izberemo glede na bližino le te na lokaciji vrtnja. Odvzem vode ja lahko iz hidrantnega omrežja ali iz bližnjega vodotoka. Odvzem mora biti dogovorjen z lokalnimi koncesionarji oz. upravitelji.

Optimalna kvaliteta vode za pripravo vrtalne tekočine je PH med 7,5 – 8,5 ter čim nižja trdota. Prav tako ne sme vsebovati nobenih organskih primesi in kemikalij ter soli (morska voda se lahko uporablja samo ob uporabi posebnih dodatkov).

Bentonit je komercialno ime za produkt, ki ga tvori naravni mineral gline (ang. montmorilonit) in se pridobiva večinoma v odprtih kopih po celem svetu. Glavna lastnost tega minerala je izjemna možnost nabrekanja ob prisotnosti vode. Ko ga v mešalni enoti, dodamo vodi, tvori v nekaj minutah izredno viskozno tekočino. Pakira se v razsutem stanju v obliki praha. Vrtalna

tekočina, pripravljena z vodo in bentonitom že tvori tekočino, primerno za uporabo v najrazličnejših pogojih geološke sestave.

Aditivi so produkti v obliki praha in tekočine, ki izboljšajo delovanje bentonita oz. so namenjeni za uporabo pri vrtnju v zelo zahtevnih geoloških pogojih. Zelo zahtevni geološki pogoji so: vrtnje v podtalni vodi, rahlih sipkih zemljinah in umetnem nasipu, vrtnje pod vodotoki, vrtnje v območjih z neugodno kemijsko sestavo zemljin in mineralov za vrtalne tekočine (premog ...). Vrtalni dodatki so prikazani na spodnji sliki 8.



Slika 8: Vrtalni dodatki (www.amcmud.com, pridobljeno 28.04.2016)

Vsi produkti za pripravo vrtalnih tekočin (bentoniti, aditivi) so zdravstveno neoporečni in popolnoma nenevarni za okolje. Imajo tudi vsa potrebna tehnična in zdravstvena dovoljenja za uporabo. Med njihovo uporabo mora delavec uporabljati osnovna zaščitna sredstva, kot so rokavice in zaščita dihal, da ne pride do prekomernega vdihavanja prašnih delcev. Prostor v katerem se pripravljajo vrtalne tekočine, mora biti primerno zračen ali pa lociran na prostem.

2.3.3.2 Priprava vrtalne tekočine

Vrtalne tekočine se pripravljajo za uporabo v posebnih napravah, ki jim pravimo mešalne enote. Mešalno enoto, ki jo prikazujemo na sliki 9, sestavljajo rezervoar, v katerem se pripravlja vrtalna tekočina. Rezervoarji so različnih velikosti, predvsem pa je njihova kapaciteta odvisna od povprečne porabe vrtalne tekočine glede na velikost vrtalne garniture. Rezervoar je povezan s črpalko in agregatom preko cevnih razvodov. Agregat mora biti

zadostne moči glede na kapaciteto rezervoarja, da omogoči optimalno mešanje in hidratacijo vrtalnih dodatkov.



Slika 9: Mešalna enota (www.amcmud.com, pridobljeno 28.04.2016)

Pravilna priprava vrtalne tekočine zahteva točen postopek. Začne se s pripravo vode, ki ji moramo dodati različne dodatke (SODA, SODA BIKARBONA), da pridobi optimalni PH in čim nižjo trdoto.

Ko smo pripravili vodo, začnemo z dodajanjem bentonita. Bentonit se vsiplje v poseben lijak, ki se preko ustvarjenega močnega pretoka preko črpalke vsrka ter optimalno veže z vodo. V primeru, da je potrebno dodati še aditive, se bentonit meša še 10 do 15 min ter se dodajo zelo počasi še aditivi (1kg/min).

Vrtalna tekočina je pripravljena za uporabo, ko so vsi potrebni dodatki dobro vezani z vodo ter ima tekočina homogeno sestavo.

2.3.3.3 Recikliranje vrtalnih tekočin

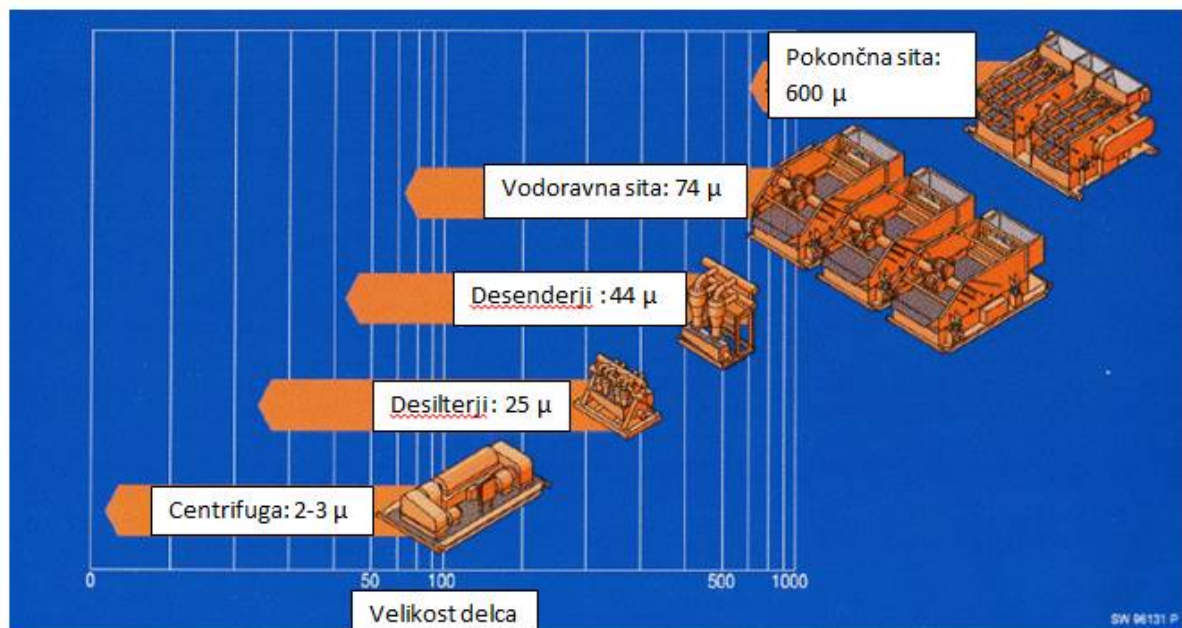
Že uporabljena vrtalna tekočina se lahko ponovno uporabi, takoj, ko se izvede postopek recikliranja. Z recikliranjem se odstranijo trdni delci iz tekočine in je vrtalna tekočina ponovno pripravljena za uporabo ter ohrani vse oz. večino reoloških lastnosti. Uporabljajo se različne reciklirne naprave, ločijo pa se po tem, do kolikšne minimalne frakcije lahko odstranijo delce iz tekočine.

Po velikosti odstranitve frakcij ločimo:

- vibracijska sita, ki lahko ločujejo do velikosti 74 mikronov
- hidrocikloni:

- desenderji do 44 mikronov
- desilterji do 25 mikronov
- centrifuge, ločijo do 2 mikrona velikosti delcev.

Različne reciklirne naprave, odvisne od velikosti frakcij, ki jih lahko reciklirajo, so prikazane na sliki 10.



Slika 10: Mešalna enota (www.amcmud.com, pridobljeno 28.04.2016)

Ko se vrtni postopek konča ali pa je po postopku recikliranja vrtna tekočina neuporabna se odpelje na trajno deponijo oz. deponijo gradbenega materiala. Prevzamejo jo podjetja, ki imajo koncesijo za deponiranje te vrste materialov.

Obstaja pa še ena možnost, in sicer vrtno tekočino se da ločiti po principu trdne od tekoče substance z uporabo filter preše. To je postopek, kjer se vrtna tekočina dehidratira ob dodajanju hidriranega apna. Vrtna tekočina se pripravi v filter preši tako, da se v rezervoarju z mešalom dozira hidrirano apno ter se transportira preko črpalke do lamel, kjer se polni prazen prostor med filtrirnimi vrečkami. Na vrečah med lamelami ostane trdna substanca v celoti, ostanek pa je brezbarvna voda s povečano bazičnostjo (PH 13-15).

2.4 Zaključna faza izvedbe vrtine in uporabljeni materiali

Ko se zaključi postopek razširjanja na končni premer, se pri vrtalni garnituri odstrani razširjevalec in se potisne vrtalno drogovje nazaj do izstopne jame. Tam se ponovno namesti primeren razširjevalec (malo manjši od končnega premera vrtine), zadaj na njega pa preko vrtečega se priklopa, ki preprečuje, da se cev med vleko vrti, namesti cev za vleko. Med vleko cevi se v vrtino prav tako dovaja vrtalna tekočina, ki skrbi za iznos materiala in mazanje cevi.

Za kakovostno montažo oz. vleko cevi brez poškodbe je pomembno upoštevati dopustno natezno silo cevi, slediti izračunani vlečni sili ter izvajati ukrepe v primeru velikega odstopanja le te in spremljati vse dejavnike varovanja uvlečene cevi (Najafi, 2013).

Primerni materiali za namestitve cevovodov po tehnologiji horizontalnega usmerjenega vrtnja (HDD) so jeklo, duktilna litina železa in polietilen. Podrobnosti so navedene v naslednjih odstavkih (Willough, 2005).

Jeklene cevi se uporabljajo predvsem za transport plinov in tekočin z visokim delovnim tlakom. Spajanje posameznih cevi se izvaja z ročnim varjenjem. Zahteve glede obloge cevi so v skladu s posebnimi tehničnimi predpisi.

V okviru tehnike horizontalno vodenega vrtnja se lahko cevi iz duktilnega litega železa uporablja le s posebnimi spoji. Dovoljene vlečne sile in možni kotni odkloni spojev so označeni v navodilih proizvajalca.

Cevi iz polietilena (PE-cevi) in zlasti cevi velike gostote, izdelane iz polietilena (PE-HD cevi), se najpogosteje uporabljajo. Tako se jih lahko prevaža in dostavi v velikih dolžinah. Ko se jih uvleče v HDD vrtine, je potrebno z ustreznimi ukrepi preprečiti upogibanje, ki nastane zaradi statičnega tlaka izvrtane tekočine (odprte vlečne glave, polnjenje z vodo), kjer izračuni pokažejo, da so ti ukrepi potrebni.

2.5 Prednosti izvedbe podvrtavanj za različne aplikacije po tehnologiji HDD

Postopek HDD vrtnja je ekonomičen, časovno hitro izvedljiv, ne vpliva na okolje med in po izvajanju in v okolju ne pušča ekoloških posledic. Po končani izvedbi vrtnja, je mogoče brez večjih posegov vzpostaviti prvotno stanje. Horizontalno vodeno vrtnje je mogoče izvesti povsod, kjer dela s klasični izkopi niso izvedljiva, rentabilna, ali kakorkoli drugače možna za izvedbo.

Poglavitne prednosti horizontalnega vrtnja so, da lahko vrtino po potrebi izvedemo tudi v večjih globinah, pod gradbenimi in ostalimi objekti ter pod različnimi naravnimi preprekami (npr. pod rekami, kjer je vodotesnost zagotovljena, pri vrtinah pod infrastrukturnimi objekti (ceste, železnice) ni vplivov na promet, tako da lahko le-ta ves čas gradnje nemoteno poteka).

3 OPIS KLASIČNE TEHNOLOGIJE Z IZKOPI

Pri izgradnji različnih vrst cevovodov se najbolj pogosto uporablja klasična tehnologija z izkopi jarkov. Omenjeno tehnologijo imenujemo tudi odprt način gradnje, za razliko od HDD tehnologije, ki jo imenujemo tudi zaprt gradbeni način. Klasična gradnja je hitra in v primeru zelenih površin zelo ugodna. Omejitve pri gradnji se pojavijo, kadar imamo območje z veliko podzemnimi inštalacijami ali moramo prečkati obstoječe prometne infrastrukture. V nadaljevanju bomo predstavili ključne faze pri izvedbi cevovoda s klasično gradnjo.

3.1 Pričetek gradnje

Preden začnemo z gradnjo, je potrebno gradbišče zavarovati z zaščitnimi (gradbiščnimi) ograjami, signalizacijo in ostalo, kar navajajo v predpisih o varstvu pri gradbenim delih. Zavarovati moramo območje, kjer pričakujemo promet pešcev, kolesarjev in motornih vozil. Zakoličiti moramo os projektiranega cevovoda in komunalne inštalacije v območju gradnje. O zakoličbi vodimo zapisnik, ki služi za nadzor varovanja komunalnih inštalacij v času gradnje.

3.2 Izkop jarka

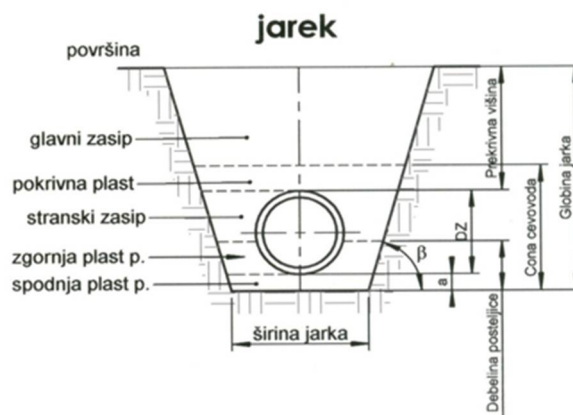
Izvedba jarka mora biti takšna, da omogoča varno vgradnjo cevovoda. Kadar potrebujemo dostop do zunanje stene, ko moramo položiti npr. jaške, moramo zagotoviti delovni prostor, 0,5 m delovne širine. Izkop jarka mora biti v širokem izkopu pod ustreznim kotom, ki je odvisen od kategorije zemljine. V primeru, da ni prostora za izvedbo širokega izkopa, moramo jarek varovati z razpiranjem z opaži (slika 11), ki jih sočasno z napredovanjem del pomikamo naprej po jarku. Širina jarka ne sme biti večja, kot je širina, predvidena s statičnim izračunom. Načeloma širina dna jarka znaša: zunanji premer cevi + 40 do 100 cm, odvisno od globine izkopa in načina izvedbe.



Slika 11: Prikaz razpiranja jarka (lasten arhiv)

3.3 Polaganje cevi

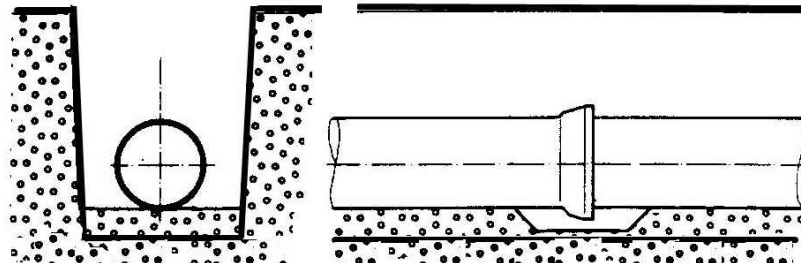
Za polaganje kanalizacijskega cevovoda je potrebno paziti pri izdelavi posteljice, ki mora imeti ustrezen padec, kar tudi predpisuje projekt. Jarek mora biti med polaganjem cevovoda suh, brez deževnice in ostalih vod. Širina posteljice je enaka širini jarka, razen če ni drugače predpisano. Izbira materiala in njegovo velikost zrn, ki se uporabi pri izdelavi posteljice, je odvisen od premera cevi, materiala, iz katerega je izdelana cev in od lastnosti tal. Morebitna mehka tla pod posteljico je potrebno odstraniti in nadomestiti z ustreznim materialom za posteljico. Shema jarka je prikazana na sliki 12.



Slika 12: Prikaz izvedbe jarka (<http://www.di.gov.si>, pridobljeno 10.05.2016)

Na pripravljeno posteljico položimo cev, na mestih, kjer so spoji, naredimo poglobitev, kot je prikazano na sliki 13. Cevi začnemo polagati na spodnjem (dolvodnem) koncu cevovoda, pri

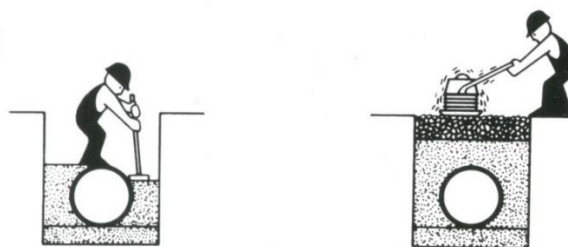
čemer so obojke obrnjene proti navzgorjemu (gorvodnemu) koncu cevovoda. V kolikor moramo prilagoditi višinski položaj cevovoda, moramo dvigovati ali zniževati celotno posteljico, da je cevovod enakomerno podprt po celi dolžini. Spojni elementi cevovoda morajo biti suhi, čisti in nepoškodovani.



Slika 13: Polaganje cevi na podlago s poglobitvijo (<http://www.di.gov.si>, pridobljeno 10.05.2016)

3.4 Zasipavanje jarkov

Položene cevi obsujemo in zasipavamo v plasteh do največ 30 cm peska enake frakcije kot je posteljica. Najprej utrjujemo ročno, kasneje, ko je nad temenom cevi debelina sloja najmanj 1,0 m, lahko utrjujemo s težjimi stroji. Ko cevi polagamo, jih tudi utrjujemo sproti. Vsako plast moramo utrjevati hkrati na obeh straneh, da ne prihaja do premikanja cevi. Utrjevanje izvajamo z lahki vibracijskimi nabijači ali z vibracijskimi ploščami. Na sliki 14 sta prikazana dva načina utrjevanja, ročno in z vibracijsko ploščo. Plasti skrbno zgoščujemo, da kasneje ne bodo nastali prekomerni posedki, v kolikor gradimo v cestni infrastrukturi. V kolikor uporabljamo za razpiranje jarka opaže, jih po vgraditvi cevi previdno odstranimo, da ne premaknemo položene kanalizacije.



Slika 14: Utrjevanje plasti v jarku ročno in z vibracijsko ploščo (<http://www.di.gov.si>, pridobljeno 10.05.2016)

3.5 Izbira materiala

Kanalizacijske cevi morajo zadostiti naslednjim pogojem: zahtevana je vodotesnost cevi zaradi preprečevanje onesnaževanja okolja, odporne morajo biti proti kemijskim in drugim vplivom, priporočljive so dobre hidravlične karakteristike, biti morajo trajne, ravne, mehansko trdne in ugodne.

Materiali, iz katerih so narejene kanalizacijske cevi in zadostijo tem pogojem ter so najpogosteje uporabljeni, so sledeči:

- cevi iz polivinilklorida (PVC-cevi),
- strukturirane (rebraste) cevi iz polivinilklorida ali polipropilena,
- poliestrske cevi,
- betonske in armiranobetonske cevi,
- cevi iz polietilena,
- cevi iz nodularne litine in
- keramične cevi.

3.6 Preizkus tesnosti cevovoda in jaškov

Preizkus tesnosti cevovoda in jaškov se izvaja po standardu SIST EN 1610 in sicer po končanem polaganju cevovoda. Preizkus opravimo na delno zasutem ali obbetoniranem cevovodu, le stiki med posameznimi cevni elementi so odkriti. Ta preizkus se opravlja predvsem zato, da preprečimo onesnaževanje podtalnice in dotok tuje vode. Pooblašene organizacije lahko opravijo preizkus vodotesnosti na dva načina, in sicer z vodo ali z zrakom. Preizkušamo lahko celotni sistem ali ločeno po posameznih odsekih cevovoda in jaškov. Pri zaključku objekta služi potrdilo o vodotesnosti cevovoda, poleg ostalih atestov in preiskav, kot dokazilo o kvaliteti objekta.

3.7 Vzdrževanje kanalizacije

Vzdrževanje kanalizacije je pomembna faza, saj je predvsem od nje odvisna življenjska doba kanalizacijskega cevovoda. Vzdrževanje obsega nadzorovanje cevovoda in objektov, s pregledom ali s kamero (na sliki 15). Prav tako je potrebno celoten sistem, revizijske jaške, peskolove cestnih požiralnikov očistiti, kot predvideva letni plan. Čiščenje poteka z visokotlačnimi cevmi, ki so namenjene izpiranju kanalov. Popravljanje je potrebno poškodbe v jaških in kanalih, odstraniti korenine in popraviti ležišče pokrovov jaškov zaradi posedanja.



Slika 15: TV kamera za pregled kanalizacije (lasten arhiv)

4 VRSTE KANALIZACIJSKIH SISTEMOV GLEDE NA NAČIN ODVODNJE

Kanalizacijski sistemi so namenjeni odvodnjanju odpadne vode, ki jo sestavljajo hišna, industrijska, kmetijska in komunalna odpadna voda, padavinske vode in tuje vode, katere sestavlja predvsem podtalnica. Glede na način odvodnje onesnažene vode ločimo različne vrste kanalizacijskih sistemov, kot so gravitacijski, podtlačni oziroma vakuumski in tlačni kanalizacijski sistem. Najbolj pogosto se gradi gravitacijski sistem, kar pomeni, da za odvajanje odpadne vode izkoriščamo silo teže ter tako izrabljamo naravni padec terena. Podtlačni oziroma vakuumski sistem deluje na podlagi podtlaka, kjer odpadno vodo srka v podtlačno postajo. Tlačni sistem, ki se pogosto uporablja v kombinaciji z gravitacijskim in podtlačnim, pa deluje po sistemu, kjer je potrebno odpadno vodo prečrpavati zaradi izenačevanja višinskih razlik ali premeščanju večjih razdalj, kjer imamo premajhen padec.

4.1 Gravitacijski kanalizacijski sistem

Gravitacijski kanalizacijski sistem deluje po sistemu toka odplak od višje točke proti nižji točki do končnega odjema, čistilne naprave (ČN). Uporabljamo jo predvsem tam, kjer nam konfiguracija terena omogoča ustrezne padce, da dosežemo hitrost, ki pri srednjem dnevnem pretoku ni manjša od 0,5 m/s. Kjer imamo ravninska območja, lahko hitro pride do večjih globin in s tem prečrpavanja iz najnižje točke do višjega nivoja, po tlačnih ceveh do čistilne naprave.

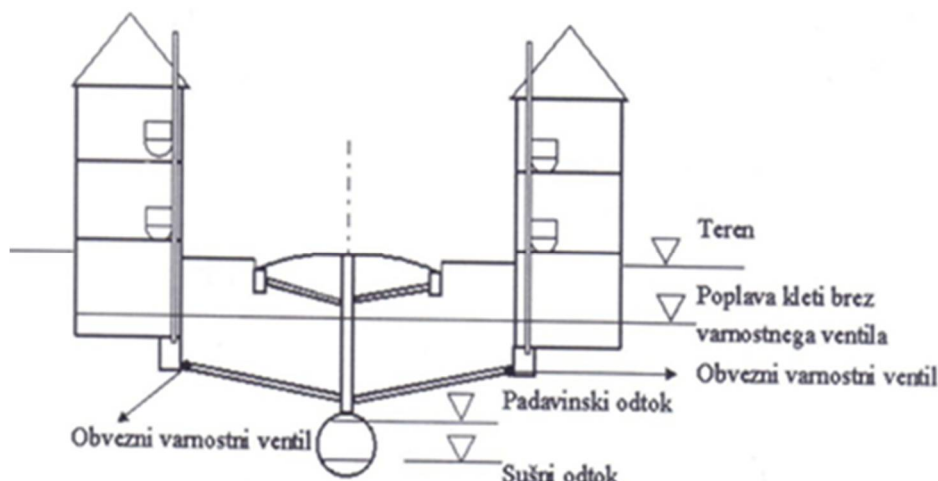
Pri gravitacijskem načinu odvodnje so obratovalni stroški minimalni, saj če ni projektiranega črpališča, ne potrebujemo dodatnih virov energije. Prav tako so stroški vzdrževanja in gradbeni stroški cenovno najbolj optimalni, zato je gravitacijski sistem najbolj uporabna tehnologija za odvod odpadne vode.

