

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

**Primerjava izvedbe klasične elektro kableske
kanalizacije z izvedbo s podvrtavanjem po metodi
HDD na objektu zamenjava SN KB 20 kV (k-491)
Prešernova Arbajterjeva na odseku med
TP Maistrova Ptuj (t-370) – TP CSUI Ptuj (t-241)**

Kandidat: Gregor Petek

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Gradbeništvo

Mentor – predavatelj: Bojan Dapčević, univ. dipl. inž. grad.

Mentorica v podjetju: Ivanka Marin, dipl. inž. grad.

Lektorica: Jasmina Vajda Vrhunec, prof. slov.

Maribor, 2024

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Gregor Petek sem avtor diplomskega dela z naslovom Primerjava izvedbe klasične elektro kableske kanalizacije z izvedbo s podvrtavanjem po metodi HDD na objektu zamenjava SN KB 20 kV (k-491) Prešernova Arbajterjeva na odseku med TP Maistrova Ptuj (t-370) – TP CSUI Ptuj (t-241), ki sem ga napisal pod mentorstvom Bojana Dapčeviča, univ. dipl. inž. grad.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne – kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP); prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Ptuj, oktober 2024

Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvaljujem se Bojanu Dapčeviću, univ. dipl. inž. grad., za mentorstvo pri pisanju diplomskega dela.

Hvala Ivanki Marin, dipl. inž. grad., s podjetja Elektro Maribor, d. d., za pomoč, nasvete in strokovno usmerjanje pri pisanju diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi družbi Elektro Maribor, d. d., v kateri sem zaposlen, za uporabo podatkov in podporo pri izdelavi diplomskega dela.

Hvala Jasmini Vajda Vrhunec, prof. slov., za lektoriranje mojega diplomskega dela.

Posebno zahvalo namenjam svoji družini za vso ljubezen, spodbudo in podporo.

POVZETEK

Gradnja in posodabljanje infrastrukture sta izredno pomembna za nemoten potek družbenih procesov in celostni družbeni razvoj. Izbira sodobnih metod gradnje je pomembna prioriteta. Ker se s povečevanjem populacije v urbanih naseljih oziroma mestih soočamo z dodatno obremenitvijo infrastrukture, to zahteva gradnjo novih infrastrukturnih vodov oziroma obnovo obstoječih. Ključnega pomena je, da so nove rešitve trajnostno naravnane in prilagojene potrebam rastoče populacije.

V mestnih okoljih smo omejeni s prostorom, kar pogojuje način gradnje in projektiranja. Z umeščanjem infrastrukture v prostor tako ali drugače vplivamo na okolje in človeka kot del okolja. Pri gradnji podzemne linijske infrastrukture se uporabljata dve metodi gradnje: klasičen način gradnje z izkopom in gradnja brez izkopa. Prava izbira metode je ključna za minimalizacijo vplivov na okolje in ljudi v gostih urbanih območjih.

Namen diplomskega dela je bil z različnih vidikov primerjati izvedbo klasične elektro kabelske kanalizacije (EKK) v primerjavi z radijsko vodenim podvrtavanjem (HDD) na praktičnem primeru. Na konkretnem praktičnem primeru smo tako podrobno predstavili tehnologiji gradnje EKK. Opis obsega vse bistvene podrobnosti glede tehnologij, opreme in izvedbe del pri gradnji EKK. Teoretično sta predstavljeni izvedba klasične EKK in izvedba EKK s podvrtavanjem po metodi HDD. Praktično pa je predstavljena izvedba EKK s podvrtavanjem po metodi HDD v projektu Zamenjava SN KB 20 kV (k-491) Prešernova Arbajterjeva na odseku med TP Maistrova Ptuj (t-370) - TP CSUI Ptuj (t-241). Ta primer ponuja dobro osnovo za oceno prednosti in pomanjkljivosti obeh metod glede na zahteve projekta.

Primerjava konvencionalnega (klasičnega) izkopa v primerjavi s HDD na praktičnem primeru kaže, da je izbira tehnologije odvisna od posebnosti projekta. V nekaterih primerih je klasičen izkop ekonomsko ugodnejši, medtem ko HDD omogoča bolj učinkovito prečkanje naravnih in umetnih ovir brez večjih posegov v okolje.

Ključne besede: *podvrtavanje, konvencionalni izkop, kanalizacija, HDD, infrastruktura*

ABSTRACT

Comparison of the implementation of the classic electrical cable sewerage system with the implementation with under-drilling according to the HDD method on the building replacement of the 20 kV (k-491) Prešernova Arbajtereva plant on the section between TP Maistrova Ptuj (t-370) - TP CSUI Ptuj (t-241)

The construction and modernization of infrastructure are extremely important for the smooth course of social processes and integrated social development. The choice of modern construction methods is a key priority. With the increase in the population in urban settlements or cities, we are faced with an additional burden on infrastructure, which requires the construction of new infrastructure lines or the renovation of existing ones. In urban environments, we are limited by space, which determines the way we build and design.

By placing infrastructure in space, we affect the environment and humans as part of the environment in one way or another. In the construction of underground line infrastructure, two methods of construction are used: the classic method of construction with excavation and construction without excavation.

The purpose of the thesis was to compare the implementation of the classic EKK electrical cable sewer compared with radio-controlled undercutting (HDD) using a practical example from various aspects. We provided a detailed explanation of the construction technology for the EKK electrical cable sewer system, covering essential aspects such as the technologies, equipment, and work execution. Theoretically, the implementation of classic electro-cable sewerage and the implementation of electro-cable sewerage with under-drilling according to the HDD method are presented. The implementation of the electric cable sewerage system with under-drilling according to the HDD method on the project replacement of MV KB 20 kV (k-491) Prešernova Arbajterjeva on the section between TP Maistrova Ptuj (t-370) and TP CSUI Ptuj (t-241) is practically presented. We decided to present both methods of cable ducting to be able to present more detailed differences between them and to make a comparison in terms of costs and environmental impact. Radio-controlled undermining is used to place infrastructure elements in the ground with natural barriers that intersect the straight path of the borehole within already existing other infrastructure elements.

A comparison of conventional (classic) excavation versus radio-controlled HDD undermining on a practical example shows that the choice of technology depends on the specifics of the project.

Keywords: *under-drilling, conventional excavation, sewerage, HDD, infrastructure*

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	6
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	6
1.1.1	<i>Klasičen način gradnje.....</i>	<i>7</i>
1.1.2	<i>Gradnje brez izkopov.....</i>	<i>8</i>
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	8
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE.....	9
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	9
2	DELO V PROJEKTNi SKUPINI.....	10
3	GRADNJA KLASIČNE ELEKTRO KABELSKE KANALIZACIJE	13
3.1	IZKOPI.....	14
3.2	PODLAGA ZA CEVI, POLAGANJE, OBSIP CEVI IN PREOSTALI ZASIP JARKA.....	17
4	GRADNJA ELEKTRO KABELSKE KANALIZACIJE PO METODI HDD	21
4.1	