4.1.1 Kanalizacijski sistemi

Mešan kanalizacijski sistem (MKS)

Kadar odvajamo odpadno in padavinsko vodo skupaj, v en kanalizacijski sistemu, govorimo o mešanem kanalizacijskem sistemu. Pri tem sistemu običajno gradimo razbremenilnike, ki nam omogočajo prihranek pri dimenzijah kanalov. Njihov namen je odvod odvečne odpadne vode, ki je razredčena s padavinsko vodo v bližnji odvodnik.

Prednost mešanega sistema je, da je njegova izgradnja cenejša in bolj preprosta. Pomanjkljivosti pa so predvsem: močnejše dimenzioniranje črpališč zaradi prečrpavanja del padavinskih vod, slabša zaščita odvodnika zaradi razbremenilnikov, močnejše je potrebno dimenzionirati tudi čistilne naprave, saj so bolj obremenjene z delnim dovodom padavinske vode in zaščititi je potrebno nizko ležeče objekte, priključene na kanalizacijo, pred poplavljanjem. (Kolar, 1983)



Slika 16: Mešan kanalizacijski sistem (Slokan, 2008)

Ločen kanalizacijski sistem (LKS)

Kadar odvajamo odpadno vodo v en kanalizacijski sistem in padavinsko vodo v drug sistem, govorimo o ločenem kanalizacijskem sistemu.

Kot navaja Kolar (1983), je mogoča različna izvedba ločenega kanalizacijskega sistema:

- kanalizacijski sistem je zgrajen samo za odvod odpadne vode, medtem ko padavinska voda ponikne ali odteče, kot pred ureditvijo kanalizacije oz. za to uredimo sistem odprtih jarkov,
- v kanalizacijsko omrežje, ki je zgrajeno za odvod odpadne vode, odvajamo tudi del onesnažene padavinske vode, ki ne sme odtekati direktno v vodotok, saj jo je potrebno pred iztokom očistiti,
- izgradnja več različnih sistemov za odvod različnih vrst odpadnih vod.

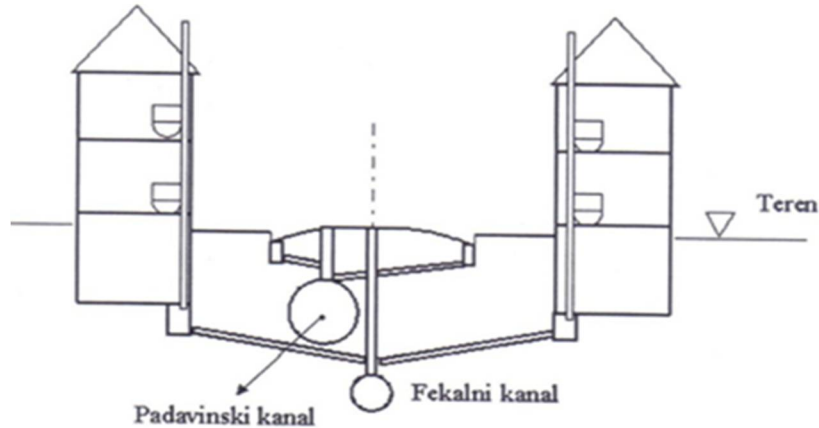
Prednosti omenjenega sistema: odvodnik je dobro zaščiten, večja varnost pred poplavljanjem nizko ležečih priključenih objektov, delovanje ČN je bolj zanesljivo in manj so obremenjena črpališča. Pomanjkljivosti sistema pa so: sistem je bolj zapleten in manj pregleden nad njegovo izrabo, dvojni sistem je dražji za vzdrževanje in tudi investicijski stroški so večji (Kolar, 1983).

Delno ločen kanalizacijski sistem (Panjan, 2005).

Da zmanjšamo in zakasimo padavinski odtok, gradimo delno ločen sistem. To pa dosežemo z različnimi načini: razpršeno zadrževanje na različnih površinah, koncentrirano zadrževanje na površini in pod površino in ponikanje pod površino ter nad površino.

Najprej poskušamo čisto deževno vodo odvesti z ločenim sistemom do najbližjega odvodnika. V mešan sistem pa vodimo deževnico, ki se onesnaži na svoji poti. Lahko pa jo v

ločenem sistemu očistimo v peskolovih, lovilcih olj in maščob ter jo odvedemo z neonesnaženo padavinsko vodo.



Slika 17: Ločen kanalizacijski sistem (Slokan, 2008)

4.1.2 Zasnova in izbira kanalizacijskega sistema

Kadar se odločamo o pravilni izbiri določenega KS, moramo preučiti določene kriterije in vplive, ki bistveno vplivajo na funkcionalnost izbranega KS.

Od naslednjih vplivov je odvisna sama zasnova KS:

- geomehanskih lastnosti tal,
- nagnjenost terena,
- nivo podtalnice,
- lege odvodnika in njegove poplavne varnosti,
- lege bližnjih naselij,
- tehnične in cenovne izvedbe.

Glede na to, da mora sistem tudi funkcionalno ustrezati, moramo upoštevati še naslednje: (Kolar, 1983)

- da je mogoče priključiti vse obstoječe uporabnike,
- da je zagotovljena zanesljivost in varnost obratovanja,
- da je mogoče sistem ustrezno razširiti z rastjo naselja in omogočiti priključevanje predvidenih uporabnikov,
- da je življenjska doba sistema vsaj 50 let,
- da so skupni stroški sistema do izteka amortizacijske dobe v okviru realnih materialnih možnosti.

Na podlagi analize stroškov in koristi med sabo primerjamo različne variante KS in se potem odločimo o pravilnem KS. Skupni stroškov so sestavljeni iz investicijskih stroškov, stroškov tekočega vzdrževanja ter stroški amortizacije, namenjene zamenjavi dotrajanih naprav. Običajno izberemo tisto varianto, pri kateri imamo najnižje skupne stroške, lahko pa je tudi

kombinacija nizki investicijski stroški in višji vzdrževalni stroški. Za določitev stroškov pa moramo izdelati projekt in investicijski program.

4.1.4 Objekti na kanalizacijskih sistemih

Objekte potrebujemo za pravilno delovanje KS, pregled, čiščenje in vzdrževanje kanalov. Med te objekte prištevamo: jaške, hišne priključke, razbremenilnike, zadrževalne bazene deževnih vod, cestne požiralnike, peskolove, podvode in črpališča.

4.1.4.1 Vstopni jaški

Vstopni jaški nam omogočajo dostop v kanal oz do koritnice, da lahko ugotovimo stanje kanala ter morebitna popravila in očiščenje. Uporabljamo jih tudi za prezračevanje kanalskega omrežja. Kjer kanali niso prehodni, jih postavljamo v premih odsekih na razdaljah do 50 m ali manj. Nameščamo jih povsod, kjer je sprememba profila, smeri in padca, prav tako na združitvah kanalskih vej. Za izvedbo hišnega priključka ali priključka cestnega požiralnika ne potrebujemo izdelave vstopnega jaška, saj ne velja za združitev kanalskih vej (Kolar, 1983)

Jaške lahko zgradimo na različne načine in iz različnih materialov. Danes se najbolj pogosto vgrajujejo pol-montažni okrogli jaški iz armiranobetonskih, poliestrskih ali drugih umetnih materialov, ki morajo biti vodotesni. Poznamo še jaške za izpiranje in kaskadne jaške.

4.1.4.2 Hišni priključki

S hišnim priključkom odvajamo hišne vode v javno kanalizacijsko omrežje. V današnji izgradnji kanalizacijskega sistema bi naj imel vsak hišni priključek ustrezen kontrolni jašek, ki bi omogočal neposredno kontrolo in njegovo pravilno delovanje. Praviloma jo priključujemo s cevmi DN 150 z 1-2 % padcem. Za cevi za hišne priključke največkrat uporabljamo materiale iz umetnih mas kot so: PP, PVC in PE. Praviloma jih priključujemo s fazonskimi priključnimi kosi pod kotom 45° v smeri toka vode v kanalu (Slokan, 2008).

4.1.4.3 Razbremenilniki

Razbremenilnike uporabimo pri mešanem KS, in sicer, kadar odvajamo večji del padavinskega odtoka v odvodnik, ostali del pa se odvede do ČN. Predpostaviti moramo, da z naraščanjem pretoka v kanalskem omrežju hkrati narašča tudi pretok v odvodniku. Za

pričetek delovanja razbremenilnika moramo upoštevati predvsem razredčenje in prelivajočo količino onesnaženja.

Z razmerjem med celotnim odtokom in sušnim odtokom izražamo razredčenje, kar lahko pomeni, da se pojavi sedemkratno razredčenje takrat, kadar odteka en del sušnega odtoka in šest delov padavinskega odtoka.

Pričetek delovanja razbremenilnika pri mešanem sistemu označimo z Q_{krit} :

$$Q_{krit} = Q_s + n \cdot Q_s = (1 + n) \cdot Q_s \quad (2)$$

Q_{krit} - odtok, pri katerem začne razbremenilnik delovati [m^3/s]

Q_s - sušni odtok [m^3/s]

Za vrednost Q_{krit} se odločamo iz jakosti padavinskega odtoka na enoto površine q'_{krit} , pri kateri naj začne razbremenilnik delovati (Kolar, 1983).

4.1.4.4 Zadrževalni bazeni

Imajo funkcijo zmanjšati količino prelite onesnažene vode v razbremenilnikih, pri odtoku v odvodnik. Zadrževalni bazeni so zgrajeni na KS za odvodnjavanje tik pred izpusti v odvodnik. Njihova minimalna efektivna prostornina je $50 m^3$. Poznamo deževne zadrževalne bazene, deževne prelivne bazene in deževne bazene za delno čiščenje. Med sabo se razlikujejo predvsem v količini zadržane padavinske vode (Panjan, 2005).

4.1.4.5 Cestni požiralniki

Njihova naloga je odvajanje vode iz utrjenih površin, kot so vozišča, kolesarske steze, parkirišča in pločniki. Nameščamo jih na 20 do 50 m, v vsakega pa lahko speljemo vodo z 200 do $500 m^2$ cestne površine. Požiralnike ponavadi izdelamo s peskolovom, da v njem zadržimo pesek, ki bi mašil cevi. Poznamo cestne požiralnike z rešetko in z odtokom izpod robnika. Globina, od odtočne cevi, se giblje od 0,9 do 2,0 m. Vzdržujemo jih skupaj z ostalimi kanalskimi napravami (Slokan, 2008).

4.1.4.6 Črpališča

Kjer vode ni možno gravitacijsko odvesti, gradimo črpališča. Pomembno je, da je črpališče skonstruirano tako, da ne pride do motenj pri obratovanju, ne glede na kakovost dotoka.

Pri kanalizaciji uporabljamo naslednje vrste črpalk:

- centrifugalne črpalke,

- polžaste črpalke,
- črpalke na stisnjen zrak,
- izrivne črpalke,
- črpališča s tlačnim kotlom,
- batne črpalke,
- membranske črpalke.

Najustreznejšo vrsto črpalke izberemo na podlagi njenih lastnosti, ki so skladne z danimi zahtevami. Najpogosteje se uporabljata centrifugalna in polžasta črpalka.

Centrifugalna črpalka je narejena tako, da zagotovi najtežjim zahtevam za prečrpavanje vode. Te črpalke imajo različne tipe rotorjev, toda pri transportu večjih količin padavinske vode uporabljamo vijačne in propelerske črpalke. Njihova zmogljivost je odvisna od črpalne višine in pretoka.

Polžaste črpalke imajo ugodne hidravlične lastnosti in varno obratovanje. Njen izkoristek je enak pri različnih pretokih, razen v začetku zagona, vendar nekoliko nižji kot pri centrifugalnih črpalkah. Njihova slabost je omejitev črpalne višine, saj je kot montaže od 30 do 35° in dolžina črpalke omejena s povosom njene osi. Zgornja meja črpanja se zato giblje okoli 5 m (Panjan, 2005).

4.1.5 Vzdrževanje

Vzdrževanje kanalskega sistema je temeljnega pomena za zanesljivo in kakovostno obratovanje kanalizacije skozi vso njeno življenjsko dobo, ki znaša min. 50 let.

Omenimo nekaj bistvenih zahtev, ki se morajo izvajati:

- nadzorovanje objektov in kanalov v določenih časovnih intervalih,
- čiščenje celotnega sistema kot so; revizijski jaški, peskolovi cestnih požiralnikov, kanale, usedalnike,
- redno zbiranje podatkov o zanesljivem delovanju, prekinitvah, pripombah uporabnikov, strokovnih služb,
- sprotno vzdrževanje objektov in kanalizacijski sistem; manjša in večja popravila.

4.2 Tlačni kanalizacijski sistem

Tlačni kanalizacijski sistem deluje po postopku, da potiska odplake po tlačnih ceveh s pomočjo tlačnih črpalk. Pri tlačnem sistemu energijo dovajamo decentralno vsakemu hišnemu priključku, medtem ko jo pri podtlačnem sistemu dovajamo samo vakuumski

postaji. Tlačni sistem porabi veliko energije in je tudi večja možnost okvar zaradi veliko vgrajenih črpalk.

4.2.1 Osnovne značilnosti tlačne odvodnje

Tlačni kanalizacijski sistem je ekonomičen in okolju prijazen način zbiranja in odvodnjavanja odpadne vode iz gospodinjstev. Ta sistem se pogosto uporablja na hribovitih in skalnatih območjih. Uporablja se tudi na poplavnih območjih in na območjih z visoko podtalnico ter tam, kjer je neracionalno uporabiti drugo vrsto kanalizacijskega sistema.

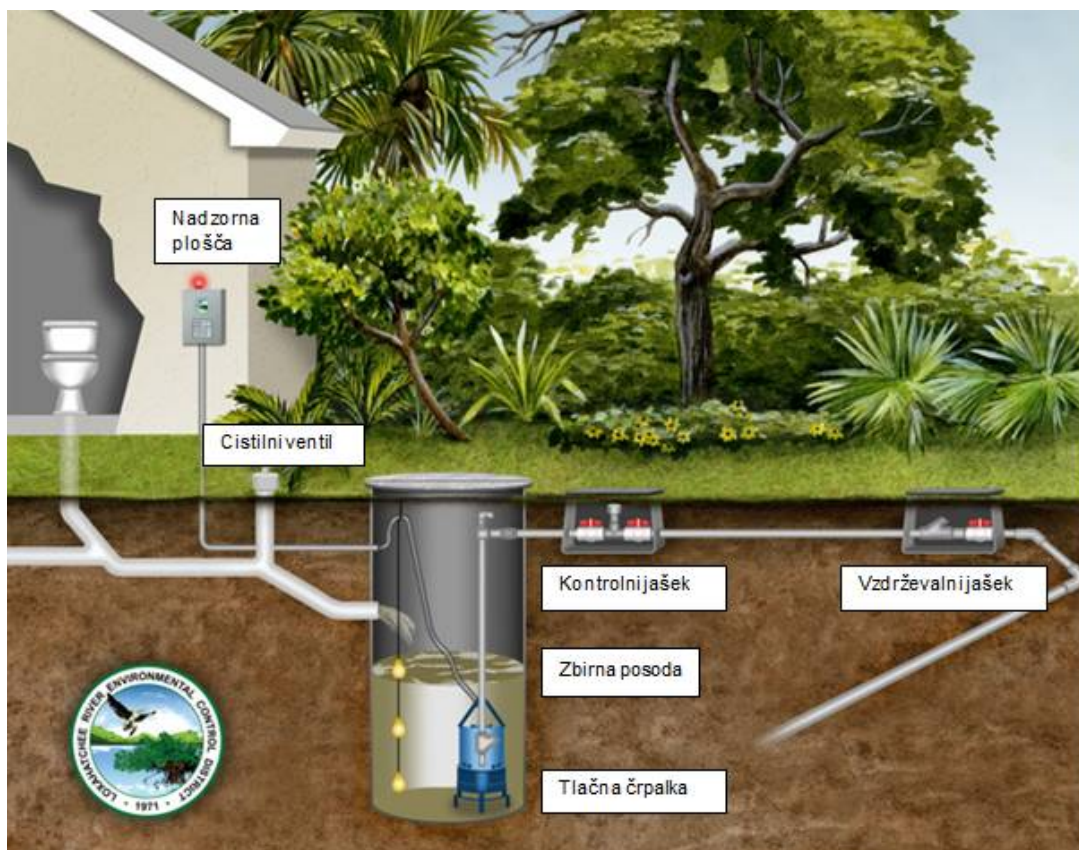
Pri tlačnem sistemu se uporabljajo manjši premeri cevi, min. 100mm, izvedba poteka v manjših globinah, kar pomeni, da je s to izvedbo sistema manjši vpliv na okolico kot gravitacijski sistem. Poudarek moramo dati na izbiro karakteristik črpalk, saj je pomemben podatek o najmanjšem prerezu črpalke in ne samo podatek o ustreznem rotorju. V kolikor je možnost, se izogibamo uporabi črpalk, ki zdrobijo večje sestavine v dotoku, saj lahko ti delci povzročijo kasnejše težave pri čistilni napravi. Zadrževalni časi odplak, predvsem ponoči, mora biti v tlačnem vodu kratki, saj bi v nasprotnem primeru, prišlo do gnitja odplak, kar prav tako, povzroči težave pri obratovanju ČN.

Zagotovljena mora biti hitrost vsaj $\geq 0,80$ m/s, da preprečimo usedanje v kanalih. Ker se v tlačnem vodu sproščajo plini, moramo tlačne vode polagati z zadostnimi vzdolžnimi padci, da jih lahko na način, preko posebnih odzračevalnih ventilov v najvišjih točkah vodov, te pline izločamo. Plini, ki jih ni možno odvesti, povzročajo v ceveh zmanjšanje pretočnega preseka, kar posledično poveča črpalno višino in porabo energije.

Kadar imamo visoke tlačne višine in majhne pretočne količine, uporabljamo poseben sistem STRATE. Pri omenjenemu sistemu uporabljamo črpalke, ki imajo močno zmanjšan pretočni prerez, saj snovi, ki bi imele možnost zamašiti črpalke, preusmerimo mimo črpalke. Posledično dosežemo boljši izkoristek črpalke in s tem manjše obratovalne stroške (Slokan, 2008).

4.2.2 Delovanje tlačne kanalizacije

Glavna komponenta pri delovanju tlačnega sistema je črpalna enota. Odpadna voda gravitacijsko teče iz gospodinjstva v zbirno posodo v črpalni enoti. Ko se nivo odpadne vode dvigne na določeno višino, se na podlagi nivojskega senzorja, vklopijo črpalke, ki prečrpajo odpadno vodo v tlačni kanal. Črpalke pa se avtomatično tudi izklopijo, ko nivo odpadne vode pade na določeno višino. Velikost zbirne posode in nivoja za vklop črpalk pa določimo na podlagi izračuna, glede na količino dotoka, kapaciteto črpalk in število vklopov črpalke v eni uri. Tlačni kanal mora biti opremljen s protipovratnimi ventili, saj se z njimi preprečuje vračanje odpadne vode nazaj v črpalno enoto. Ti zaporni ventili se vklopijo, kadar pride do okvare črpalk. V primeru, da črpalke ne delujejo, se aktivira alarm, ki je lahko zvočni ali vizualni, da ga lahko spremljajo na daljavo.



Slika 18: Delovanje tlačnega sistema,
(http://www.loxahatcheeriver.org/low_pressure_sewer_systems.php, pridobljeno 21.05.2016)

Poznamo dve glavni vrsti tlačne kanalizacije, ki se imenujeta GP in STEP sistem. Oba sistema imata manjšo tlačno enoto, katere funkcija je, da potiska odpadno vodo do ČN skozi tlačno omrežje (U.S. EPA WastewaterTechnologyFactSheet, 2002).

STEP (septic tank effluent pump) sistem je sestavljen iz ene ali več posod, katere tvorijo greznični rezervoar. Klasično sta to dve posodi, v prvo odpadna voda doteka, iz druge pa se izliva in v drugo posodo se namešča jašek s črpalno enoto. Iz črpalnega jaška se odplake prečrpajo po celotnem tlačnem omrežju do ČN. Zaradi kombinacije dveh posod in posledično večjih kapacitet se lahko odpadna voda 24 ur shranjuje, preden jo prečrpamo naprej po sistemu. Odpadna voda se v grezničnem rezervoarju nahaja v treh plasteh. Spodaj se nahajajo trdni delci, v sredini delno čista voda in na vrhu maščobe. V tlačni sistem se prečrpava sredina, delno čista voda. Za prezračevanje uporabljamo standardni prezračevalni sistem, saj bi namestitev, odzračevalne cevi, povzročale neprijetne vonjave. Odpadna voda je zelo agresivna, zato morajo biti sestavni deli tlačne kanalizacije narejeni iz materialov, odpornih na korozijo, običajno iz nerjavečega jekla, plastike ali betona (U.S. EPA WastewaterTechnologyFactSheet, 2002).



Slika 19: Tipični STEP sistem (http://www.process-controls.com/Burlington_Pump/barnes_pressure_sewer_systems.htm, pridobljeno 20.5.2016)

GP (GrinderPump) sistem se od STEP sistema razlikuje v tem, da ne potrebuje grezničnega rezervoarja, saj odpadna voda doteka direktno v jašek s črpalno enoto. V tem jašku je vgrajena črpalna enota, poimenovana mlinček, katera zmelje trde delce v odpadni vodi na manjše in nato prečrpa odpadno vodo skozi tlačni sistem direktno na ČN. Zmleti delci, ki se prečrpajo do ČN, pa povzročajo obratovalne težave, saj jih je težko ločiti s finimi grabljami, pri mehanskem čiščenju. Ker pri tem sistemu uporabljamo drugi tip črpalke - mlinček, kot pri STEP sistemu, je pri GP sistemu večja poraba energije. (U.S. EPA WastewaterTechnologyFactSheet, 2002).



Slika 20: Tipični GP sistem (<http://tgrankin.com/content/view>, pridobljeno 20.05.2016)

4.2.3 Opis sestavnih delov tlačne kanalizacije

Posamezni deli, ki sestavljajo tlačni kanalizacijski sistem, so naslednji: črpalna enota, tlačni cevovod, črpališča, nadzorna plošča, ventili, črpalke, nadzorna plošča črpalke.

4.2.3.1 Ventili

Ventili se uporabljajo za preprečevanje vdora odpadne vode iz glavnega tlačnega kanala nazaj v črpalno enoto, imenujemo jih proti povratni ventili. V uporabi imamo tudi izolacijske ventile, s katerimi lahko izklopimo črpalke in s tem omogočimo vzdrževanje na celotnem sistemu.

4.2.3.2 Črpalna enota

Črpalna enota se nahaja v majhnem rezervoarju, imenovanem tlačni jašek, ki je postavljen na zasebni lastnini vsakega uporabnika oz. več uporabnikov skupaj. V tem jašku je niz mehanskih in električnih sistemov, ki so potrebni za delovanje črpalne enote. Sestavni deli so

naslednji: zbirna posoda, črpalka, ki je lahko različnega tipa, kontrolni nivo delovanja in na vrhu še pokrov, kateri je edini viden na površju.

4.2.3.3 Nadzorna plošča črpalke

Črpalna enota je priključena na nadzorno ploščo črpalke, kjer se tudi napaja. Nadzorna plošča pa je povezana z nadzornim sistemom kanalizacije, kjer se tudi upravlja. Pomembna je, da javi, preko zvočnih ali vizualnih alarmov, napake v sistemu in da lahko črpalko servisiramo.



Slika 21: Prikaz nadzorne plošče črpalke (<http://www.crwwd.com/step.html>, pridobljeno 20.05.2016)

4.2.3.4 Črpališče

Črpališča gradimo, da lahko odpadno vodo odvedemo iz nižje nivelete na višjo in za dovod odpadne vode preko tlačnega cevovoda do ČN s pomočjo črpalk. Pri sami zasnovi črpališča moramo upoštevati več faktorjev, da zagotovimo optimalno delovanje celotnega sistema. Za črpališče uporabljamo moker ali suh sistem prečrpavanja. Črpališča so poleg črpalk, rešetk ter zračnikov za prezračevanje opremljena z nosilcem nivojske sonde, cevni nastavki ustrezne velikosti za dotočni cevovod in tlačni cevovod, merilnikom nivoja in vodotesne odprtine za dovod kablov za napajanje elektroopreme. Črpalni bazen služi za zadrževanje odpadne vode, ki priteka iz omrežja in se nato prečrpava.

Za prečrpavanje uporabljamo različne tipe črpalk, kot npr.: centrifugalne, polžaste, izrivne, batne in membranske. Pri tlačnem sistemu je najpogosteje uporabljena potopna centrifugalna črpalka. Zmogljivost omenjene črpalke je odvisna od pretoka in od črpalne višine. Večina centrifugalnih, potopnih črpalk, ki se uporabljajo pri tlačnem sistemu, imajo dolgo življenjsko dobo. Strokovnjaki priporočajo, da morajo imeti črpalke minimalno prehodnost cevi dimenzije 3 mm, saj s tem zagotavljajo optimalno cirkulacijo in hlajenje rotorja. Potopne črpalke lahko dlje časa delujejo tudi v suhih pogojih, ki jih povzročata zrak v sistemu. Da preprečimo vnos zraka, moramo namestiti odzračevalne ventile.

Pogosto pa uporabljamo tudi polžaste črpalke, katere pa imajo nekoliko manjši izkoristek kot centrifugalne. Primerne so, kadar potrebujemo črpalke za premagovanje manjših črpalnih višinskih razlik. Imajo pa nižje obratovalne stroške, saj je manjša poraba električne energije in nižja priključna vrednost kot centrifugalne črpalke. Pri sami izbiri primerne črpalke moramo poznati tako karakteristike črpalke kot tehnološke in ekonomske zahteve tlačnega cevovoda (Kreissl, 2008).

4.2.3.5 Tlačni cevovod

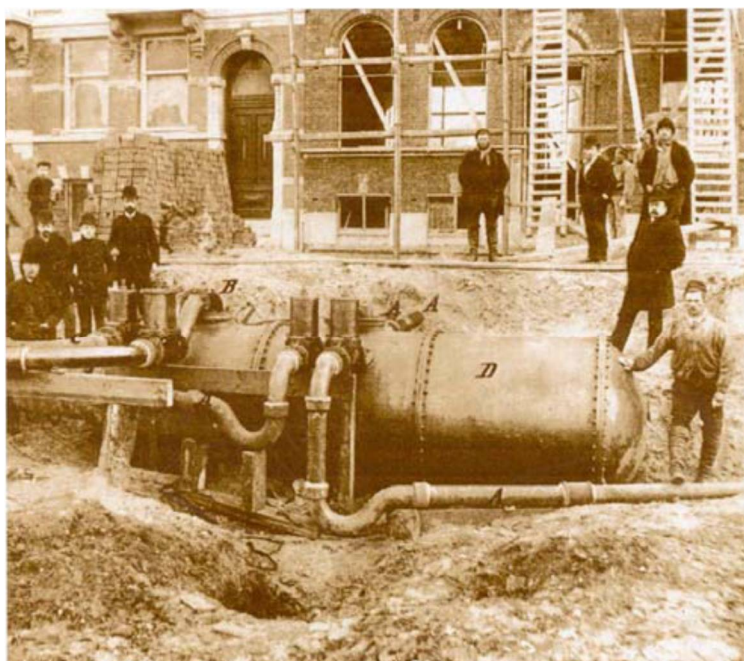
Glavna funkcija tlačnega cevovoda je odvod odpadne vode od črpališča do ČN pod tlakom. Tlačno cevovodno omrežje je običajno položeno v vejastem vzorcu, za razliko od omrežja vodovoda, ki je položeno v zankastem vzorcu. Namen takšne razvejane postavitve pri tlačnem cevovodu je, da ima sistem minimalno samočistilno hitrost, ki znaša 0,8 m/s, medtem ko znaša maksimalna hitrost v tlačnem vodu, 2 m/s. Prav tako nam takšna razporeditev omrežja omogoča, da lahko del cevovoda zapremo za razna popravila in kontrole, ostali del pa preusmerimo mimo njega, ne da bi pri tem prekinili tok celotnega omrežja. Dimenzije cevi, ki se uporabljajo pri tlačnem sistemu, so odvisne od hidravličnih razmer, ki jih pogojuje teren, v katerem je tlačni cevovod vgrajen, ponavadi se gibljejo med ϕ 80 mm in ϕ 300 mm. Najpogostejši material, ki se uporablja za izdelavo tlačnih cevi, je polivinil klorid (PVC), uporabljamo pa tudi polietilen, PEHD, armiran poliester in duktilno litino. Polietilenske cevi spajamo na dva načina; z elektro fuzijskimi spojkami ali pa s sočelnim varjenjem. Kontrola in vzdrževanje tlačnega cevovoda se izvaja na vmesnih jaških. V kolikor poteka gradnja tlačnega cevovoda v urbanih naseljih, se namestitev predvidi ob rob vozišča in vzporedno s cesto, kar zmanjšuje stroške za cestna popravila in nadzor prometa (Kreissl, 2008).

4.3 Podtlačni ali vakuumski kanalizacijski sistem

Vakuumski kanalizacijski sistem je sistem za zbiranje odpadnih voda, ki potrebuje malo vzdrževanja in prihrani vodo, saj se za transport odplak uporablja zrak. V vakuumskem omrežju je konstantno prisoten podtlak, ki povzroča gibanje odplak in prisotnost zraka, zato ne prihaja do nabiranja usedlin. Gradi se predvsem na ravninskih območjih in na območjih z visoko podtalno vodo. Kanalizacijsko omrežje se polaga v manjših globinah, saj nam to omogočajo manjši nakloni, do 0.2 %, in žagasti profil z vertikalnimi dvigi.

4.3.1 Zgodovina vakuumske kanalizacije

V zadnjih tridesetih letih se je razširila uporaba vakuumskega kanalizacijskega sistema, medtem ko njeni začetki segajo v drugo polovico 19. stoletja. Leta 1866 ga je na Nizozemskem predstavil nizozemski inženir Liernur. Istega leta ga je tudi patentiral na Nizozemskem in razširil še v Anglijo. Takrat je temeljil na ponovni uporabi odpadne vode za kmetijstvo, vendar ga ni nikoli zaključil in ni bil uporabljen na takšen način kot je danes. Kasneje se je ta sistem malo uporabljal in celo pozabil. Nadaljnji razvoj in ponovno uporabo vakuumskega sistema je leta 1959 obnovil, Šved Joel Liljendahl. Uporabil ga je za stanovanjske objekte, pri hišnih vakuumskih priključkih, kjer je s pomočjo podtlaka odvajal odpadno vodo iz stranišč. Še danes se njegov, nadalje razvit sistem, uporablja na ladjah, letalih, vlakih in se od leta 1990 imenuje QUA-VAC (Petrešin, 2008).



Slika 22: Prvo vakuumsko omrežje v Amsterdamu (Petrešin, 2008)

Nadaljnji potek, ki je danes uporaben na komunalnem področju, je leta 1970 razvilo ameriško podjetje Airvac. Predstavili so uporabo batnega ventila 3" in patentirali polaganje zbiralnikov žagastega profila. S tem ventilom so razširili vplivno območje na polmer 3 km in izrabo višinske razlike preko štirih metrov. Podjetje Airvac je vodilni ponudnik vakuumskih kanalizacij z največ položenimi sistemi. V Evropi je leta 1978 vakuumski način kanalizacije začelo razvijati nemško podjetje Roediger. Povzeli so bistveno znanje od Airvaca in obdržali v obratovanju membranski ventil 2", ki pa je bolj občutljiv in brez možnosti monitoringa (Maleiner, 2006).

Nekaj vakuumskih sistemov imamo v delovanju tudi v Sloveniji. Prvi je bil zgrajen leta 2003, in sicer v Zapolju pri Logatcu.

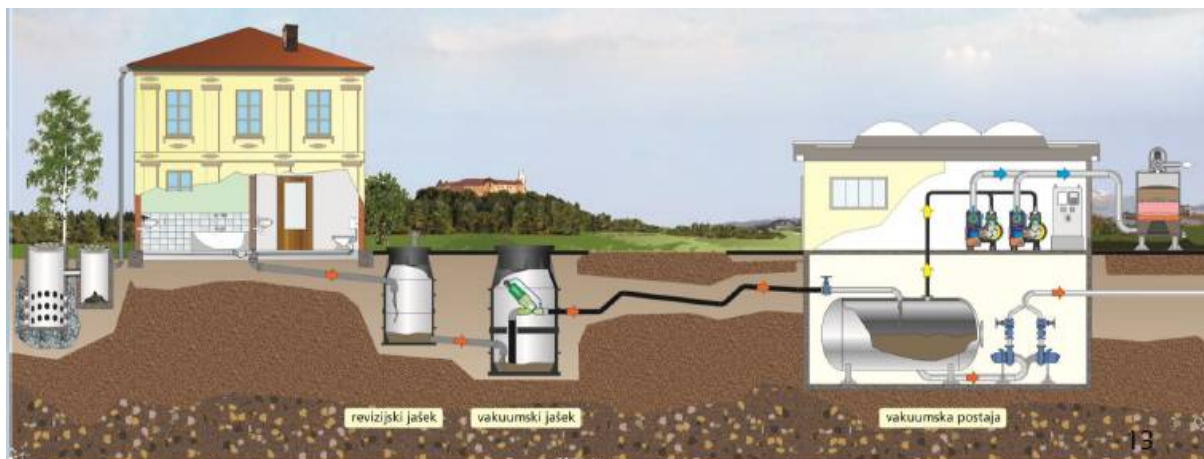
4.3.2 Delovanje vakuumskega sistema

Vakuumski kanalizacijski sistem deluje na principu razmerju tlaka med zračnim tlakom in podtlakom, ki se vzdržuje v celotnem vakuumskem omrežju in na vakuumskih črpalkah. Centralni vakuumski postaji ta razlika med tlaki omogoča zbrati odpadne vode iz več tisoč stanovanjskih hiš, odvisno od terena in od lokalnih razmer.

Gradimo ga predvsem na vodoravnih območjih in kadar ne potrebujemo velikih vzdolžnih padcev. Kanale polagamo dokaj plitvo, na globini od 0,8 do 1,5 m izpod cone zmrzovanja in brez temeljenja. Kanalske cevi so manjših premerov, najpogosteje iz materialov, kot so PVC in PEHD, ki so najbolj odporni in prenesejo velike vzdolžne in strižne sile. Polagamo jih z značilnim stopničastim vzdolžnim profilom, običajno v skupni jarek z drugimi inštalacijami. Hitrost pretoka v vakuumski kanalizaciji se giblje od 5 do 6 m/s, zato v ceveh ni mogoče usedanje delcev in posledično ni potrebno izpiranje kanalov.

Celoten vakuumski sistem deluje s pomočjo podtlaka, ki ga ustvari vakuumsko črpališče in znaša od 0,6 do 0,7 bara. Da je omogočeno delovanje celotnega sistema, se mora dovajati električna energija edino vakuumski postaji. Podtlak se razširi po celotnem omrežju do končnih hišnih priključkov, kjer so v hišnih priključnih jaških nameščeni ventili. Vakuumski ventili, ki se odpirajo in zapirajo avtomatsko s pomočjo podtlaka, izsesajo potrebne količine odplak in zraka. To izsesano mešanico iz omrežja izsesajo naprej v zbirno posodo in od tam se črpa v ČN. Ker je v omrežju vedno veliko zraka, daljši zadrževalni čas odpadne vode omrežju ne škodi, saj posledično ne prihaja do gnitja. Ko podtlak v sistemu pade, se avtomatsko vklopijo vakuumske črpalke, ki delujejo po nekaj ur na dan.

Da zagotovimo nemoteno delovanje in nadzor celotnega kanalizacijskega sistema, moramo imeti stalni centralni nadzor delovanja vsakega posameznega ventila ter avtomatično javljanje napak v obratovanju. Ob stalnem merjenju tlaka ali monitoringu hitro zaznavamo večje spremembe podtlaka v sistemu, odkrijemo napako in jo popravimo.



Slika 23: Shema delovanja vakuumskega kanalizacijskega sistema (<https://www.vo-ka.si>, pridobljeno 18.5.2016)

4.3.3 Opis sestavnih komponent vakuumskega sistema

Posamezni deli, ki sestavljajo vakuumski kanalizacijski sistem, so naslednji: vakuumski hišni priključni jašek, vakuumski ventili, vakuumsko omrežje, centralna vakuumska postaja in monitoring.

4.3.3.1 Vakuumski hišni priključni jašek

Vakuumski hišni priključni jašek lahko zajema dve ali več stanovanjskih enot, odvisno od hidravlične pretočnosti in uporabe različnega tipa ventilov. Predstavlja povezavo med gravitacijskim načinom odvodnje in vakuumskim načinom odvodnje. Hišni priključki morajo imeti pravilno odzračevanje preko streh. Pri odvajanju odpadnih vod s pomočjo pravilnega odzračevanja v napeljavah dosežemo izenačitev podtlaka, ki povzroča izpraznitev hišnih priključkov. Vakuumski jašek je vgrajen ob stavbi, na parceli uporabnika, kamor so speljane hišne odplake. Narejeni so iz odpornih plastičnih mas in od različnih proizvajalcev, kot so Airvac, Roediger, Flovac. Na vakuumski jašek se priključujejo gravitacijske cevi iz hišnih priključkov dimenzije DN 200.

V jašku so nameščene naslednje inštalacije: merilna in sesalna cev v spodnjem poglobljenem delu jaška in avtomatski vakuumski ventil z vsemi pripadajočimi komponentami v zgornjem delu jaška. Minimalna zaježitvena prostornina jaška mora znašati vsaj 25 % srednjega dnevnega odtoka. Zaježitvena višina v jašku se dvigne zaradi dotoka odpadnih voda, kar povzroči povečanje tlaka v zaprti vertikalni cevi. Ko je ob tem dosežen določen tlak v cevi, se avtomatsko odpre vakuumski ventil in podtlak poseša odplake in kasneje še določeno količino zraka po vakuumskem omrežju do centralne vakuumske postaje. Mešanica te odpadne vode in zraka, ki potuje z določeno hitrostjo, onemogoči nabiranje usedlin v omrežju. Ko se jašek popolnoma izprazni, se vakuumski ventil avtomatsko zapre, dokler se postopek ne ponovi.



Slika 24: Shema vakuumskega hišnega priključnega jaška tipa ROEVAC (Maleiner, 2009)

4.3.3.2 Vakuumski ventili

Vakuum ustvarijo vakuumske črpalke, ki se nahajajo v vakuumski postaji, in kjer ga preko vakuumskega omrežja prenesejo do vakuumskega ventila. Vakuumski ventil je torej vmesnik med vakuumsko kanalizacijo in gravitacijsko kanalizacijo, ki se nahaja se v zgornjem delu hišnega priključnega jaška. Najpogosteje se uporablja pnevmatski način krmiljenja ventilov. Vakuumski ventili delujejo na podlagi difference med atmosferskim pritiskom in podtlakom v omrežju. Ventil se zapre avtomatsko, kadar izpade energija ali pade podtlak v sistemu in s tem prepreči pretok odpadne vode v vakuumsko omrežje. Pri ustvarjanju podtlaka v omrežju je ventil zaprt, odpre se na krmilni signal. Ko je v omrežju minimalno 0,15 bara podtlaka, se sme odpreti ventil in ostane odprt, dokler se ne sprazni celotna saržna prostornina priključnega jaška. Da lahko krmilimo ventil, potrebujemo dovod zraka, ki ga imamo nameščenega zunaj priključnega jaška (Kreissl, 2008).

Uporabljamo membranske ventile, ki so se ohranili le v Evropi, in batne ventile, ki imajo boljšo hidravlično pretočno sposobnost. Membranski ventili so velikosti 2" in kasneje maksimalno povečani na 2,5", batni pa velikost 3". Standardni premer stranišnega odtoka znaša 3" in zato naknadna zožitev povzroča težave zamašitve odtokov pri membranskih

ventilih, medtem ko večji batni ventili brez težav večje kosovne sestavine odpadne vode posrkajo v omrežje. Pri batnih ventilih se uporablja zaporni bat, ki je manj občutljiv na obrabo, medtem ko je potrebno pri membranskih ventilih membrane redno menjavati, saj jo poškodujejo in obrabijo kosovni elementi odpadne vode.

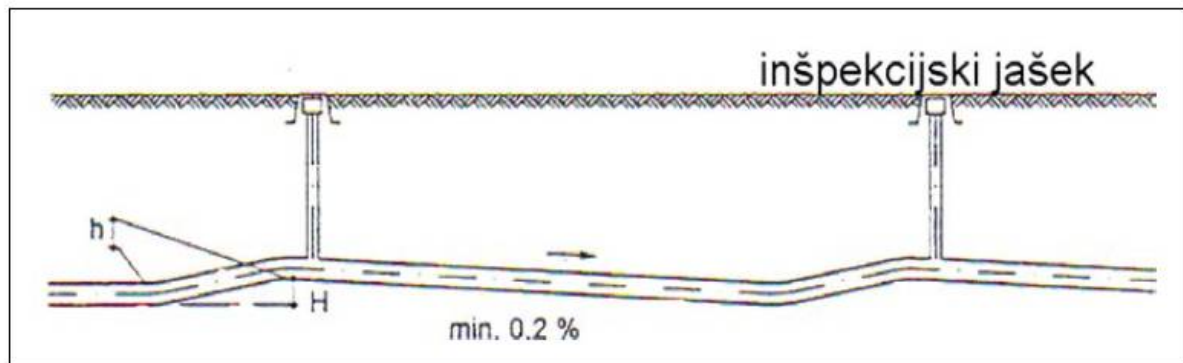


Slika 25: Vakuumski batni ventil (<http://www.gerpinis.gr>, pridobljeno 20.05.2016)

4.3.3.3 Vakuumsko omrežje

Zelo pomembna za pravilno delovanje vakuumskega omrežja je količina zraka, ki jo atmosferski tlak potisne v omrežje pred posamičnem zaprtjem ventila. Količina zraka v omrežju je odvisna od lokacije posameznih ventilov. Za izpraznitev sarž odpadnih voda iz bolj oddaljenih jaškov se potrebuje več transportne energije kot pa za sarže, ki so neposredno blizu vakuumske postaje. Izpiranje in čiščenje zbiralnikov je nepotrebno, saj visoke transportne hitrosti, tudi do 6 m/s, in turbulence preprečujejo odlaganje snovi v ceveh. Vakuumske cevi polagamo z žagastim profilom, ki je sestavljen z vodoravnimi odseki, ki jim sledijo kratki odseki z dvigi oz. lifti. Kanale polagamo plitvo, pod cono zmrzovanja, lahko v isti kanal zraven vodovodnih ali plinskih napeljav. Največkrat se uporabljajo PEHD cevi, ki so zvarjene z električnimi spojkami. Za možnost uporabe monitoringa se med gradnjo vakuumskega omrežja v izkopni jarek polaga signalni kabel (Maleiner, 2009).

Žagasti profil dopušča prehod zraka med vakuumsko postajo in vmesnimi ventili in s tem vzpostavi podtlačno stanje v omrežju. Možnosti za zamašitve cevovoda praktično ni, saj se odpadne vode nabirajo v spodnjem delu cevi in tako ne pridejo do kontakta v zgornjem delu cevi. Za premagovanje višinskih razlik uporabimo žagasti profil, kot je prikazano na sliki 26. Minimalni premer vakuumskih cevi je 10 cm in dolžine do 600m.



Slika 26: Izvedba žagastega profila (Maleiner, 2009)

4.3.3.4 Vakuumska postaja

Vakuumska postaja deluje kot vmesni medij med vakuumskim sistemom in tlačnim sistemom kanalizacije za prenos odpadnih voda neposredno ali posredno do ČN. Je najpomembnejši element celotnega vakuumskega omrežja in za delovanje edina potrebuje električno energijo, medtem, ko omrežje jaški in naprave delujejo na podlagi ustvarjenega podtlaka. Vakuumske črpalke vzpostavljajo preko vakuumske postaje obratovni podtlak v omrežju. Praviloma so vakuumske postaje nameščene na najnižji točki omrežja in locirane v bližini ČN. Za delovanje vakuumskega sistema je predviden optimalen tlak med 54 in 68 kPA, v primeru, da pade pod 47 kPA, se vklopi alarm in s tem obvesti nadzorno osebo.

Centralna vakuumska postaja je sestavljena iz treh glavnih komponent, ki so: vakuumske črpalke, vakuumski kotel in tlačne črpalke. Vakuumske črpalke delujejo v ciklih, se pravi za krajše intervale od 3 do 5 minut, da zagotavljajo podtlak v omrežju. Odpadna voda, ki pride iz vakuumskega omrežja, se nabira v vakuumskem kotlu. Ko se kotel napolni do določene meje, se vključijo tlačne črpalke, ki to odpadno vodo prečrpajo v ČN. Ker se skupno z odpadnimi vodami vsrka tudi velika količina zraka, se s pomočjo vakuumskih črpalk, odvečni zrak odstrani. Zaradi prisotnosti zraka v sistemu je v celotnem omrežju vzpostavljeno aerobno okolje, tudi med daljšim zadrževalnim časom. Za nemoteno delovanje vakuumskega sistema se predvidi dvostransko napajanje z električno energijo. Materiali iz katerih so narejene glavne komponente, so pogosto iz nerjavečega jekla (Kreissl, 2008).



Slika 27: Prikaz vakuumskega kotla s pripadajočimi črpalkami (<http://www.airvac.com> 16.05.2016)

4.3.3.5 Monitoring

Pri delovanju celotne vakuumske kanalizacije je zelo pomemben pravilen nadzor. Pogosti obširni terenski pregledi pravilnega delovanja, odprave napak in vzdrževanja je zahtevalo visoke obratovalne stroške. Da lahko napake in obratovalne motnje delovanja vakuumskega omrežja kar najhitreje in s čim manjšimi stroški odpravimo, se je razvil tako imenovani monitoring.

Monitoring nam omogoča znižanje obratovalnih stroškov, saj potrebujemo manj zaposlenih za terenske preglede. Na podlagi nizkih obratovalnih stroškov se ta investicija tudi hitro povrne. Pri proizvajalcu FLOVAC so razvili FLOVAC monitoring, ki omogoča vodenje in daljinski računalniški nadzor delovanja vakuumskega sistema. Vsi podatki sistema se prenašajo in dokumentirajo v centralnem računalniku, ki je lociran na centralni ČN ali na centralnem mestu upravljanja. Monitoring FLOVAC nam omogoča nadzor in pravilno delovanje vsakega posameznega ventila in s tem pravočasnega opazanja in odpravljanja motenj obratovanja že v trenutku nastanka. Centralni računalnik, ki je ustrezno opremljen, omogoča avtomatično delovanje in nadzor celotnega sistema brez osebnega nadzora. V primeru okvar ali obratovalnih motenj računalnik hitro določi mesto nastanka motnje ali okvare in sproži ustrezen alarm, s katerim obvesti (preko sporočila ali telefona) osebo, pri kateri je okvara nastala (Maleiner, 2009).

4.3.4 Načrtovanje vakuumske kanalizacije

Pri načrtovanju vakuumskega sistema kanalizacije se projektanti pogosto zanašajo na podatke in zagotovila, ki jih pridobijo pri dobaviteljih opreme. Hidravlični izračuni vakuumskega omrežja temeljijo na izkušnjah in empiričnih spoznanjih. Sistem ima majhno delovno območje podtlaka, od 0,15 do okoli 0,7 bara, oziroma omejeno vsoto vseh hidravličnih izgub. Prekomerno izkoriščanje oziroma poraba hidravličnih izgub ima velik vpliv na delovanje vakuumske postaje in posledično na večje obratovalne stroške. Zrak nam služi kot energija oziroma transportno sredstvo vodnih "zamaškov" v vakuumskem sistemu. Poraba te energije narašča z dolžino poti in je pomembna za pravilno delovanje omrežja. Zrak se mora dovajati v okviru dejanskih potreb, teža vodnih "zamaškov" pa mora biti usklajena s podtlakom v omrežju. Zbiralnike zato polagamo v žagastem profilu, pri katerem morata biti višina in dolžina zob žage usklajena (Maleiner, 2009).

5 PREDSTAVITEV NAČRTOVANJA PROJEKTA S HDD TEHNOLOGIJO

Tehnologija podvrtavanja HDD je v Sloveniji prisotna od leta 2000. Zaradi kasnejše prisotnosti na slovenskem trgu je bilo potrebno to tehnologijo predstaviti in vpeljati v projekte. Pojavljalo se je veliko detajlov, prečkanj obstoječih infrastruktur in vodovarstvenih območij, katerih rešitev je bila v podvrtavanju. Na podlagi rešenih več projektov s pomočjo podvrtavanja se je tehnologija HDD hitro vpeljala in postala nepogrešljiva tehnologija pri določenih projektih, kot so prečkanje vodotokov, večjih prometnih infrastruktur in zaščitnih območij. Način planiranja in uvedbe tehnologije HDD pri načrtovanju projektov je predstavljeno v naslednjih poglavjih.

5.1 Topografija

5.1.1 Načrt gradbišča

Da lahko ocenimo vpliv pomembnih geometrijskih podatkov načrtovane trase vrtnja, kot so predlagana dolžina vrtnja, oddaljenost sosednjih stavb, horizontalna ukrivljenost, širina vrtnja in ostalo, je zahtevan popoln podrobni načrt. Glede na prihodnje podrobno načrtovanje in dokumentacijo je priporočljivo, da se bistvene informacije v načrtih nanašajo na veljavne geodetske načrte.

5.1.2 Prečni prerez

Za določitev vrtalnega profila je potrebno imeti informacije oplasteh tal, ki nastopajo vzdolž načrtovane trase (npr. v merilu od 1:100 do 1:250). Velikokrat naročnik priskrbi obstoječe profile vrtnja, le ti so ukrivljeni v horizontalni in vertikalni osi. Potrebno je preveriti, da so podatki v profilu pravilno predstavljeni. Pri oblikovanju profila vrtnja se mora upoštevati razdalja do posameznih področij in morebitnih ovir.

5.1.3 Globine potokov in rek

V primeru, da načrtovana trasa vrtnja prečka potok ali reko, je potrebno izvesti globinsko sondiranje ali serijo poglobljenih sondiranj na določenih ravneh ali dnu reke. To je edini način, da se zagotovi varna in sprejemljiva globina med vodnim telesom in vrtino. Še posebej globok oz. hitro tekoč potok ali reka ima lahko velik vpliv na oblikovanje podrobnosti (npr. erozija). V takšnih primerih je treba raziskati učinke izpiranja.

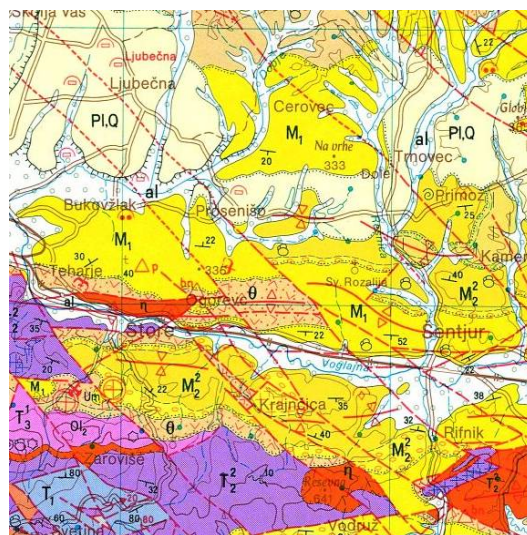
5.2 Geologija

Pred izvedbo horizontalno vodenega vrtnja se mora izvesti ustrezne in celovite preiskave tal vzdolž načrtovane trase vrtnja, da se oceni izvedljivost projekta in da se zmanjšajo geološke nevarnosti. Naročnik mora izvesti potrebne preiskave tal, da se pridobijo vse potrebne informacije.

Načrtovanje potrebnih preiskav, strokovni nadzor gradbišča in laboratorijskih dejavnosti ter pripravo poročila o preiskavi tal izvede geotehnični strokovnjak – geolog odobrene in splošno priznane organizacije. Strokovnjak mora imeti izkušnje pri podobnih projektih ter ustrezno znanje o delovnih metodah in posebnostih HDD tehnike.

5.2.1 Klasifikacija in vrednotenje obstoječih dokumentov

Potrebno je opraviti klasifikacijo in vrednotenje obstoječih podatkov o tleh. Preuči se razpoložljive karte in gradivo (geološke karte, prerezi, profili, itd.). Uporabi se lahko geotehnične podatke od predhodno izvedenih projektov (mostovi, itd.) v bližini načrtovanega projekta, kolikor je to mogoče, in se tako zmanjša obseg del za preiskavo tal. Primer izseka geološke karte lahko vidimo na spodnji sliki 28.



Slika 28: Izsek iz geološke karte (www.kalcedon.geo-zs.si, pridobljeno 02.05.2016)

5.2.2 Vrtine

Za določitev slojevitosti tal ter njihovih značilnosti in lastnosti se izvede geotehnične vrtine ali vrtnja. Cilindrične vrtine se izvaja na intervalih od 50 do 100 m vzdolž trase HDD, v izmeničnem vrstnem redu s 5 m odmikom od središčne linije načrtovane trase vrtnja. Potrebno se je strogo držati intervalov vrtn, še posebej v prisotnosti vodnih poti. Podatki o talnih razmerah tik pod dnom reke so zelo pomembni in določajo izbiro načina gradnje.

Vrtine je mogoče razvrstiti v:

- rotacijsko vrtnje jedra,
- povrtavanje,
- vrtnje z nabijanjem.

Globina vrtine mora biti 2 do 5 m pod nivojem načrtovanega profila vrtnja, v skladu s posebnimi projektnimi pogoji. V primeru ovir v postopku izdelave vrtine se lahko izvedejo spremembe smeri vrtnja. Geotehnične vrtine morajo biti pravilno zapolnjene in obnovljene, da bi se izognili deformacijam oz. poružitvi tal. Vrtine je potrebno zapolniti z glino, ki ima visoko stopnjo nabrekanja. Če se geotehnične vrtine nahajajo vzdolž vrtalne trase, morajo biti utrjene (DCA, 2009).

5.2.3 Geofizikalne preiskave

Geofizikalne preiskave služijo za preverjanje rezultatov in podatkov, pridobljenih na podlagi geotehničnih vrtn. Geofizikalni podatki so kalibrirani na podlagi rezultatov vrtn.

Vrsta in obseg geofizikalnih raziskav, ki se jih izvaja, sta odvisna od geoloških pogojev, ugotovljenih na podlagi pregledanih vrtn in penetracijskega testa, kot tudi od lokalnih razmer, ki bi lahko vplivale na metodo in rezultate. Med drugim morajo biti upoštevani pogoji slojevitosti, uporabe območja in učinki okolice. Geofizikalne postopke, ki so bili izbrani za preiskave, je treba izvesti na kopnem in v vodi.

Da bi dobili osnovne geofizikalne rezultate za HDD tehnologijo, se lahko uporabljajo naslednje metode, in sicer:

- elektromagnetne metode (EMS ali »Georadar«),
- geoelektrične metode;
- seizmične metode.

Elektromagnetne metode (EMS, "Georadar") so še posebej primerne za določanje slojevitosti tal kot tudi osamljenih predmetov (npr. prodniki). Kratki elektromagnetni valovi se sproščajo v

zemljo iz vira, ki se nahaja na površju. Elektromagnetni valovi se nato reflektirajo od plasti tal. Čas potovanja in amplitudo teh valov merijo in beležijo sprejemniki na površju, ki na takšen način določijo slojevitost tal. Rezultat elektromagnetnih raziskav je močno odvisen od geologije, saj lahko plasti z višjo prevodnostjo, npr. gline, motijo signal zaradi relativno visoke absorpcije signalov (Bayer, 2015).

Geoelektrične merilne metode pomagajo pri določanju strukture plasti v podtalju. Plasti se razlikujejo glede na njihovo izmerjeno električno upornost. Pri geoelektričnem merjenju se postavi vrsta sond in elektrod v ravno linijo. Elektrode so zunaj, sonde notri. Kasneje se električni tok dovede v podtalje z elektrodami, pri čemer sonde registrirajo električno napetost. Električna upornost za vsako posamezno plast se lahko izračuna iz izmerjenega toka in napetosti. Sklepe o strukturi plasti je mogoče izpeljati v primerjavi z referenčnimi podatki (Bayer, 2015).

Seizmične merilne metode so do določene mere podobne metodi EMS. Medtem ko EMS metoda uporablja elektromagnetne valove, seizmično merjenje uporablja zvočne valove. Sprejemniki (geo-telefoni) evidentirajo reflektiranje zvočnih valov, ki se oddajajo v podtalju. S to metodo je mogoče razlikovati zemeljske plasti, ugotoviti meje med plastmi in lokalizirati posamezne objekte pod pogojem, da imajo plasti ostre prehode glede poroznosti, gostote, itd.

5.2.4 Geotehnično poročilo

Na podlagi rezultatov preiskav tal kvalificiran strokovnjak pripravi geotehnično poročilo. Poročilo mora vsebovati posebne značilnosti tal v zvezi z uporabo tehnike horizontalno vodenega vrtnja. Na podlagi geotehničnega poročila mora kvalificirani inženir ali izvajalec oceniti izvedljivost vrtnja skozi zemeljske plasti, ki se lahko pojavijo.

V okviru poročila se določi priporočila glede zmogljivosti opreme in specifikacij vrtalnega orodja. Poleg tega morajo biti vključeni ustrezni podatki tal za specifikacijo vrtalnih tekočin, zlasti zaradi prepustnosti.

Preiskovanih plasti tal, ki nastopajo na načrtovani trasi vrtnja, se ne sme opisati le v pisni obliki, ampak morajo biti predstavljene tudi v grafični obliki. V geotehnično poročilo mora biti vključen zapisnik o vrtinah, CPT/SPT informacije skupaj z njihovimi lokacijami in geofizičnimi informacijami. Prav tako morajo biti navedeni rezultati geofizikalnih testov, kot tudi zgodovinski podatki. Informacije glede prisotnosti geoloških ali umetnih ovir/nepravilnosti, na primer grobi gramoz, skale, kamni, fundacije, izboljšave tal, votline, onesnaževanje itd. se tudi navede v geološko poročilo (Najafi, 2013).

Priporočljivo je, da se uporablja nacionalno ali evropsko priznana klasifikacija in terminologijo pri opisovanju pregledanih plasti tal.

5.3 Obstoječa infrastruktura

Glede na posebnosti HDD projekta se lahko zahteva dodatne podatke, da se oceni možnost izvedljivosti projekta. Ti podatki so naslednji:

5.3.1 Obstoječi kabli, cevi, kanali

Določiti in navesti je potrebno točen položaj in specifikacije obstoječih kablov, cevi, kanalov, itd., ki se nahajajo v bližini prečkanja. Obstoječi kabli, cevi, kanali, itd. so pomembni za HDD projekt, če bodisi sekajo HDD ali če so z njim vzporedni na razdalji manj kot 20 m. Preden se začne gradnja oz. vrtnje mora izvajalec preveriti rezultate preiskav. Prav tako mora neposredno preveriti vse potrebno z lokalnimi oblastmi in komunalnimi ponudniki.

5.3.2 Temelji in infrastruktura

Če so v bližini prečkanja prisotni gradbeni objekti ali kakšni ostanki v obliki starih predorov ali drugih gradbenih objektov, je potrebno določiti in identificirati njihovo točno lokacijo in razsežnosti. Varne razdalje do zagatnih sten, nakopičenih opornih zidov, itd. je treba preveriti z lokalnimi oblastmi. V vsakem primeru najmanjša razdalja ne sme biti manjša od 2 m.

5.4 Dovoljenja

Izvajalec mora pridobiti določena tipična dovoljenja in pooblastila, ki se jih lahko zahteva od pristojnih organov za izvedbo HDD tehnologije. Za razliko od dovoljenj, ki jih morajo imeti izvajalci klasične gradnje z izkopi, bi izpostavili okoljska dovoljenja, ki so pomembna pri izvedbi HDD tehnologije in ki jih navaja Najafi (2009).

Okoljska dovoljenja:

- dovoljenje za črpanje vode oz. za odvzem vode iz potokov, rek, kanalov ali podtalnice, za pripravo vrtalne tekočine kot tudi za zagotavljanje potrebnega balasta, kadar je to potrebno,
- dovoljenje za odvajanje vode je potrebno, če se izvaja odvodnjevanje jam ali izkopavanj in se načrpana voda ne sme odvajati na površino, v vodne poti ali v kanale,
- priprava, začasno skladiščenje in odlaganje odpadkov vrtalne tekočine med HDD procesom in ob zaključku projekta,
- dostop do območij, ki niso v okviru obstoječih pogodb rabe zemljišč z naročnikom, t.j. vzdolž brega ali obale,
- posebno dovoljenje za delo na onesnaženih območjih.

5.5 Načrtovanje vrtine

Bistveni element načrtovanja horizontalnih vrtin je osnovanje vrtnega profila med vstopno in izstopno točko. Pri tem je treba upoštevati različne omejitvene pogoje, da bi zagotovili, da je predvidena teoretična vrtna linija profila uresničljiva tudi v praksi.

5.5.1 Vstopni in izstopni kot

Vstopni in izstopni kot horizontalnih vrtin je povezan s premerom in specifikacijami materiala cevovoda, ki se ga namešča. Na splošno bi moral biti vstopni kot med 6° in 15°. Vendar velja kot splošno pravilo, bolj kot se povečuje premer cevovoda, manjši mora biti vstopni kot.

Vstopni kot je lahko bolj strm, če se lahko za izvedbo vrtine uporabijo manjši vrtni stroji. Izstopni kot je lahko bolj strm, če imajo cevi manjši radij ukrivljenosti (npr. PE-cevi). Vstopne in izstopne kote je treba določiti glede na razpoložljiv prostor in pogoje uvleke cevi HDD trase.

5.5.2 Najmanjši dopustni radij (zunaj, tik pred vstopno točko)

Cevovod z vlekov vrtino pred prehodom v ravni del opiše zavoj, splošno znan kot najmanjši dopustni radij. Ker je pritisk v zavoj enak nič, ko poteka postopek uvleke, se lahko korekcijska vrednost varnosti zmanjša na $S=1,3$. Zato se lahko med postopkom uvleke minimalni radij določi z ustrezno substitucijo splošno veljavne enačbe po Mohr-u, 2005, str. 122, ki je:

$$R_{\min} = 134 * \frac{D_a}{K}$$

Kjer pomenijo:

R_{\min} = minimalni upogibni radij [m]

D_a = zunanji premer cevi [mm]

K = minimalna napetost tečenja [N/mm^2]

Iz praktičnih razlogov (togost cevovoda), predvsem pa pri velikih premerih cevi, je potrebno izbrati večji minimalni dopustni radij.

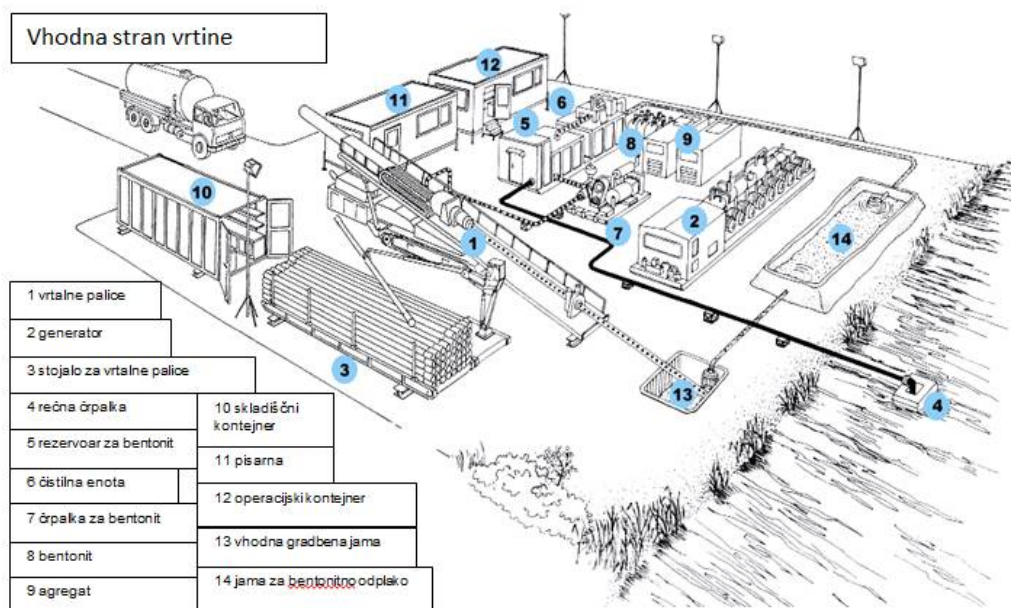
5.5.3 Nadkritje

Razdalja med vrhom cevi, osjo vrtine ali celo razdalja med zgornjo steno vrtine in površino ali strugo se imenuje nadkritje. Zaradi poenostavitve je razdalja med vrtalno osjo in površino ali strugo v nadaljevanju imenovana nadkritje.

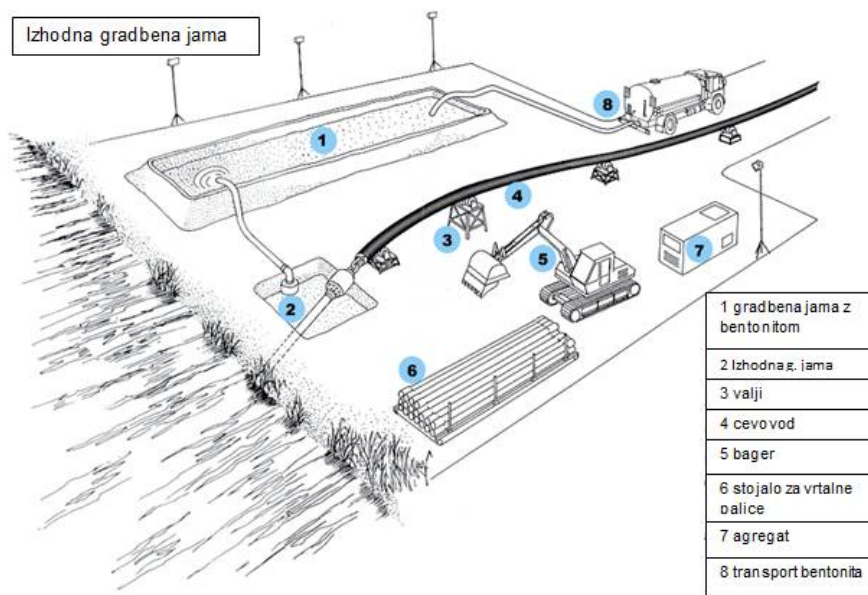
Zahtevana globina nadkritja pod jezeri ali rekami mora biti enaka premeru cevovoda, pomnožena s faktorjem 10 do 15. Na primer, ko polagamo cevovod premera 800 mm, mora biti nadkritje v vodnem območju od 8 do 12 m. Velikost nadkritja je odvisna od geoloških pogojev in plasti nad traso vrtnja. Za manjše cevi nadkritje ne sme biti manjše od 5 m in ga je potrebno kritično oceniti glede na nevarnost iztekanja vrtalne tekočine.

5.5.4 Načrti

Pri načrtovanju HDD igrajo ključno vlogo projektni načrti vzdolžnih prerezov, topografske karte in prerezi prečkanja. Pomembno je, da se pri večjih HDD vrtinah pripravijo načrti vstopne in izstopne strani, kot tudi načrti za minimalni dopustni radij in cevovod. Poleg ostalih načrtov potrebujemo še načrt lokacije, kjer so prikazani podatki v območju predvidene HDD vrtine, načrt ureditve gradbišča, prikazan na sliki 29 in načrt za območje sestavljanja cevovoda na izhodni strani vrtine, prikazan na sliki 30.



Slika 29: Načrt postavitve vrtnice na vhodni strani vrtine (www.vilkograd.com, pridobljeno 10.5.2016)



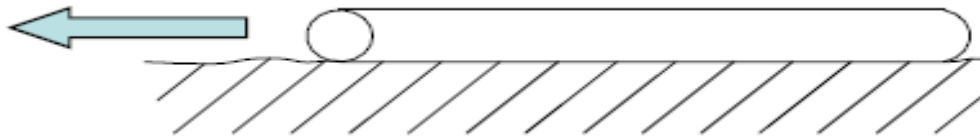
Slika 30: Načrt postavitve vrtnice na izhodni strani vrtine z uvleko cevi (www.vilkograd.com, pridobljeno 10.5.2016)

5.5.5 Priprava izračuni

Naslednji element pri načrtovanju horizontalnega vrtnja je priprava pomembnih izračunov, ki jih določijo proizvajalci vrtalne opreme. Le ti se lahko bistveno razlikujejo med gradnjo in med obratovanjem.

Izračuni, ki ključno vplivajo na uspešen uvlek cevovoda so naslednji:

- vlečna sila na vrtalni glavi,
- vlečna sila na vrtalni stroj,
- določanje velikosti stroja,
- napetosti cevovoda,
- odpornost proti odklonu,
- vlečne sile cevovoda izven vrtine (na slikah 31 in 32).



Slika 31: Prikaz uvleke cevovoda, kjer leži na terenu (www.vilkograd.com, pridobljeno 12.05.2016)



Slika 32: Prikaz uvleke cevovoda, kjer leži na valjčkih (www.vilkograd.com, pridobljeno 12.05.2016)

5.6 Varnost

Pred začetkom dela mora biti celotno osebje, zaposleno na gradbišču, obveščeno o nevarnostih nesreč in njihovem preprečevanju, kakor tudi o vseh lokalnih reševalnih ukrepih in reševalnih organizacijah. Varnost se pri HDD izpostavlja predvsem zaradi posebnih tveganj, do katerih lahko pride zaradi načina gradnje, ki je drugačen od klasične gradnje z izkopi. Nevarnostim se je potrebno izogniti z ustreznimi preventivnimi ukrepi.

Posebna tveganja pri HDD tehnologiji so sledeča:

- delo na nagnjenih terenih,
- delo v bližini vrtečih se orodij in strojnih delov,
- izvrtane odplake povečujejo nevarnost zdrsa,
- ravnanje z visečimi bremenami,
- visok navor pri sestavljanju in razstavljanju vrtalne garniture.

5.7 Izvedba HDD projekta

Kompleksnost HDD del in poseben interes glede visokega standarda kakovosti njegovega izvajanja zahteva vključevanje natančno usposobljenega kadra, tako v ekipi vodenja projekta kot tudi tistega v operativni skupini. V predstavitvi HDD tehnologije so bile predstavljene glave faze pri izvedbi in uporabljena oprema, kot so: pilotna vrtina, razširjanje vrtine, uvlek cevovoda, metode vodenja sledilnega sistema, vrtni stroji, najmanjši dopustni radij, uporabljeni materiali uporabljenega cevovoda in vrtnalne tekočine (Najafi, 2013).

Poleg vseh naštetih so pri sami izvedbi pomembna še naslednja področja:

- priprava gradbišča za vso vrtno garnituro,
- cementiranje vmesnega prostora v vrtini,
- izogibanju izteka bentonitne mešanice iz vrtine,
- standardi za sestav vrtnih cevi,
- izbira pravega vrtnega orodja in
- obtežitev cevovoda pred uvleko.

5.8 Odobritev

Dokaze o zagotavljanju kakovosti in kontrolne odobritve je treba predložiti med in po zaključku izvajanja projekta HDD, kot tudi po zaključku del posameznih delovnih faz (pilotno vrtnje, povrtavanje in uvleka). Odobritev je potrebno zabeležiti, podpisati jih morata obe pogodbeni strani.

Zelo pomembna točka je odobritev pilotne vrtine. Odstopanja glede določanja azimuta, nadmorske višine in polmera je potrebno preveriti pred nadaljnjim delom. Povrtavanje in uvleka cevi se strogo ne sme začeti pred odobritvijo pilotne vrtine.

5.8.1 Odobritev pred uvleko cevovoda

Naslednja področja morajo biti potrjena pred uvleko cevovoda:

- smer pilotne vrtine,
- kontrola zvarov,
- preskus tesnitve cevi,
- pregled dodatnih zaščitnih oblog,
- gradnja najmanjšega dopustnega radija,
- varnost vlečnega orodja,
- iztekanje vrtnalnih tekočin med uvleko.

Določene parametre se dokumentira med samo uvleko in po končani uvleki cevovoda. Zbrani podatki se arhivirajo oz. uporabijo pri naslednjih projektih, ki se izvajajo na bližnjem območju.

5.9 Dokumentacija

Datumske evidence je potrebno hraniti za vse delovne faze HDD projekta. To velja tudi za morebitno potrebno obtežitev cevovoda, kot tudi za morebitno polnjenje opuščanih vrtin.

Bistveni elementi evidentiranja delovnih postopkov so dnevna poročila, zapisnik vrtnja in zapisniki sestankov.

Po končanju HDD projekta je potrebno vso dokumentacijo, ki zajema načrte (vzdolžne prereze, prereze vrtin po uvleki), certifikate o ceveh in vrtalni tekočini, arhivirati. Pri načrtovanju projekta v bližnjem okraju so vsi zbrani in arhivirani podatki o obstoječi vrtini lahko v veliko pomoč.

6 PREDSTAVITEV IN PRIMERJAVA IZVEDBE KANALIZACIJSKIH SISTEMOV S TEHNOLOGIJO HDD IN KLASIČNO GRADNJO Z IZKOPI

6.1 Gravitacijski kanalizacijski sistem na projektu v Vipavi

Gradnja gravitacijskega sistema poteka klasično z izkopi. Za manjše profile kanalizacije uporabljamo PVC (polivinilklorid), PP (polipropilen) in PE (polietilen) cevi, za večje profile pa poliestrske, rebraste cevi iz umetnih mas in pa predvsem armirano-betonske cevi. Pri gravitacijskem sistemu poteka odvodnjavanje težnostno, kar pomeni, da morajo biti cevi položene pod določenim padcem. Kadar imamo razgiban teren, se povečajo stroški izgradnje, ker je potrebno kopati globoke jarke, ki jih je potrebno varovati z opaži, da zagotavljamo padec profila kanalizacije. S podvrtavanjem po tehnologiji HDD ne samo, da zmanjšamo stroške izvedbe, premostimo lahko tudi ovire, ki jih s klasično gradnjo ni mogoče.

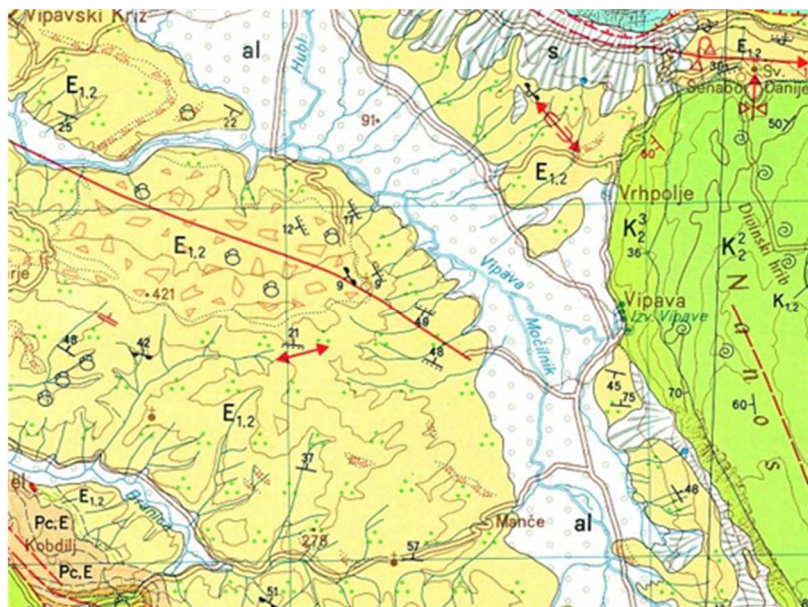
V okolici Vipave, v vasi Slape je obstoječa restavracija Majerina, katera se je odločila, da bo razširila dejavnost in zraven zgradila prenočišča. Posebnost teh prenočišč je, da bodo zgrajena v celoti pod zemljo. Pri načrtovanju odvajanja odpadnih vod iz objekta so prišli do kompleksnega detajla, ki smo ga rešili s podvrtavanjem kot alternativa klasične gradnje. Situacija, kjer se je izvedlo odvodnjavanje iz objekta s pomočjo podvrtavanja, je prikazano na prilogi D1. Predstavili bomo obe možnosti izvedbe, na podlagi katerih smo se odločili za izvedbo podvrtavanja po tehnologiji HDD. Na sliki 33 lahko vidimo gradbeno jamo, za predviden objekt in iz katerega je potrebno urediti odvajanje odpadnih vod.



Slika 33: Gradbena jama v Slapah pri Vipavi (lasten arhiv)

6.1.1 Geološki podatki o lokaciji

Na obravnavani lokaciji vrтанja tla tvorijo menjavajoče plasti laporja in peščenjaka – fliš terciarne starosti. Nad njimi so odložene tanjše ali debelejšje (kotanje) plasti lastne preperine. Obravnavano območje s sestavo tal lahko vidimo na izsekih iz geoloških kart (slika 34), ki jih je pridobilo podjetje Vilkgograd za potrebe izdelave HDD projekta.



Slika 34: Izsek iz geološke karte obravnavanega območja - list Gorica (www.kalcedon.geo-zs.si, pridobljeno 06.05.2016)

Preglednica 4: Legenda h geološki karti (www.kalcedon.geo-zs.si, pridobljeno 06.05.2016)

Oznaka	Barva	Opis litologije
K_2^2	Zeleno	Temnosiv gost skladovit apnenec v menjavi z rudistnim apnencem
K_2^3	Rumeno, zeleno	Rudistni in drobnozrnat apnenec (senonij)
$E_{1,2}$	Rjavo	Fliš, menjavanje laporja in peščenjaka
al	Belo	Aluvialni nanosi rek in potokov
s	belo	Grušč, ponekod sprijet v pobočno brečo

6.1.2 Izvedba s klasično tehnologijo

Kot prvo opcijo izvedbe odvodnjavanja odpadne vode iz predvidenega objekta bomo predstavil izvedbo klasične gradnje z izkopom.

Potrebno je izvesti izkop jarka v dolžini 65 m. Jarek za polaganje kanalizacije mora biti dimenzioniran in izkopen tako, da je zagotovljeno varno in strokovno vgrajevanje cevovoda. Med gradnjo je potrebno zagotoviti dostop do zunanje stene in zavarovan, najmanj 0,5 m širok delovni prostor. Ker se izkop izvaja v cesti je delovni prostor zagotovljen. Opis izkopa in polaganje cevovoda smo podrobno predstavili v 3. poglavju. Pri tem projektu bomo predstavili posebnosti, do katerih bi prišli med samim izvajanjem gradnje.

Jarek bi bilo potrebno varovati z dvojnimi opaži. Zaradi sestave tal, kot je lapor in peščenjak, bi se klasična gradnja podaljšala in ker poteka cevovod v cesti, bi to pomenilo daljšo zaporo ceste in s tem njeno neprevoznost. Na začetku, pri objektu, je predviden izkop jarka na 5 m globine, kasneje pa v smeri predvidenega padca cevovoda, tudi teren (cesta) pade v določenem naklonu, kot je razvidno na sliki 30, do predvidenega jaška na globini 1,5 m.



Slika 35: Cesta, pod katero je predviden cevovod v Slapah (lasten arhiv)

Zaradi globine izkopa do 5 m na začetku jarka in izvedbe v cesti, se je pojavilo vprašanje, ali je mogoče klasično izvedbo nadomestiti kako drugače. Projektanti omenjenega projekta in načrtovalci HDD tehnologije so se povezali in prišli do rešitve, da bi se del, kjer je predviden nov gravitacijski kanal za potrebe odvajanja odpadne vode, izvedel s HDD vrtno.

6.1.3 Izvedba gravitacijskega sistema s HDD tehnologijo

S HDD tehnologijo lahko izvedemo različne kanalizacijske sisteme in v tem primeru tudi gravitacijskega. Sledenje vrtalne glave, ki poteka preko radijskega valovanja, nam omogoča natančnost tudi do 0,1 %, kar pogojuje sestava tal v območju izvedbe. Ob preučitvi geomehanike in pa ob predpostavljenem padcu cevovoda (2 %), smo se odločili izvesti gravitacijski cevovod s HDD tehnologijo.

6.1.3.1 Opis izvedbe podvrtavanje ceste s HDD tehnologijo

6.1.3.1.1 Načrtovanje HDD vrtine

Kot smo že omenili smo v fazi načrtovanja sodelovali s projektanti pri omenjenem projektu. Pomembne predpostavke, katere smo preučili in ki so pogoj za izvedbo vrtine, so naslednje:

- sestava tal je lapor in peščenjak, kar pomeni, da se podvrtava v osnovni hribini in temu primerno je potrebno zagotoviti vrtalno orodje za vse izvedbene faze, ki jih bomo opisali kasneje,
- podan padec cevovoda je bil predviden malo večji (2 %), zaradi razgibanosti terena in kot je običajno za gravitacijski sistem, kar s HDD tehnologijo ne predstavlja ovir,
- za postavitev vrtalne garniture in postavitev PEHD cevi, ki se bo vgradila, je bilo zagotovljeno dovolj delovnega pasu.

Na podlagi pridobljenih podatkov, kot so vzdolžni prerez terena, velikost cevi, ki se jih vgrajuje in pa geologije terena, smo v programu za izrise vrtin (ang. Grundo Bore Planner) izrisali vrtino s točkami na razdalji 3 metrov in podanimi globinami. Izris vrtine za podvrtavanje ceste nam služi kot osnovno navodilo pri izvedbi pilotne vrtine. Izris vrtine gravitacijskega KS je prikazan na prilogi D2, prav tako lahko vidimo prečni prerez vrtine na prilogi D3. Operater na sledilnem sistemu sledi izrisu vrtine in sproti javlja morebitne popravke upravljalcu vrtalnega stroja.

6.1.3.1.2 Izvedba HDD vrtine

Podvrtavanja pod cesto se izvede s sistemom horizontalnega usmerjenega vrtnja z uporabo radijskega vodenja (HDD). Podvrtavati začnemo na spodnji strani ceste, kjer je predviden jašek, kjer je nižja točka in kjer je tudi gradbena jama dimenzije 1,5mx2mx1,5m. Vrtalna garnitura se namesti 10 m pred predviden jašek, kjer je tudi začetek podvrtavanja. Izvede se vrtina, v katero se namesti PEHD cev premera 250 mm s pomočjo uvleke. Ob stroju za vrtnje se postavi kamion z mešalno napravo, prostor za skladiščenje bentonita in reciklirna naprava za recikliranje bentonita. Pri izstopni gradbeni jami, kjer je predviden objekt, na zgornji strani ceste, je prostor za kamion, ki odvažja bentonitne odplake. Primer lahko vidimo na sliki 36. Gradbene jame morajo biti primerno zavarovane glede na material in njihovo dimenzijo.



Slika 36: Črpanje bentonitnih odplak (lasten arhiv)

Izdelava pilotne vrtine

Pilotna vrtina se začne vrtati 10 m pred vhodno gradbeno jamo, kjer pridemo na globino 1,5 metra. Smer vrtnja je iz vhodne gradbene jame proti izhodni gradbeni jami, kjer je predviden objekt, in sicer ob sprotnem spremljanju predvidenega naklona 2 %. Vrtina se izvede v horizontali z začetno globino 1,5 metra pod cesto in do 5,5 m pod cesto na koncu, kjer se predvidi vhod vrtalne glave v gradbeno jamo. Glede na sestavo tal se za pilotno vrtino uporablja vrtalna glava za trši teren, ki je prikazana na sliki 36. Med izdelavo pilotne vrtine se bentonitna mešanica nabira v vstopni oz. izstopni gradbeni jami, iz katere se črpa na reciklirno napravo, kjer se prečisti in ponovno uporabi v celotnem sistemu. Pri izdelavi pilotne vrtine se sproti spremlja geomehansko stanje, kot je trdota in lastnost zemljine. Prav tako se sproti beležijo podatki o vrtini (višinske točke), ki kasneje služijo za izdelavo geodetskega posnetka. Dolžina vrtine, ki se zaključi v prej omenjenih gradbenih jamah, znaša 65 metrov.



Slika 37: Vrtalna glava za trši teren, imenovana ang. Trikon Bore Head (lasten arhiv)

Razširjanje vrtine

Razširjanje vrtine se izvede s povratnimi razširjevalci. Razširjanje vrtine se izvaja v nasprotni smeri pilotnega vrтанja. Glede na geomehaniko tal se izvede 1 stopnja, tako da pilotno vrtino razširimo na premer 250 mm, nato po končani stopnji še enkrat čistimo vrtino z razširjevalcem manjšega premera 230mm. Sprotno se pri razširjanju vrtine kontrolira iznos materiala z bentonitno mešanico in spremlja vsebnost bentonita in dodatkov. Na sliki 38 lahko vidimo nameščanje razširjevalca na vrtalne palice.



Slika 38: Nameščanje razširjevalca na vrtalne palice (lasten arhiv)

Uvleka cevi

Uvleka cevi poteka od izhodne gradbene jame, kjer je predvideno črpališče, proti vhodni gradbeni jami, kjer je predviden jašek in kjer je tudi začetek podvrtavanja. Na izhodni strani sočelno zavarimo PEHD cevi premera 250 mm, v ravni liniji v skupni dolžini 65 m. Tako pripravljene linije cevovoda vgradimo s pomočjo uvleke v pripravljeno vrtino. V tem primeru, kjer imamo veliko izhodno gradbeno jamo, si moramo pri montaži cevi pomagati z dvigali. Cev, ki je zavarjena v enem kosu (65 m), moramo pripeljati do izhodne gradbene jame in jo nato s prvim dvigalom spustimo 5 m globoko, da se priklopi na razširjevalec. Z drugim dvigalom pa cev med potekom same uvleke držimo v zraku, da lahko poteka uvleka pod predvidenim naklonom. Primer montaže cevi, kjer si pomagamo z dvigalom, lahko vidimo na sliki 39.



Slika 39: Montaža cevi s pomočjo dvigala (lasten arhiv)

Ko je cev vgrajena v vrtini, se izvede tlačni preizkus, in tako je cev pripravljena na montažo v predviden jašek.

6.2 Tlačni kanalizacijski sistem na projektu v Litiji

Tlačni kanalizacijski sistem gradi predvsem na hribovitih območjih in območju z visoko podtalnico. Pogosto se ta sistem uporablja v kombinaciji z gravitacijskim, predvsem kadar moramo omogočiti dvig in odvod odpadne vode iz nižje ležečih delov v višje in gravitacijsko

naprej na ČN. Pri tem sistemu se uporabljajo manjši premeri cevi, najbolj pogosto so to PEHD cevi. Prav tako so izkopi kanalov plitvejši, kar omogoča hitrejšo izgradnjo z manj vpliva na okolico. Pri tlačnem omrežju ni potrebno paziti na izvedbo padcev ne glede na teren. Prečkanje ovir oziroma inštalacij rešujemo s pomočjo kolenov.

Kanalizacijski sistem, ki je že zgrajen v Litiji, je razdeljen na dva med seboj ločena dela (levi in desni breg, kjer ju razmejuje reka Sava. Zasnova je mešani sistem, kjer se poleg komunalnih odpadnih vod v kanalizacijo zbira tudi padavinska odpadna voda iz urbanih površin.

Kanalizacijski sistem levega brega je razdeljen na dva dela, kjer prvi del gravitira na manjšo čistilno napravo, in drugi del, kjer se njegovo območje steka v reko Savo.

Tudi v kanalizacijskem sistemu desnega brega, v katerega se steka območje mestnega jedra in obrobna predela mesta, se odpadna voda preko več kolektorjev izliva v Savo.

Zaradi omenjene situacije se je načrtovala gradnja zbirnega kanala premera od 600 mm do 1000 mm, ki poteka ob Zasavski cesti in do predvidene lokacije nove ČN, po katerem se bo transportirala vsa odpadna voda Litije.



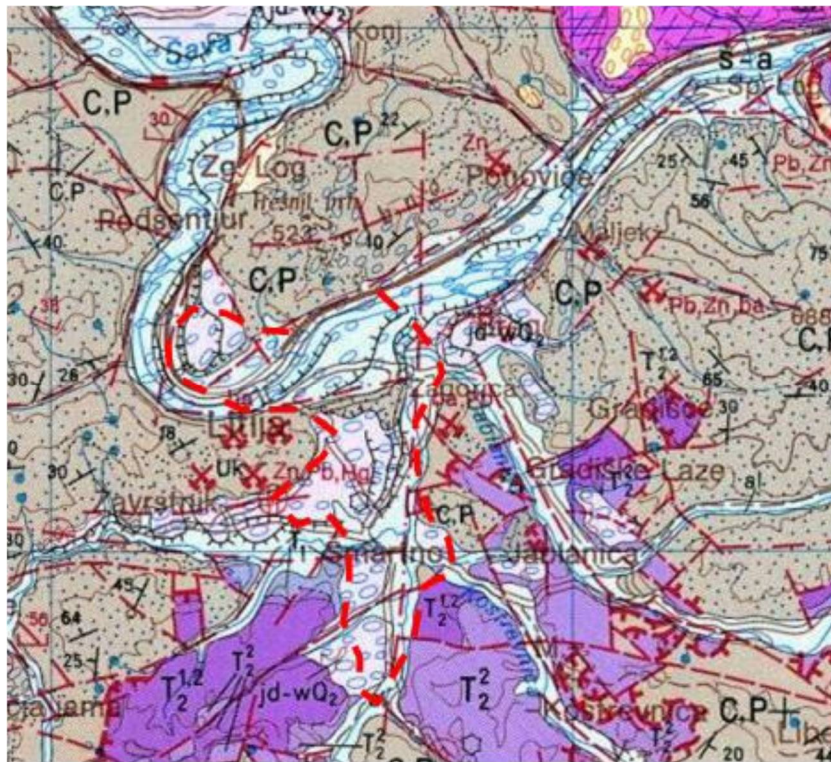
Slika 40: Prikaz območja urejanja odvodnje s prikazano etapnostjo (<http://www.geopedia.si>, pridobljeno 15.05.2016)

Kanalizacijsko omrežje je sestavljeno iz gravitacijskega sistema po vseh površinah, razen pod reko Savo, kjer povezuje črpališče na levem bregu in razbremenilnik na desnem bregu tlačni kanalizacijski sistem. Tlačni sistem pod reko Savo se je izvedel s tehnologijo

podvrtavanja HDD. Podvrtavanje je bila najbolj optimalna rešitev, kar bomo argumentirali s primerjavo s klasično tehnologijo.

6.2.1 Geološki podatki in raziskave

Dolino reke Save, kjer je predvideno njeno prečkanje, predstavljajo zaglinjeni prodni nanosi. Nad njimi se pojavlja 0,5 do 3 metre debela plast melja do glinastega melja s posameznimi prodniki. Na globini med 4 in 17,5 metra se nahaja trdna podlaga, in sicer v dnu doline, podatki so bili pridobljeni s pomočjo geomehanske vrtine. Na tem območju gre predvsem za zaglinjene prode s številnimi lečami gline. Trdno podlago gradijo C,P kamnine, na posameznih delih pa tudi tektonsko močno poškodovani triasni dolomiti. Izsek obravnavanega območja iz geološke karte lahko vidimo na sliki 36 z legendo na preglednici 5.



Slika 41: Izsek iz geološke karte z označenim obravnavanim območjem – list Ljubljana
(www.kalcedon.geo-zs.si, pridobljeno 08.05.2016)

Preglednica 5: Legenda h geološki karti (www.kalcedon.geo-zs.si, pridobljeno 08.05.2016)

Preglednica 1: Legenda k geološki karti

Oznaka	Starost	Opis litologije
al	Kvartar	Aluvij, rečni nanosi, splošno
jd-wQ ₂	Kvartar/pliokvartar	Ilovica ali glina s prodniki ali gruščem (würm)
T ₂	Trias	Dolomit (ladinijska stopnja)
T ₁	Trias	Dolomit, laporovec, apnenec, skrilavec, meljevec
C,P	Karbon-perm (C,P)	Peščenjak s polami skrilavega glinavca
C,P	Karbon-perm (C,P)	Kremenov konglomerat

6.2.2 Izvedba s klasično tehnologijo

Predstavili bomo varianto prečkanja vodotoka na klasičen način z izkopom. Tlačni sistem, ki poteka preko reke Save, predvideva dve polietilenski cevi premera 250mm. Glede na širino struge, ki je približno 100m, in povprečna globina vode v vodotoku 2,5 m, predstavlja prekop vodotoka zelo zahteven gradbeni poseg.

6.2.2.1 Opis izvedbe prekopa

V strugi reke Save je potrebno izkopati kanalizacijski jarek globine minimalno 3,20 m z minimalnim nadkritjem 2,20 m in širine 1,0 m za dve kanalizacijske cevi premera 250 mm. Jarek bo izkopen pod kotom 45 stopinj. Na mestu, kjer se bodo zavarile cevi, bo jarek razširjen na obe strani po 0,50 m in poglobljen za 0,30 m.

Predpogoji, ki morajo biti izpolnjeni za pričetek prekopa:

- nizek vodostaj,
- ugodna vremenska napoved brez obsežnejših padavin,
- izlov rib,
- zavarovanja gradbišča z zaščitnimi ograjami in z opozorilnimi gradbiščnimi tablami,
- pripravljene polietilenske cevi za montažo.

Tehnologija izkopa predvideva, da se najprej položi dve tretjini kanalizacijskih cevi na levi strani reke Save ter nato ena tretjina kanalizacijskih cevi na desni strani reke Save. Nato predlaganemu načinu sledijo vse nadaljnje faze od priprave gorvodnih nasipov, izkopa, polaganja cevi, zasipa in kamnite obloge.

Odkop brežine na levi strani reke Save se izvede na globini do 5,00 m. Material od odkopa se bo odlagal znotraj 40 m širokega delovnega pasu, ki se predvideva za traso kanalizacijskega omrežja in bo uporabljen za izdelavo rampe protipoplavnega nasipa ter za izdelavo gorvodnih nasipov.

Sledi izdelava gorvodnega nasipa iz gline ter preusmeritev pretoka vode, na nasipu bo izdelana gradbiščna PVC ograja. Transportna pot bo potekala 4 m od kanalizacijskega voda, v širini 6 m.

Izkop kanala na globini 2,5 m do 3,5 m pod dnom struge se izvaja z bagrom goseničarjem (25 ton) ter odlaganje izkopnega materiala v nasip za transportno pot, višek materiala pa bo odmetan izven nasipa za transportno pot gorvodno. Da ne pride do porušitve jarka, bodo izkopni jarki izkopani pod kotom 45 stopinj. V primeru, da predlagani naklon ne bo zagotavljal stabilnosti in varnosti jarka, se bo jarek izkopal pod manjšim kotom. Primer prekopa reke lahko vidimo na sliki 42.

Premet izkopenega materiala se bo izvajal z dvema bagroma. Za črpanje vode iz kanalizacijskega jarka, ki se bo izvajalo istočasno z izkopom, je potrebno namestiti agregat s potopnimi črpalkami. Ko bo izveden izkop, se bo izvedla geodetska meritev globine jarka. Sledi priprava peščene posteljice, na katero se položijo kanalizacijske cevi. Nato se izvede zasip kanalizacijskih cevi s peskom granulacije 0/4 mm. Za obtežitev in stabilizacijo cevi pred zasipom položimo na cevi vreče, napolnjene s suho cementno mešanico. Na koncu izvedemo kamnito oblogo jarka in izdelamo talni prag s tirnicami in kamnom v betonu MB 30.

Po zasipu jarka se odstrani gorvodni nasip. V območju protipoplavnega nasipa na levi strani reke Save se bo izdelala zapora iz glinenega jedra v dolžini 4 m okrog kanalizacijske cevi in vsaj še 1 m nad cevjo po celi širini jarka. Nato se bo nasip povnil v prvotno stanje z utrjevanjem izbranega materiala od izkopa. Material od nasipa se bo pri izkopu ločeval od preostalega izkopenega materiala. Pri zasipavanju in utrjevanju nasipa bo vključen geomehanski nadzor.

Po zaključku montaže kanalizacijske cevi na levi strani reke Save se izvedba po istem postopku nadaljuje na desni strani reke Save.

Ob nenadnem poslabšanju vremena in s tem nepredvidenega povečanja pretoka reke, se bo vsa oprema, ki je znotraj struge, delovne stroje in vsa ekipa nemudoma odstranila.



Slika 42: Primer prekopa večje reke, Savinje (lasten arhiv)

6.2.3 Izvedba tlačnega sistema s HDD tehnologijo

HDD tehnologija na omogoča izvedbo tlačnega kanalizacijskega sistema preko reke Save, brez večjih gradbenih posegov v primerjavi z izvedbo prekopa. Podvrtavanje se bo izvajalo iz levega brega proti desnemu bregu Save in sicer za potrebe tlačnega voda dimenzije 2 x 250 mm. Pri opisu bomo predstavil ključne faze izvedbe HDD tehnologije.

6.2.3.1 Opis izvedbe prečkanja vodotoka s HDD tehnologijo

6.2.3.1.1 Načrtovanje HDD vrtine

V fazi načrtovanja smo sodelovali s projektanti pri omenjenem projektu. Bistvene zadeve, ki smo jih morali razrešiti pri umestitvi HDD tehnologije v projekt, so bile naslednje:

- na podlagi geomehanskih raziskav smo določili kategorijo zemljine in določili območje, v katerem se predvideva podvrtavanje, da lahko zagotovimo stabilnost vrtine, omogočimo zmanjšano možnost izgube vrtalne tekočine in določimo zadostno nadkritje vgrajene cevi,

- ob predpostavki premera vrtine (650 mm) smo določili minimalni radij vrtnja, kateri je bistveni pri izrisu vrtine in določitvi območja delovnega pasu za potrebe izvedbe.

Na podlagi pridobljenih podatkov, kot so prečni prerez struge, velikost cevi, ki se jih vgrajuje in pa geologije terena, najprej v programu za izrise vrtin (ang. Grundo Bore Planner) izrišemo vrtino s točkami na razdalji 3 metrov in podanimi globinami. Izris vrtine za prečkanje reke Save nam služi kot osnovno navodilo pri izvedbi pilotne vrtine. Operater na sledilnem sistemu sledi izrisu vrtine in sproti javlja morebitne popravkeupravljalcu vrtalnega stroja. Operaterja, ki preko sledilnega sistema vodi vrtalno glavo čez reko Savo, lahko vidimo na sliki 43.



Slika 43: Operater na čolnu pri prečkanju reke Save (lasten arhiv)

6.2.3.1.2 Izvedba HDD vrtine

Prečkanje pod reko Savo se izvede s sistemom horizontalnega usmerjenega vrtnja z uporabo radijskega vodenja (HDD). Podvrtavati začnemo na desni strani reke Save, kjer je predviden jašek in kjer je tudi gradbena jama dimenzije 2mx2mx4m (priloga E1). Vrtalna garnitura se namesti 15m pred predviden jašek, kjer je tudi začetek podvrtavanja. Izvede se večja vrtina, v katero se namestita dve PEHD cevi, premera 250mm, s pomočjo uvleke. Ob stroju za vrtnje se postavi kamion z mešalno napravo, prostor za skladiščenje bentonita in reciklirna naprava za recikliranje bentonita. Pri izstopni gradbeni jami, dimenzije 2mx4mx2m, kjer je predvideno črpališče, na levi strani reke Save, je prostor za kamion, ki odvažata bentonitne odplake. Gradbene jame morajo biti primerno zavarovane glede na material in njihovo dimenzijo.

Izdelava pilotne vrtine

Pilotna vrtina se začne vrtati 15 m pred vhodno gradbeno jamo, kjer pridemo na globino 2 metra. Smer vrtnja je iz vhodne gradbene jame proti izhodni gradbeni jami, kjer je predvideno črpališče in sicer pravokotno na strugo. Vrtina se izvede v horizontali približno 2 metra pod brežino in 3 m pod dnom struge reke Save. Izris poteka vrtine, lahko vidimo na vzdolžnem prerezu, na prilogi E2, kot tudi prečni prerez vrtine, na prilogi E3. Med izdelavo pilotne vrtine se bentonitna mešanica nabira v vstopni oz. izstopni gradbeni jami, iz katere se črpa na reciklirno napravo, kjer se prečisti in ponovno uporabi v celotnem sistemu. Pri izdelavi pilotne vrtine se sproti spremlja geomehansko stanje, kot je trdota in lastnost zemljine. Prav tako se sproti beležijo podatki o vrtini (višinske točke), ki kasneje služijo za izdelavo geodetskega posnetka. Dolžina vrtine, ki se zaključi v prej omenjenih gradbenih jamah, znaša 176 metrov.

Razširjanje vrtine

Razširjanje vrtine se izvede s povratnimi razširjevalci. Razširjanje vrtine se izvaja v nasprotni smeri pilotnega vrtnja. Glede na geomehaniko tal se izvedejo 3 stopnje, tako da pilotno vrtino najprej razširimo na premer 250 mm, nato z drugo stopnjo na premer 450 mm in na zadnjo končno stopnjo razširjanja premera 600 mm. Sprotno se pri razširjanju vrtine kontrolira iznos materiala z bentonitno mešanico in spremlja vsebnost bentonita in dodatkov. Na sliki 44 lahko vidimo vrtalno garnituro med izvajanjem razširjanja vrtine in pa na sliki 45, pogled iz leve strani reke na desno stran reke.



Slika 44: Prečkanje reke Save v Litiji – pogled čez reko (lasten arhiv)



Slika 45: Prečkanje reke Save v Litiji – vrtnalna garnitura (lasten arhiv)

Uvleka cevi

Uvleka cevi poteka od izhodne gradbene jame, kjer je predvideno črpališče, proti vhodni gradbeni jami, kjer je previden jašek in kjer je tudi začetek podvrtavanja. Na izhodni strani sočelno zavarimo PEHD cevi premera 250 mm, v dveh ravnih linijah in v dolžini posamezne, ki je 176 m. Primer sočelnega varjenja lahko vidimo na sliki 46. Tako pripravljene linije cevovoda vgradimo s pomočjo uvleke v pripravljeno vrtno. Izhodna gradbena jama mora imeti zadnjo steno nižjo, da nam lahko omogoča montažo cevi v vrtno. Ko so cevi vgrajene v vrtni, se izvede tlačni preizkus, in tako so cevi pripravljene na nadaljnjo uporabo v sistemu cevovoda.



Slika 46: Prikaz sočelnega varjenja PEHD cevi (lasten arhiv)

6.3 Vakuumski kanalizacijski sistem na projektu v Borovnici

Vakuumski kanalizacijski sistem se gradi predvsem na ravninskih območjih in kjer je visoka podtalna voda. Izkopi so plitvi in ozki zaradi uporabe cevi manjših premerov, kar omogoča krajši čas polaganja cevovodov. Posebnost cevovoda je, da se polaga v tako imenovanem žagastem profilu. Tako kot se na podlagi terena odločimo za racionalnejšo izvedbo med gravitacijskim in vakuumskim kanalizacijskim sistemom, se lahko še naprej odločimo o izbiri klasične izvedbe ali izvedbe določenega odseka s podvrtavanjem.

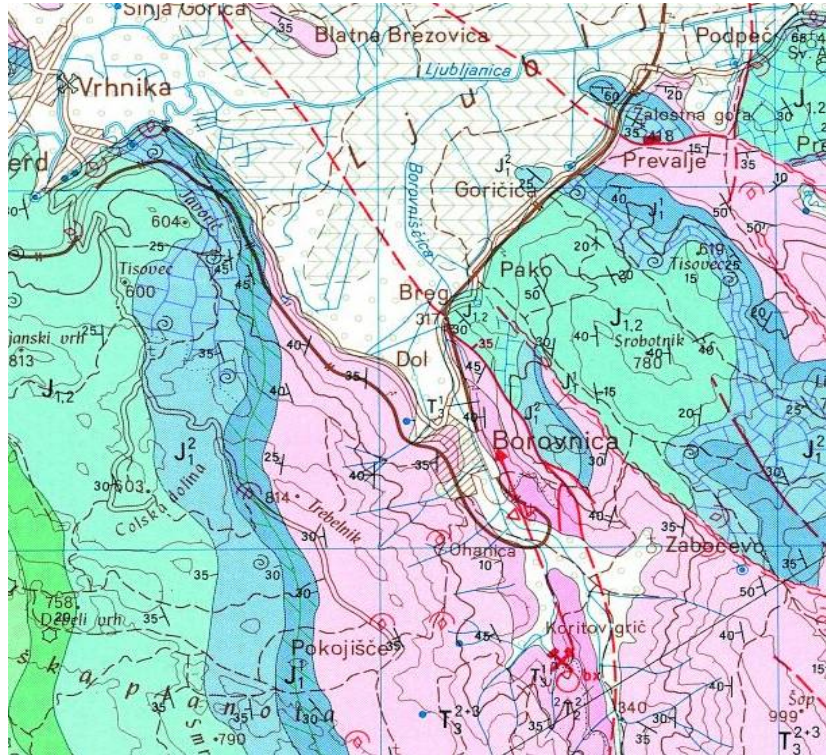
V naselju Breg in Paka v občini Borovnica odvodnja komunalnih vod še ni urejena. Komunalne odpadne vode se zbirajo v individualnih pretočnih in nepretočnih greznicah in naprej odtekajo v ponikanje, kar predstavlja problem z vidika varovanja podtalnice. Sistem odvodnje meteorne vode ostaja nespremenjen in se bodo iz utrjenih površin stekale v obcestne jarke, kjer lokalno poniknejo. Večjih uporabnikov in s tem večjih onesnaževalcev vode na območju uporabe ni, morebitne tehnološke odpadne vode pa bi se predhodno očistile in vodile naprej v vodotok ali v ponikanje.

V obravnavanem območju se je predvidela izgradnja podtlačnega oz. vakuumskega kanalizacijskega sistema. Obravnavan sistem je zasnovan kot vakuumski v ločenem načinu odvodnje, saj s tem omogoča celostno odvodnjo komunalnih vod iz obravnavanega območja. Končna dispozicija komunalnih odpadnih voda, ki jih obravnava omenjen vakuumski sistem, je čistilna naprava, ki se nahaja na isti lokaciji kot podtlačna postaja.

Vakuumski sistem odvodnje je bil izbran zaradi težavne zemljine, katera je pomešana s posameznimi skalami, in višinske situacije, saj bi v primeru gravitacijske kanalizacije zahtevala večje število črpališč. Zaradi razgibanosti terena so trase kanalov prilagojene terenskim pogojem in usklajene z obstoječimi komunalnimi vodi in terenskimi pogoji.

6.3.1 Geološki podatki in raziskave

Na osnovi geotehničnih raziskav, ki so bile narejene na obravnavanem območju, lahko povzamemo sestavo tal. Temeljna tla do globine 6,5 m od kote terena na lokacije čistilne naprave tvorijo barjanski sedimenti, menjavajoče plasti pustih in mastnih glin (CI-CH) ter zaglinjenih do peščenih meljev (MI-ML). Mestoma se pojavi tudi šota (Pt). Konsistenčno stanje glinasto meljnih zemljin je večinoma lahko gnetno, deloma srednje gnetno, tudi židko. Pod njim se nahajajo prodno peščene zemljine z vsebnostjo melja do raziskanih globin (12 m). Nivo talne vode se nahaja na globini 2 m pod koto terena v času raziskav (januar), v neugodnih vremenskih razmerah pa lahko pride voda tudi na površje.



Slika 47: Izsek iz geološke karte obravnavanega območja – list Postojna (www.kalcedon.geo-zs.si, pridobljeno 08.05.2016)

Preglednica 6: Legenda k geološki karti (www.kalcedon.geo-zs.si, pridobljeno 08.05.2016)

Oznaka	Barva	Opis litologije
J _{1,2}	Svetlo modra	Gost in ooliten apnenec
J ₁ ²	Modra	Menjava apnenca in dolomita z litotidami
T ₃ ²⁺³	Svetlo vijolična	Glavni dolomit
j	Bela	Jezerski in barjanski sedimenti (pleistocen in holocen)

6.3.2 Izvedba s klasično tehnologijo

Obravnavali bomo vakuumski kanalizacijski odsek od vakuumske postaje preko obdelovalnega zemljišča, preko vodotoka in ceste, v skupni dolžni 138 m. Na podlagi predhodnih podatkov, kot je sestava tal, nivo podtalnice in globina izkopa, se je obravnavani odsek dodatno obravnaval in se je na podlagi analize izvedbe jarka, podala opsijska rešitev, saj je izvedba s prekopom pod temi pogoji zelo zahtevna in neracionalna, kar bomo predstavili v nadaljevanju.

6.3.2.1 Opis izvedbe prekopa

Izkop kanala je predviden strojno z dodatkom ročnega izkopa zaradi obstoječih napeljav. Posebnost pri izvedbi jarka je globina izkopa 5 m, mehka zemljina in visok nivo podtalnice. Zato je predvideno razpiranje z vertikalnim opažem in črpati moramo talno vodo toliko časa, dokler niso cevi montirane in zasute do take višine, da preprečimo dvig cevi zaradi vzgona. Priporoča se, da se cevi montirajo in zasipavajo sproti in se ne pušča daljših odsekov cevovoda nezasutih. S tem se izognemo morebitnim mehanskim poškodbam cevovoda pri močnejših nenadnih padavinah. Vse faze od izkopa, priprave posteljice, vgrajevanje cevi, zasip kanala in vzpostavitev prvotnega stanja smo opisali v 3. poglavju.

Glede na to, da obravnavan odsek, ni v urbanem območju, ni veliko podzemnih komunalnih vodov, poteka preko obdelovalnega zemljišča, izkop kanala ne bi predstavljal večjih zapletov. Ker pa je mehka zemljina, velika globina izkopa (5 m), visok nivo podtalnice in prečkanje vodotoka in ceste, predstavlja izkop jarka več težav, ki bi jih lahko rešili z opsijsko rešitvijo. Za razliko od gravitacijskega kanala, kjer je predviden konstanten padec, je posebnost pri vakuumskem kanalu žagasti profil polaganja cevi z minimalnim padcem 0,2 %, ki ga lahko vidimo na sliki 48.



Slika 48: Primer polaganja žagastega profila pri vakuumski kanalizaciji (lasten arhiv)

6.3.3 Izvedba vakuumskega sistema s HDD tehnologijo

HDD tehnologija na omogoča izvedbo vakuumskega kanalizacijskega sistema preko prečkanja obdelovalne površine, območja z visoko podtalnico in v mehki zemljini hitreje in bolj racionalno v primerjavi z izvedbo prekopa. Podvrtavanje se bo izvajalo od predvidene postavitve vakuumske postaje, preko polja, pod potokom in cesto do predvidenega jaška (priloga F1). V vrtino se bo uvlekla PEHD cev dimenzije fi 250 mm za potrebe vakuumske kanalizacije. Pri opisu bomo predstavili ključne faze izvedbe HDD tehnologije.

6.3.3.1 Opis izvedbe prečkanja s HDD tehnologijo

6.3.3.1.1 Načrtovanje HDD vrtine

Tudi pri tem projektu smo sodelovali že v fazi projektiranja. Glavni detajli, ki smo jih morali zagotoviti z izvedbo HDD vrtine, so bili naslednji:

- žagasti profil z minimalnim padcem 0,2 %, ker je bila mehkejša zemljina, je bilo s tem omogočeno zelo natančno sledenje vrtalne glave in s tem zagotovitev predpisanega padca cevi,
- sestava tal je iz barjanskih sedimentov in gline, kar omogoča vodljivost vrtalne glave in kasneje uvleka PEHD cevi,
- visok nivo podtalnice, pri HDD vrtini ni bila ovira,
- zagotovljen je bil zadosten delovni plato za postavitev celotne vrtalne garniture in prostorsko smo se prilagodili, da smo bili pri vakuumski postaji na zadostni globini in s predvidenim padcem.

Ko smo pridobili vse podatke, predvsem višinske točke, obstoječe komunalne vode, cev, ki se vgrajuje ter geologijo terena, smo določili minimalni dopustni radij vrtanja (75 m) in izrisali predvideno vrtino v programu (ang. Grundy Bore Planner). Omenjen izris HDD vrtine (priloga C) nam služi za izvedbo pilotne vrtine. Območje, kjer je predvideno podvrtavanje s HDD tehnologijo je, prikazano na sliki 49.



Slika 49: Območje, kjer je predvideno podvrtavanje s HDD tehnologijo (lasten arhiv)

6.3.3.1.2 Izvedba HDD vrtine

Vrtalni stroj in vsa pomožna oprema se pripeljejo na mesto vstopne lokacije. Območje vrtalne ploščadi mora biti predhodno pripravljeno pred prihodom vse potrebne opreme.

Po nastavitvi vrtalne garniture na načrtovani mikrolokaciji vstopne točke bo vrtalni stroj poravnal v skladu z izračunanim vstopnim kotom vrtine. Tik pred začetkom vrtnja se sinhronizira vrtalna garnitura z instrumenti za sledenje vrtalne glave.

Podvrtavanje se začne 35 m pred vakuumsko postajo, saj potrebujemo takšno dolžino, da z radijem vrtnja 75 m pridemo na točko priklopa cevi v vakuumsko postajo, ki se nahaja na globini 5 m. Posebej za podvrtavanje se gradbena jama ne izvede, saj se sočasno gradi vakuumsko postaja in se ta gradbena jama porabi za potrebe HDD vrtine. Nato vrtnje poteka na globini okoli 5 m s predvidenim padcem 0,2 %. Nato se po približno 40 m vrtine izvede sprememba padca, tako imenovan žagasti profil oz. skok cevi na daljši razdalji, kolikor dopušča upogib cevi, pri zaključni fazi, ko poteka uvlek v vrtino. Nato prihajamo z vrtino do vodotoka, kjer ga prečkamo na globini minimalno 2 m, ki pa je odvisna od sestave zemljine. Po prečkanju vodotoka z vrtino moramo prečkati še regionalno cesto in pridemo do končne točke, kjer je predviden jašek.

Časovni potek posameznega podvrtavanja bo odvisen od geološko geomehanskih pogojev na lokaciji, kar pomeni, da se ob enaki dolžini podvrtavanja lahko poveča čas izvedbe vrtine

v hribini tudi do 100 % glede na vrtnje v zemljinah. Vrtnje v hribini sicer ni predvideno, je pa omenjeno, če bi nepredvideno naleteli nanjo.

Izdelava pilotne vrtine

Takoj po končani pripravi vrtalne ploščadi se začne izvajati pilotna vrtina (slika 50). Izvajanje pilotne vrtine se začne 35 m pred vakuumsko postajo, kjer moramo imeti predvideno globino 5 m. Pilotna vrtina napreduje po vnaprej določeni poti od vstopne do izstopne točke, kot je predvidel izris vrtine v vzdolžnem prerezu (priloga F2). Skozi vrtalno drogovje in vrtalno glavo se dovaja vrtalna tekočina, ki skrbi za iznos delcev in stabilizacijo vrtine. Posebno pozornost moramo nameniti sledenju vrtalne glave, saj moramo dosegati minimalni določen padec 0,2 %. Med izdelavo pilotne vrtine se bentonitna mešanica nabira v vstopni oz. izstopni gradbeni jami, iz katere se črpa na reciklirno napravo, kjer se prečisti in ponovno uporabi v celotnem sistemu. Pri izdelavi pilotne vrtine se sproti spremlja geomehansko stanje, kot je trdota in lastnost zemljine. Prav tako se sproti beležijo podatki o vrtini (višinske točke), ki kasneje služijo za izdelavo geodetskega posnetka. Dolžina vrtine, ki se zaključi v prej omenjenih gradbenih jamah, znaša 138 metrov, brez upoštevanja pilotne vrtine od začetka do vakuumске postaje, kje se vrši odklop cevi po končani uvleki.



Slika 50: Prikaz vrtalnega stroja med izvedbo pilotne vrtine (lasten arhiv)

Razširjanje vrtine

Razširjanje pilotne vrtine se izvede v nasprotni smeri pilotnega vrtnja s povratnimi razširjevalci. Izvajalo se bo v eni stopnji do končnega potrebnega premera vrtine in sicer z razširjevalcem dimenzije 325 mm. Sprotno se med razširjanjem vrtine kontrolira iznos materiala in opravljajo meritve karakteristike vrtalne tekočine. Prečni prerez vrtine lahko vidimo na prilogi F3.

Uvleka cevi

Uvleka cevi se izvede takoj, ko se zaključi faza razširjanja na končni premer vrtine. Na izhodni strani se namesti primeren razširjevalec, ki je manjši od končnega premera vrtine. Zadaž na njega se namesti, na poseben priklop, ki omogoča, da se cev med postopkom uvleke ne vrtili, cev za uvleko, pritrjena na kovinski vlačilec, kot kaže slika 51. Med uvleko cevi se v vrtino prav tako dovaja vrталna tekočina, ki skrbi za iznos materiala in mazanje cevi. Ko je cev v vrtini, se preveri tesnost cevi s tlačnim preizkusom in padec cevi s TV kamero. Ob pridobljenih podatkih, ki ustrezajo zahtevam projekta, se cev lahko uporabi za nadaljnjo gradnjo.



Slika 51: Prikaz priklopa PEHD cevi na razširjevalec (lasten arhiv)

7 EKONOMSKA PRIMERJAVA MED KLASIČNO TEHNOLOGIJO IN HDD TEHNOLOGIJO IN PRIMERJAVA MED RAZLIČNIMI KANALIZACIJSKIMI SISTEMI

Na pravilno izbiro kanalizacijskih sistemov vpliva več pomembnih dejavnikov. Glavni dejavniki, ki vplivajo na izbiro načina kanalizacijskega sistema so: hribovito oziroma ravninsko področje, območje z visoko podtalnico, omejitve, naravne danosti lokacije. Na podlagi preučitev vseh dejavnikov se odločimo za ekološko in stroškovno najprimernejši način odvodnjavanja. Po pravilni izbiri načina odvodnje moramo izbrati tudi, na kakšen način bomo zgradili kanalizacijski sistem oziroma kako bomo pri sami gradnji rešili omejitve in kompleksne detajle. Kadar pri izvedbi kanalizacijskih sistemov pridemo do premostitvenih ovir, vodovarstvenih in zaščitnih območij ali zahtev po minimalnem posegu, lahko uporabimo HDD tehnologijo podvrtavanja.

7.1 Primerjava med različnimi kanalizacijskimi sistemi

Preglednica 7: Primerjava med posameznimi kanalizacijskimi sistemi

Element primerjavo za	GRAVITACIJSKI KANALIZACIJSKI SISTEM V VIPAVI	TLAČNI KANALIZACIJSKI SISTEM V LITJI	VAKUUMSKI KANALIZACIJSKI SISTEM V BOROVNICI
Visok nivo podtalnice	-	+	+
PEHD cevi manjšega premera	-	+	+
Vodotesnost	-	+	+
Plitvi jarki	-	+	+
Zahtevan minimalni padec cevi	+	-	-
Večji stroški investicije	-	+	+
Visoki obratovalni stroški	-	+	+
Zahtevnost izvedbe	+	-	-
Vplivi na okolje	+	-	-
Hitra izvedba	-	+	+
Možnost obratovalnih motenj	-	+	+

V preglednici 7 smo najprej primerjali med sabo vse tri kanalizacijske sisteme na posameznih projektih in na koncu podali ugotovitve. Primerjal sem nekaj najpomembnejših elementov, ki bistveno vplivajo na odločitev o izbiri pravih kanalizacijskega sistema:

- kadar imamo visok nivo podtalnice, se bolj poslužujemo gradnje alternativnih sistemov odvodnje kot gravitacijskega, saj ni potrebno kopati globokih jarkov in s tem črpati velike količine talne vode,
- za potrebe tlačnega in vakuumskega KS uporabljamo PEHD cevi manjšega premera, medtem ko za gravitacijski KS uporabljamo cevi večjih premerov in pretežno betonske ali PVC cevi,
- vodotesnost pri alternativni odvodnji lahko zagotavljamo, saj je predpogoj za nemoteno delovanje pri gravitacijskem KS ne moremo tega v celoti zagotavljati,
- zaradi izvedbe z manjšimi premeri cevi so jarki bolj plitvi pri alternativni odvodnji,
- pri gravitacijskem KS moramo zagotavljati minimalni padec cevi, medtem ko to ni potrebno pri tlačnem KS in malo manj pri vakuumskem KS,
- večja investicija pri alternativni odvodnji predvsem zaradi izgradnje vakuumske postaje oz. črpališča,
- zaradi nenehne uporabe električne energije, ki je potrebna za delovanje alternativne odvodnje, je obratovanje dražje kot pri gravitacijskem KS,
- zahtevnost izvedbe je večja pri gravitacijskem KS, sajse zaradi uporabe večjih premerov cevi izvajajo jarki večjih globlin,
- vplivov na okolje je manj pri alternativni odvodnji, saj je zagotovljena vodotesnost cevi, ki preprečuje vdor talne vode v KS,
- hitrejša izvedba je pri alternativni odvodnji, predvsem zaradi uporabe cevi manjših premerov in plitvejših jarkov,
- možnost obratovalnih motenj je pri gravitacijskem KS manjša, saj ni odvisna od električne energije in lahko nemoteno deluje.

7.2 Ekonomska primerjava med klasično tehnologijo in HDD tehnologijo

Za ekonomsko primerjavo med klasično tehnologijo z izkopi in HDD tehnologijo podvrtavanja smo naredili stroškovno oceno posamezne investicije. Predvsem smo se osredotočili na fazo izgradnje obravnavanega odseka posamezne kanalizacije. Predstavili smo 3 različne primere izgradnje kanalizacijskih sistemov, kot so gravitacijski, tlačni in vakuumski. Izgradnja različnih kanalizacijskih sistemov, ki ima vsak svoje zahteve pri izgradnji, predstavljajo dobre primere, na katerih lahko naredimo primerjavo glede stroškov izgradnje.

V naslednji preglednici so predstavljeni vsi trije obravnavani primeri, ki smo jih stroškovno primerjali.

Preglednica 8: Stroškovna analiza izvedbe treh kanalizacijskih sistemom

Tehnologija gradnje	Gravitacijski kanalizacijski sistem	Tlačni kanalizacijski sistem	Vakuumski kanalizacijski sistem
Klasična gradnja z izkopi	37.416,39 €	190.624,19 €	51.852,53 €
HDD tehnologija podvrtavanja	28.994,27 €	128.342,40 €	39.658,92 €

Pri projektu v Vipavi, kjer smo izvajali gravitacijski kanalizacijski sistem za odvod odpadne vode iz novo nastalega objekta, smo stroške izgradnje predstavili za klasično tehnologijo in HDD tehnologijo (Priloga D). V omenjenem primeru smo imeli razgiban teren, tršo zemljino in traso kanalizacije, ki je potekala v cesti. Kot vidimo v primerjavi stroškov, se je izkazalo, da je gravitacijski kanalizacijski sistem, izveden po HDD tehnologiji ugodnejši in zato bolj optimalen. Ker smo se odločili za izvedbo po HDD tehnologiji, smo se izognili izkopu jarka na veliki globini, terminski čas izvedbe je bil hitrejši zaradi sestave tal in v času gradnje je cesta bila nemoteno vozna, brez zastojev. Sestava zemljine je bila po celotni dolžini konstanta in se ni menjavala, zato nam je to omogočilo izvedbo predvidenega padca profila kanalizacije.

Tlačni kanalizacijski sistem smo obravnavali na projektu v Litiji, kjer je izveden v povezavi z gravitacijskim kanalizacijskim sistemom, zaradi prečrpavanja odpadne vode iz enega brega na drugi breg reke Save. Stroške izgradnje tlačnega kanalizacijskega sistema smo ocenili s pomočjo obeh obravnavanih načinov gradnje (priloga E). Prečkanje največje reke v Sloveniji gotovo predstavlja velik gradbeni poseg, tako s klasično tehnologijo kot s HDD tehnologijo podvrtavanja. Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) v večini primerov predpisuje prečkanje rek na način podvrtavanja, da je kar najmanjši vpliv na okolje. Vendar se v določenih primerih, kjer ni druge rešitve, prečkanje izvede s prekopom. V našem primeru se je kot bolj ugodna varianta prečkanja reke Save izkazalo podvrtavanje po HDD tehnologiji. Izvedba s klasično tehnologijo s prekopom, bi povzročili večje težave, kot so: prisotnost talne vode, zato je prekop možen le v ugodnih vremenskih razmerah, velik vpliv na okolici zaradi večjega posega v samo strugo reke in pa časovno bi gradnja potekala dlje časa. S HDD vrtno se izognemo večjim gradbenim posegom in s tem ne vplivamo na okolico, gradnja poteka časovno hitrejša kot klasična gradnja ob ugodni sestavi tal, zagotavljamo odmik od obstoječih vodov in premagamo lahko večje razdalje v enem kosu. Uporabljajo se PEHD cevi z zaščitnim PP plaščem, ki varuje cev pred mehanskimi poškodbami med samo uvleko. Velik vpliv na izbiro te tehnologije ima geološka analiza terena, ki znatno vpliva na čas in kompleksnost izvedbe.

Kot tretji primer smo stroškovno obravnavali izgradnjo vakuumskega kanalizacijskega sistema, ki velja za tehnološko najbolj zahtevno izvedbo med obravnavanimi (priloga F). V našem primeru je imel projekt bistvene predpostavke, katere so vodile k izvedbi odseka vakuumskega sistema po ugodnejši varianti, po HDD tehnologiji, kar je mogoče razbrati v primerjalni tabeli. Posebnosti za izvedbo so bile naslednje: velika globina izkopa, 5 m, visoka podtalnica in mehka zemljina. Gradnja po klasični tehnologiji bi bila zahtevna zaradi globine izkopa jarka, ki bi ga morali varovati s kanalskimi opaži, konstantno bi bilo potrebno črpati talno vodo iz jarka in pa podlago za kanalizacijske cevi bi morali utrditi, verjetno s piloti, zaradi mehke zemljine. S HDD tehnologijo je bila izvedba ugodnejša, saj sta bili potrebni le 2

gradbeni jami, ker je mehka zemljina po celotni vrtini, je bila sledljivost in vodljivost vrtalne glave omogočena do zelo velike natančnosti, kar je tudi predvideval projekt.

8 ZAKLJUČEK

Pri gradnji različnih vrst cevovodov se poleg klasične tehnologije z izkopi uveljavljajo tudi tehnologije brez izkopov. Uporaba tehnologij brez izkopov se veča prav zaradi uporabnih rešitev, ki jih lahko nudimo s to tehnologijo.

V diplomski nalogi smo predstavili alternativo klasični gradnji, način vrtnja, ki ga imenujemo horizontalno vodeno vrtnje oz. HDD tehnologija. Največkrat se poslužujemo omenjene tehnologije podvrtavanja, kadar moramo sprojektirati in kasneje izvesti določen detajl prečkanja obstoječih infrastruktur, vodotokov, zaščitene območji in ostalo.

Prednosti uporabe HDD tehnologije smo prikazali na praktičnih primerih, ki smo jih izvedli s to tehnologijo in njegove posebnosti pri izvedbi. Osredotočili smo se na izvedbo različnih kanalizacijskih sistemov glede na način odvodnje, kot so: gravitacijski, tlačni in vakuumski. Uporabo HDD tehnologije smo na koncu tudi stroškovno opredelili, kar je tudi eden izmed faktorjev pri izbiri omenjenega podvrtavanja namesto izvedbe s prekopom.

Na izvedenih projektih, kjer smo uporabili HDD tehnologijo podvrtavanja, smo primerjali med sabo tudi kanalizacijske sisteme. Primerjali smo jih na več različnih področjih, ki pomembno vplivajo na izbiro določenega kanalizacijskega sistema. Najpomembnejša področja so naslednja: nivo podtalnice, zemljina, v kateri izvajamo gradnjo, razgibanost terena in posledično globine izkopov in predvidenih padcev, zahtevnost izvedbe, stroški investicije in obratovanja. Ob izbiri določenega kanalizacijskega sistema se moramo tudi odločiti o načinu njegove izgradnje. V preteklosti se je celotna gradnja izvajala samo s klasično tehnologijo z izkopi. V Sloveniji se od leta 2000 dalje uveljavlja tehnologija podvrtavanja, imenovana HDD. Tehnologija predvsem nadomešča klasično gradnjo v primerih, kadar imamo prečkanje večjih vodotokov, obstoječih vodov, večje infrastrukture, zaščitena območja in posebnih detajlov.

Predstavili in analizirali smo izvedbo treh kanalizacijskih sistemov na treh različnih projektih in na vsakem od njih se je izvajalo drugačno prečkanje. Na koncu smo posamezno prečkanje stroškovno primerjali s klasično gradnjo in na podlagi rezultatov opravičili izvedbo HDD podvrtavanja namesto klasične gradnje s prekopom. V Litiji smo izvedli podvrtavanje pod reko Savo za potrebe tlačnega kanalizacijskega voda. HDD vrtina se je izkazala za racionalnejšo, saj prekop največje reke v Sloveniji pomeni zelo zahteven gradbeni poseg. V Borovnici smo izvedli HDD podvrtavanje za potrebe vakuumskega kanalizacijskega voda. Glede na visok nivo podtalnice in veliko globino izkopa ter prečkanje vodotoka se je kot bolj ugodna rešitev pokazalo podvrtavanje s HDD vrtino. Na projektu odvodnjavanja v Vipavi pa se je HDD podvrtavanje izvedlo za gravitacijski kanalizacijski vod. V omenjenem primeru je bila trasa kanalizacije v cesti, večja globina izkopa in zemljina trše kategorije, zato se je tudi v tem primeru HDD vrtina izkazala za racionalnejšo in manj moteče za obstoječi promet in gradnjo objekta v neposredni bližini.

Glede na dobro sodelovanje med projektanti in izvajalci HDD tehnologije se je uporaba HDD tehnologije dobro umestila v prostor in z marsikaterimi izvedbenimi rešitvami pripomogla k realizaciji določenih detajlov v več projektih. Ker je s HDD tehnologijo manj vplivov na okolje, bolj optimalne rešitve in izvedba v vseh kategorijah zemljine, kadar rešujemo detajle

prečkanja, se je uporaba te tehnologije zelo povečala in na podlagi nenehnega razvoja je vedno več različnih možnosti za izvedbo.

9 VIRI

Bayer, H.J. 2015. HDD Praktični vodnik. Založba Vulkan, Tolmin: 176 str.

Drilling Contractors Association (DCA - Europa). 2009. Information and recommendations for the planning, construction and documentation of HDD - projects. 3rd edition. Aachen, Germany: 78 str.

FSTT. 2005. Microtunneling and Horizontal drilling. French national project »microtunnels« guidelines/FSTT. Hermes Science Publishing, London: 343 str.

Kolar, J. 1983. Odvod odpadne vode iz naselij in zaščita voda. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 523 str.

Kreissl, J., Behrend, G.R., Burden, D.G. idr. 2008. Alternative Sewer System. WEF Manual of Practice No. FD-12 Second Edition. Water Environment Federation Alexandria, Virginia: 308 str.

Maleiner, F. 2005. Prvo vakuumsko omrežje v Sloveniji. Ljubljana. Gradbeni vestnik 54: 20 - 34 in 42 - 46.

Maleiner, F. 2009. Podtlačna kanalizacijska omrežja v Sloveniji. Ljubljana. Gradbeni vestnik 58: 3 - 9.

Najafi, M. 2013. Trenchless Technology, Planning, Equipment and Methods. The Mc Graw-Hill Companies, Inc. New York: 582 str.

Panjan, J. 2005. Osnove zdravstvene hidrotehnične infrastrukture. Učbenik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Inštitut za zdravstveno hidrotehniko: 289 str.

Petrešin, E. 2007. Hidravlični preračun vakuumske kanalizacije – praktične izkušnje in priporočila. Maribor. Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo: 24 str.

U.S. EPA, 2002. Wastewater Technology Fact Sheet, Sewer Pressure. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Office of Water: EPA 832-F-02-006 Washington: 9 str.

Vacuum Sewers 101, 2007. PDHengineer Course No. C-8015, Vacuum Sewers - Design and Installation Guidelines. Portions of this course use material excerpted from Alternative Sewer Systems, 2nd ed. Manual of Practice No. FD-12 Reprinted with permission from Alternative Sewer Systems Water Environment Federation Alexandria, Virginia: 63 str.

Žitnik, J., Berdajs, A., Slokan, I. idr. 2008. Gradbeniški priročnik. Ljubljana. Tehnična založba Slovenije: 693 str.

Willough, D.A. 2005. Horizontal directional drilling. Utility and pipeline applications. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York: 263 str.

Internetni viri:

AIRVAC. 2016.

<http://www.airvac.com> (Pridobljeno 1. 5. 2016.)

AMC MUD. 2016.

<http://www.amcmud.com> (Pridobljeno 28. 4. 2016.)

Barnes Pressure Sewer Systems. 2016.

http://www.process-controls.com/Burlington_Pump/barnes_pressure_sewer_systems.htm
(Pridobljeno 20. 5. 2016.)

Clark Regional Wastewater District. 2016.

<http://www.crwwd.com/step.html> (Pridobljeno 20. 5. 2016.)

Digital Control Incorporated. 2016.

<http://www.digital-control.com> (Pridobljeno 28. 4. 2016.)

Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo. 2016.

<http://www.di.gov.si> (Pridobljeno 10. 5. 2016.)

DITCH WITCH. 2016.

www.ditchwitch.com (Pridobljeno 10. 5. 2016.)

FLOVAC. 2016.

<http://www.flovac.com> (Pridobljeno 25. 5. 2016.)

FLOWTEX EGYPT. 2016.

<http://www.flowtexegypt.com> (Pridobljeno 5. 5. 2016.)

Geološki zavod Slovenije. 2016.

<http://www.kalcedon.geo-zs.si> (Pridobljeno 2. 5. 2016.)

Geopedia. 2016.

<http://www.geopedia.si> (Pridobljeno 15. 5. 2016.)

H.Gerpinis S.A. 2016.

<http://www.gerpinis.gr> (Pridobljeno 20. 5. 2016.)

Loxahatchee River District. 2016.

http://www.loxahatcheeriver.org/low_pressure_sewer_systems.php (Pridobljeno 21. 5. 2016.)

Prime Drilling. 2016.

<http://www.prime-drilling.de> (Pridobljeno 29. 4. 2016.)

TRACTOTECHNIK. 2016.

<http://www.tracto-technik.com> (Pridobljeno 5. 5. 2016.)

T.G. Rankin Company. 2016.

<http://tgrankin.com/content/view>, (Pridobljeno 20. 5. 2016.)

VILKOGRAD. 2016.

<http://www.vilkograd.com/o-podjetju> (Pridobljeno 18. 5. 2016.)

Vodovod Kanalizacija d.o.o. 2016.

<http://www.vo-ka.si> (Pridobljeno 18. 5. 2016.)

SEZNAM PRILOG

- PRILOGA A: Popis del s cenami za projekt Vipava
- PRILOGA B: Popis del s cenami za projekt Litija
- PRILOGA C: Popis del s cenami za projekt Borovnica
- PRILOGA D.1: Situacija izvedbe podvrtavanja v Vipavi
- PRILOGA D.2: Vz dolžni prere z podvrtavanja v Vipavi
- PRILOGA D.3: Karakteristični prečni prere z vrtine
- PRILOGA E.1: Situacija izvedbe podvrtavanja v Litiji
- PRILOGA E.2: Vz dolžni prere z podvrtavanja v Litiji
- PRILOGA E.3: Karakteristični prečni prere z vrtine
- PRILOGA F.1: Situacija izvedbe podvrtavanja v Borovnici
- PRILOGA F.2: Vz dolžni prere z podvrtavanja v Borovnici
- PRILOGA F.3: Karakteristični prečni prere z vrtine

PRILOGA A: POPIS DEL S CENAMI ZA PROJEKT VIPAVA

OBJEKT: KANALIZACIJA VIPAVA - GRAVITACIJA

VARIANTA 1: IZKOP

Zap. št	POSTAVKA	Enota	Količina	Cena na enoto	Cena skupaj
I./	KANALIZACIJA VIPAVA - GRAVITACIJA				
I.A/	PREDEDELA				
1	Obnovitev in zavarovanje zakoličene osi trase kanalizacije	m	65,00	2,40 €	156,00 €
2	Postavitev in kasnejša odstranitev gradbenih profilov in nivelacija vzdolžnih padcev.	m	65,00	1,30 €	84,50 €
3	Priprava in oorganizacija gradbišča z gradbiščno tablo vključno z vsemi potrebnimi deli. V tej postavki je potrebno zajeti tudi stroške začasnih dovoznih poti ter vzpostavitev v prvotno stanje. Izvajalec si mora ogledati predvideno traso predvidene kanalizacije in v to postavko vključiti vsa potrebna dela pri organizaciji, pripravi, zavarovanju in čiščenju gradbišča.	kpl	1,00	850,00 €	850,00 €
5	Preverba podatkov, detekcija, odkrivanje in trasna ter višinska zakoličba vseh komunalnih in energetskih vodov ter oznaka križanj na predvideni dolžini izgradnje kanalizacije, vključno s stroški nadzora in morebitnih prestavitev komunalnih vodov.	kos	3,00	135,00 €	405,00 €
5	Rezanje robov asfalta debeline do 10cm ter premaz robov z bitumensko emulzijo v času izvajanja asfalterskih del	m	130,00	4,20 €	546,00 €
6	Frezanje asfalta debeline do 10cm, nakladanje ter odvoz na stalno deponijo	m ²	162,50	7,50 €	1.218,75 €
7	Rušenje robnikov 15/25/100 z nakladanjem in odvozom na stalno deponijo	m	65,00	7,12 €	462,80 €
I.A/	PREDEDELA SKUPAJ:				1.495,50 €
I.B/	ZEMELJSKA DELA				
1	Strojni izkop obstoječega gramoznega materiala v cestišču v debelini 20 cm z nakladanjem in odvozom na začasno deponijo-material predviden za zasip	m ³	32,50	6,50 €	211,25 €
2	Strojni izkop jarkov globine 0-2 m v zemljini 3., 4. in 5. ktg. z odmetom na rob izkopa.				
	-3-4ktg. (30 %)	m ³	85,80	6,80 €	583,44 €
	-5ktg. (70 %)	m ³	200,20	20,60	4.124,12

				€	€
3	Strojni izkop jarkov globine 2-4 m v zemljini 3., 4. in 5. ktg. z odmetom na rob izkopa.				
	-3-4ktg. (30 %)	m ³	62,40	7,50 €	468,00 €
	-5ktg. (70 %)	m ³	145,60	21,80 €	3.174,08 €
4	Strojni izkop jarkov globine 4-5 m v zemljini 3., 4. in 5. ktg. z odmetom na rob izkopa.				
	-3-4ktg. (30 %)	m ³	22,43	7,50 €	168,23 €
	-5ktg. (70 %)	m ³	52,33	23,60 €	1.234,99 €
5	Nabava, montaža in demontaža dvostranskega vertikalnega varovalnega opaža za razpiranje sten izkopa po tehnologiji izvajalca	m ²	260,00	6,50 €	1.690,00 €
6	Ročna izravnava in utrjevanje dna jarka s točnostjo +- 3cm jarka v predvidenem nagibu	m ²	65,00	1,00 €	65,00 €
7	Dobava in polaganje geotekstila v jarek v skladu z navodili za vgrajevanje	m ²	65,00	1,85 €	120,25 €
8	Ročna izdelava peščene posteljice debeline 10 cm s peščenim materialom frakcije 0-8 mm, vključno z dobavo, prevozom in vgradnjo materiala. Komprimacija z lahкими komprimacijskimi sredstvi do primerne zbitosti.	m ³	6,50	23,40 €	152,10 €
9	Ročni obsip cevi z dobro vezljivim, dobavljenim peščenim materialom (0-8 mm) skladno s standardom SIST EN-1610, do višine 30cm nad cevjo, z utrjevanjem do zbitosti (97 % SPP), oz. nosilnosti Me ₂ =50MPa (80 %trase)	m ³	32,50	23,40 €	760,50 €
10	Ročni obsip cevi s prebranim (presejanim) izkopanim, neostrorobim materialom po navodilih nadzora, skladno s standardom SIST EN-1610 do višine 30cm nad temenom cevi, po celotni širini jarka, z utrjevanjem do zbitosti (97 % SPP), oz. nosilnosti Me ₂ =50MPa	m ³	19,50	7,30 €	142,35 €
11	Strojni zasip jarka z izkopanim materialom z izločanjem kamenja nad fi 10cm oziroma po navodilih nadzora, s komprimiranjem v plasteh do zbitosti 98 % SPP oziroma nosilnosti Me ₂ =80MPa. V ceni za enoto je potrebno upoštevati nakladanje, prevoz in vgradnjo materiala izčasne deponije v mesto zasipa	m ³	430,50	4,50 €	1.937,25 €
12	Zasip jarka z novim pripeljanim gramozem-tamponom, s komprimiranjem do zbitosti 98 % SPP oziroma nosilnosti Me ₂ =100MPa	m ³	131,75	21,70 €	2.858,98 €
14	Valjanje in planiranje planuma spodnjega ustroja	m ²	162,50	0,80 €	130,00 €

10	Nakladanje in odvoz viškov materiala na stalno deponijo, ki jo v skladu s pravilniki, ki urejajo ravnanje z gradbenimi materiali, pridobi in organizira sam izvajalec del. V ceni je potrebno upoštevati tudi končno ureditev deponije in pridobitev vse potrebne dokumentacije.	m3	151,25	7,60 €	1.149,50 €
I.B/	ZEMELJSKA DELA SKUPAJ:				18.970,03 €

I.C/ KANALIZACIJSKA DELA					
1	Dobava, prevoz in polaganje kanalizacijskih PE/HD cevi DN 250 mm PE100, SDR11.	m	65,00	91,50 €	5.947,50 €
2	Izvedba priključka cevi na jaške	kom	2,00	240,00 €	480,00 €
I.C/	KANALIZACIJSKA DELA SKUPAJ :				6.427,50 €

I. D/ CESTARSKA DELA					
1	Dobava , prevoz in vgrajevanje manjkajočega novega tampona v cestno telo. V ceni za enoto je potrebno vkalkulirati tudi zaklinjanje tampona ter fino pripravo pred asfaltiranjem	m3	32,50	23,40 €	760,50 €
2	Dobava, prevoz in asfaltiranje cestišča, po zahtevah upravljalca ceste - grobi asfalt v debelini 6cm	m2	162,50	14,50 €	2.356,25 €
3	Dobava, prevoz in asfaltiranje cestišča, po zahtevah upravljalca ceste - fini asfalt v debelini 3cm	m2	162,50	8,65 €	1.405,63 €
4	Dobava, prevoz in vgrajevanje gramoznega materiala v bankine-po končanih asfalterskih delih	m2	65,00	4,30 €	279,50 €
5	Dobava, prevoz in polaganje novih cestnih robnikov 15/25/100 z obbetoniranjem.	m	65,00	24,50 €	1.592,50 €
I.D/	CESTARSKA DELA SKUPAJ:				6.394,38 €

I. E/ ZAKLJUČNA DELA					
1	Projektantski nadzor in usklajevanje projekta z dejansko ugotovljenim stanjem na terenu	ur	8,00	65,00 €	520,00 €
2	Geomehanski nadzor ter izdelava poročila s strani geomehanika	ur	5,00	65,00 €	325,00 €
3	Geodetski posnetek izvedenega stanja ter izdelava geodetskega načrta za vpis v GJI (situacije, podolžne profile, pisane podolžne profile, inventarne liste). Investitorju je potrebno predati dokumentacijo v štirih izvodih, pri geodetskem posnetku je potrebno dostaviti podatke tudi v digitalni obliki (berljivo z Arcview pisani podolžni profil v TXT)	m	65,00	2,65 €	172,25 €
4	Izdelava PID-a in dokazila o zanesljivosti objekta. Investitorju je potrebno predati	kpl	1,00	1.200,00 €	1.200,00 €

	dokumentacijo v štirih izvodih.				
5	Čiščenje gradbišča po končani gradnji na trasi in vzpostavitev prvotnega stanja	m	65,00	2,00 €	130,00 €
I.E/ ZAKLJUČNA DELA SKUPAJ:					2.347,25 €
I./ KANALIZACIJA VIPAVA - GRAVITACIJA SKUPAJ:					35.634,65 €
NEPREDVIDENA DELA 5 %:					1.781,73 €

VARIANTA 1 SKUPAJ:	37.416,39 €
---------------------------	--------------------

VARIANTA 2: PODVRTAVANJE PO TEHNOLOGIJI HDD

Zap. št	POSTAVKA	Enota	Količina	Cena na enoto	Cena skupaj
I./	KANALIZACIJA VIPAVA - GRAVITACIJA				
I.A/	PODVRTAVANJE PO TEHNOLOGIJI HDD				
1	Izdelava vodene vrtine fi325mm za uvlačenje PE/HD cevi 1xfi250mm po tehnologiji HDD, v zemljini ktg. III.-IV. (30 %) in V.ktg. (70 %)	m	65,00	275,75 €	17.923,75 €
2	Dobava in montaža PE oplaščene kanalizacijske cevi fi250mm PE100, SDR11, PN16 sočelnim varjenjem cevi	m	65,00	134,36 €	8.733,40 €
3	Dobava bentonita za potrebe vrtnja	kg	750,00	0,75 €	562,50 €
4	Dobava vode za potrebe vrtnja	m3	30,00	4,15 €	124,62 €
5	Recikliranje bentonita	m3	30,00	23,00 €	690,00 €
6	Odvoz odpadnega bentonita na stalno deponijo	m3	20,00	18,00 €	360,00 €
7	Premik garniture	kos	1,00	300,00 €	300,00 €
8	Gradbena jama dimenzij 1,5 x 1,5 m, globine 1 m	kos	2,00	150,00 €	300,00 €
I.A/	PODVRTAVANJE PO TEHNOLOGIJI HDD SKUPAJ:				28.994,27 €
I./	KANALIZACIJA VIPAVA - GRAVITACIJA SKUPAJ:				28.994,27 €

VARIANTA 2 SKUPAJ:	28.994,27 €
---------------------------	--------------------

PRILOGA B: POPIS DEL S CENAMI ZA PROJEKT LITIJA

OBJEKT: KANALIZACIJA LITIJA - TLAČNA

VARIANTA 1: IZKOP

Zap. št	POSTAVKA	Enota	Količina	Cena na enoto	Cena skupaj
I./	KANALIZACIJA LITIJA - TLAČNA				
I.A/	PREDEDELA				
1	Obnovitev in zavarovanje zakoličene osi trase kanalizacije	m	191,00	2,40 €	458,40 €
2	Postavitev in kasnejša odstranitev gradbenih profilov in nivelacija vzdolžnih padcev.	m	191,00	1,30 €	248,30 €
3	Priprava in ogranizacija gradbišča z gradbiščno tablo vključno z vsemi potrebnimi deli. V tej postavki je potrebno zajeti tudi stroške začasnih dovoznih poti ter vzpostavitev v prvotno stanje. Izvajalec si mora ogledati predvideno traso predvidene kanalizacije in v to postavko vključiti vsa potrebna dela pri organizaciji, pripravi, zavarovanju in čiščenju gradbišča.	kpl	1,00	1.500,00 €	1.500,00 €
5	Preverba podatkov, detekcija, odkrivanje in trasna ter višinska zakoličba vseh komunalnih in energetske vodov ter oznaka križanj na predvideni dolžini izgradnje kanalizacije, vključno s stroški nadzora in morebitnih prestavitev komunalnih vodov.	kos	5,00	135,00 €	675,00 €
6	Priprava delovnega pasu s transportno potjo za montažo cevododa.	m	191,00	18,40 €	3.514,40 €
I.A/	PREDEDELA SKUPAJ:				6.396,10 €
I.B/	ZEMELJSKA DELA				
4.	Izkop jarka globine 2,90 do 4,00 m v strugi z odmetom na stran:				
4.1.	- izkop v III. ktg.	m3	560,00	4,20 €	2.352,00 €
4.2.	- izkop v IV. ktg. - preperel lapor, samice	m3	100,00	5,80 €	580,00 €
4.3.	- izkop v V. ktg. - kompakten lapor	m3	100,00	18,60 €	1.860,00 €
5.	Izkop jarka globine do 9 m z odmetom in premetom ali odzivom na začasno deponijo v okviru delovnega pasu - povprečna razdalja je 30 m:				

5.1.	- izkop v III. ktg.	m3	2.400,00	6,50 €	15.600,00 €
5.2.	- izkop v IV. ktg. - preperel lapor, samice	m3	100,00	7,80 €	780,00 €
5.3.	- izkop v V. ktg. - kompakten lapor	m3	100,00	20,60 €	2.060,00 €
6.	Izkop jarka globine 2,00 do 5,00 m za kanalizacijski jarek izven struge z odmetom na stran:				
6.1.	- izkop v III. ktg.	m3	1.020,00	4,20 €	4.284,00 €
6.2.	- izkop v IV. ktg.	m3	100,00	5,80 €	580,00 €
7.	Zasip kanalizacijskega jarka t izkopanim materialom.	m3	4.320,00	3,80 €	16.416,00 €
8.	Odvoz odvečnega materiala (cev, beton, kamnita obloga, prag itd.) na stalno deponijo, ki jo preskrbi izvajalec.	m3	160,00	7,60 €	1.216,00 €
9.	Izdelava gorvodnega nasipa za preusmeritev vode in s tem za osušitev 1. polovice struge z dobavo zemeljskega materiala kompletno z vsemi deli. Količina je ocenjena. Možno je uporabiti zemeljski material od viška izkopa za kanalizacijo.	m3	500,00	18,75 €	9.375,00 €
10.	Izdelava gorvodnega nasipa za preusmeritev vode in s tem za osušitev 2. polovice struge z uporabo zemeljskega materiala kompletno z vsemi deli. Količina je ocenjena. Možno je uporabiti zemeljski material od nasipa za 1. polovico struge.	m3	500,00	18,75 €	9.375,00 €
11.	Odstranitev vodnega nasipa z odvozom na stalno deponijo oz. v zasip plinovoda in vzpostavitev struge v prvotno stanje.	m3	500,00	9,75 €	4.875,00 €
12.	Obbetoniranje kanalizacijske cevi v jarku po montaži cevi vključno z opažem in betonom: podpiranje cevi z lesenimi podstavki 80x15x15 cm, čiščenje in planiranje podlage, na 1 m s trakovi iz geotekstila šir. 10 cm, opaž in nearmirani beton C16/20 debeline min. 15 in maks. 20 cm (ca. 0,90 m3/m1). Izmera po dolžini obbetonirane cevi.	m1	80,00	128,00 €	10.240,00 €
13.	Zavarovanje dna in brežin reke s strojno zloženim kamnom premera 30-50 cm, v peti brežine in na koncu obloge dolvodno s kamni premera 100 cm. Priprava podlage s potrebnim izkopom, peščenim slojem 15 cm iz peska 0-16 mm, vgradnjo kamnov, zastičenje v strugi s peskom 0-16 mm, brežine nad gladino z rodovitno zemljo in posejanje travnega semena.	m2	300,00	37,50 €	11.250,00 €
14.	Kompletna izvedba talnega praga dolžine 50 m:				
14.1.	- dodatni izkop v III. ktg. za izdelavo praga (glede na kanalizacijski jarek)	m3	200,00	4,20 €	840,00 €
14.2.	- zasip po končanju del (preostali material se odpelje)	m3	100,00	3,80 €	380,00 €

14.3.	- planiranje podlage v projektiranem naklonu z utrjevanjem	m2	250,00	2,40 €	600,00 €
14.4.	- dobava in zabijanje železniških tirnic dolžine 2 m	kos	52,00	119,00 €	6.188,00 €
14.5.	- kompletna izdelava talnega praga širine 5,50 m in debeline 0,80 m iz kamnov v betonu: 70 % kamni in 30 % betona C25/30	m3	220,00	75,00 €	16.500,00 €
15.	Izdelava kamnite obloge v vznožju vodnega nasipa iz kamnov premera 30 - 50 cm.	m2	60,00	45,00 €	2.700,00 €
16.	Črpanje vode iz kanalizacijskega jarka v času polaganja in obbetoniranja kanalizacijske cevi.	ura	240,00	23,80 €	5.712,00 €
17.	Izlov rib na območju polaganja kanalizacije v vodotoke, ki ga izvaja pristojna ribiška družina.	kpl	1,00	1.200,00 €	1.200,00 €
18.	Kompletna izdelava posteljice v debelini 0,10 m po celi širini jarka 1,40 m z dobavo in izravnavo peska granulacije 0-4 mm ali granulacije 0-8 mm z zaobljenimi zrnji. Obračun po dolžini položene kanalizacije.	m1	111,00	23,40 €	2.597,40 €
19.	Dobava in nasipanje peska drobljenca granulacije 0-4 mm za posteljico in zasip cevi. Pesek mora biti brez ostrih robov, ki bi lahko poškodovali izolacijo. Peščeni obsip je potrebno izdelati na odsekih, kjer cev ni tovarniško obbetonirana, pod vsemi prometnimi površinami in na odsekih, kjer zahteva projekt zaradi geomehanskih razmer.	m3	120,00	23,40 €	2.808,00 €
20.	Razplaniranje rodovitne zemlje od izkopa (humuziranje) s transportom humusa z gradbiščne deponije do 10 m daleč in razstiranjem v debelini ca. 20 cm. Izmera po prostornini v raščnem stanju izkopa.	m3	560,00	6,80 €	3.808,00 €
21.	Končno čiščenje s finim planiranjem rodovitne zemlje, sejanje travne mešanice z dobavo semena, zagrebanjem semena (po celi širini delovnega pasu). Izmera po dolžini urejene trase.	m1	111,00	8,20 €	910,20 €
I.B/	ZEMELJSKA DELA SKUPAJ:				135.086,60 €
I.C/ KANALIZACIJSKA DELA					
1	Dobava, prevoz in polaganje kanalizacijskih PE/HD cevi DN 250 mm PE100, SDR11. (2xfi250mm)	m	382,00	91,50 €	34.953,00 €
2	Izvedba priključka cevi na jaške	kom	2,00	240,00 €	480,00 €
I.C/	KANALIZACIJSKA DELA SKUPAJ :				35.433,00 €

I. E/	ZAKLJUČNA DELA				
1	Projektantski nadzor in usklajevanje projekta z dejansko ugotovljenim stanjem na terenu	ur	20,00	65,00 €	1.300,00 €
2	Geomehanski nadzor ter izdelava poročila s strani geomehanika	ur	15,00	65,00 €	975,00 €
3	Geodetski posnetek izvedenega stanja ter izdelava geodetskega načrta za vpis v GJI (situacije, podolžne profile, pisane podolžne profile, inventarne liste). Investitorju je potrebno predati dokumentacijo v štirih izvodih, pri geodetskem posnetku je potrebno dostaviti podatke tudi v digitalni obliki (berljivo z Arcview pisani podolžni profil v TXT)	m	191,00	2,65 €	506,15 €
4	Izdelava PID-a in dokazila o zanesljivosti objekta. Investitorju je potrebno predati dokumentacijo v štirih izvodih.	kpl	1,00	1.850,00 €	1.850,00 €
I.E/ ZAKLJUČNA DELA SKUPAJ:					4.631,15 €
I./ KANALIZACIJA LITIJA - TLAČNA SKUPAJ:					181.546,85 €
NEPREDVIDENA DELA 5 %:					9.077,34 €

VARIANTA 1 SKUPAJ: 190.624,19 €

VARIANTA 2: PODVRTAVANJE PO TEHNOLOGIJI HDD

Zap. št	POSTAVKA	Enota	Količina	Cena na enoto	Cena skupaj
I./ KANALIZACIJA LITIJA - TLAČNA					
I.A/ PODVRTAVANJE PO TEHNOLOGIJI HDD					
1	Izdelava vodene vrtine fi650mm za uvlačenje PE/HD cevi 2xfi250mm po tehnologiji HDD, v zemljini ktg. III.-IV.	m	191,00	328,60 €	62.762,60 €
2	Dobava in montaža PE oplaščene kanalizacijske cevi fi250mm PE100, SDR11, PN16 sočelnim varjenjem cevi	m	382,00	134,36 €	51.325,52 €
3	Dobava bentonita za potrebe vrtnja	kg	7900,00	0,75 €	5.925,00 €
4	Dobava vode za potrebe vrtnja	m3	320,00	4,15 €	1.329,28 €
5	Recikliranje bentonita	m3	160,00	23,00 €	3.680,00 €
6	Odvoz odpadnega bentonita na stalno deponijo	m3	140,00	18,00 €	2.520,00 €
7	Premik garniture	kos	1,00	300,00 €	300,00 €
8	Gradbena jama dimenzij 1,5 x 1,5 m, globine 1 m	kos	2,00	250,00 €	500,00 €
I.A/ PODVRTAVANJE PO TEHNOLOGIJI HDD SKUPAJ:					128.342,40 €
I./ KANALIZACIJA LITIJA - TLAČNA SKUPAJ:					128.342,40 €

VARIANTA 2 SKUPAJ: 128.342,40 €

PRILOGA C: POPIS DEL S CENAMI ZA PROJEKT BOROVNICA

OBJEKT: VAKUUMSKA KANALIZACIJA BOROVNICA

VARIANTA 1: IZKOP

Zap. št	POSTAVKA	Enota	Količina	Cena na enoto	Cena skupaj
I./	PODTLAČNA KANALIZACIJA BOROVNICA				
I.A/	PREDEDELA				
1	Obnovitev in zavarovanje zakoličene osi trase kanalizacije	m	138,00	2,40 €	331,20 €
2	Postavitev in kasnejša odstranitev gradbenih profilov in nivelacija vzdolžnih padcev.	m	138,00	1,30 €	179,40 €
3	Priprava in organizacija gradbišča z gradbiščno tablo vključno z vsemi potrebnimi deli. V tej postavki je potrebno zajeti tudi stroške začasnih dovoznih poti ter vzpostavitev v prvotno stanje. Izvajalec si mora ogledati predvideno traso predvidene kanalizacije in v to postavko vključiti vsa potrebna dela pri organizaciji, pripravi, zavarovanju in čiščenju gradbišča.	kpl	1,00	850,00 €	850,00 €
4	Odstranjevanje ovir in čiščenje terena pred gradnjo	m	138,00	3,50 €	483,00 €
5	Preverba podatkov, detekcija, odkrivanje in trasna ter višinska zakoličba vseh komunalnih in energetskih vodov ter oznaka križanj na predvideni dolžini izgradnje kanalizacije, vključno s stroški nadzora in morebitnih prestavitev komunalnih vodov.	kos	5,00	135,00 €	675,00 €
I.A/	PREDEDELA SKUPAJ:				2.518,60 €
I.B/	ZEMELJSKA DELA				
1	Strojni površinski odriv (izkop) humusa debeline cca 0,2 cm z deponiranjem ob trasi za vzpostavitev prvotnega stanja po izvedbi del	m3	82,80	3,80 €	314,64 €
2	Strojni izkop jarkov z naklonom stranic 60° globine 0-2 m v zemljini 3.-4. ktg. z odmetom na rob izkopa.	m3	938,40	5,40 €	5.067,36 €
3	Strojni izkop jarkov z naklonom stranic 60° globine 2-4 m v zemljini 3.-4. ktg. z odmetom na rob izkopa.	m3	607,20	6,50 €	3.946,80 €
4	Strojni izkop jarkov z naklonom stranic 60° globine 4-5 m v zemljini 3.-4. ktg. z odmetom na rob izkopa.	m3	179,40	6,80 €	1.219,92 €
5	Nabava, montaža in demontaža dvostranskega vertikalnega varovalnega opaža za	m2	550,00	6,50 €	3.575,00 €

	razpiranje sten izkopa po tehnologiji izvajalca				
6	Črpanje vode v času izvajanja gradbenih del	ur	168,00	23,90 €	4.015,20 €
7	Ročna izravnava in utrjevanje dna jarka s točnostjo +/- 3cm jarka v predvidenem nagibu	m2	138,00	1,00 €	138,00 €
8	Ročna izdelava peščene posteljice debeline 16 cm s peščenim materialom frakcije 0-8 mm, vključno z dobavo, prevozom in vgradnjo materiala. Komprimacija z lahкими komprimacijskimi sredstvi do primerne zbitosti.	m3	22,08	23,40 €	516,67 €
9	Dobava, transport in vgrajevanje tamponskega materiala (odstrel) v primeru nenosilnosti temeljnih tal - po naročilu nadzora in naročnika.	m3	69,00	21,80 €	1.504,20 €
10	Zasip jarka z izkopanim materialom, pridobljenim z izkopom jarkov, utrjevanje po plasteh debeline max. 30 cm.	m3	1702,52	4,50 €	7.661,34 €
11	Nakladanje in odvoz viškov materiala na stalno deponijo, ki jo v skladu s pravilniki, ki urejajo ravnanje z gradbenimi materiali, pridobi in organizira sam izvajalec del. V ceni je potrebno upoštevati tudi končno ureditev deponije in pridobitev vse potrebne dokumentacije.	m3	91,08	7,60 €	692,21 €
12	Humusiranje travnih površin s poprej odstranjenim humusom	m3	82,80	2,40 €	198,72 €
13	Planiranje zelenih površin, grabljenje kamenja, sejanje s travnim semenom in gnojenje	m2	552,00	1,50 €	828,00 €
I.B/	ZEMELJSKA DELA SKUPAJ:				29.678,06 €
I.C/ KANALIZACIJSKA DELA					
1	Dobava, prevoz in polaganje kanalizacijskih PE/HD cevi DN 250 mm PE100, SDR11.	m	138,00	91,50 €	12.627,00 €
2	Izvedba priključka cevi na jaške	kom	2,00	240,00 €	480,00 €
I.C/	KANALIZACIJSKA DELA SKUPAJ :				13.107,00 €
I. D/ ZAKLJUČNA DELA					
1	Projektantski nadzor in usklajevanje projekta z dejansko ugotovljenim stanjem na terenu	ur	10,00	65,00 €	650,00 €
2	Geomehanski nadzor ter izdelava poročila s strani geomehanika	ur	7,00	65,00 €	455,00 €
3	Geodetski posnetek izvedenega stanja ter izdelava geodetskega načrta za vpis v GJI (situacije, podolžne profile, pisane podolžne profile, inventarne liste). Investitorju je potrebno predati dokumentacijo v štirih izvodih, pri geodetskem posnetku je potrebno dostaviti podatke tudi v digitalni obliki (berljivo z Arcview pisani podolžni profil v TXT)	m	138,00	2,65 €	365,70 €
4	Izdelava PID-a in dokazila o zanesljivosti objekta. Investitorju je potrebno predati dokumentacijo v štirih izvodih.	kpl	1,00	1.850,00 €	1.850,00 €
5	Čiščenje gradbišča po končani gradnji na trasi in vzpostavitev prvotnega stanja	m	138,00	2,00 €	276,00 €

6	Izdelava meritev zbitosti zasipa z izdelavo končnega poročila s strani pooblaščne organizacije	m	138,00	3,50 €	483,00 €
I.D/ ZAKLJUČNA DELA SKUPAJ:					4.079,70 €
I./ PODTLAČNA KANALIZACIJA BOROVNICA SKUPAJ:					49.383,36 €
NEPREDVIDENA DELA 5 %:					2.469,17 €

VARIANTA 1 SKUPAJ:	51.852,53 €
---------------------------	--------------------

VARIANTA 2: PODVRTAVANJE PO TEHNOLOGIJI HDD

Zap. št	POSTAVKA	Enota	Količina	Cena na enoto	Cena skupaj
I./ PODTLAČNA KANALIZACIJA BOROVNICA					
I.A/ PODVRTAVANJE PO TEHNOLOGIJI HDD					
1	Izdelava vodene vrtine fi325mm za uvlačenje PE/HD cevi 1xfi250mm po tehnologiji HDD, v zemljini ktg. III.-IV.ktg.	m	138,00	123,50 €	17.043,00 €
2	Dobava in montaža PE oplaščene kanalizacijske cevi fi250mm PE100, SDR11, PN16 sočelnim varjenjem cevi	m	138,00	134,36 €	18.541,68 €
3	Dobava bentonita za potrebe vrtnja	kg	1500,00	0,75 €	1.125,00 €
4	Dobava vode za potrebe vrtnja	m3	60,00	4,15 €	249,24 €
5	Recikliranje bentonita	m3	60,00	23,00 €	1.380,00 €
6	Odvoz odpadnega bentonita na stalno deponijo	m3	40,00	18,00 €	720,00 €
7	Premik garniture	kos	1,00	300,00 €	300,00 €
8	Gradbena jama dimenzij 1,5 x 1,5 m, globine 1 m	kos	2,00	150,00 €	300,00 €
I.A/ PODVRTAVANJE PO TEHNOLOGIJI HDD SKUPAJ:					39.658,92 €
I./ PODTLAČNA KANALIZACIJA BOROVNICA SKUPAJ:					39.658,92 €

VARIANTA 2 SKUPAJ:	39.658,92 €
---------------------------	--------------------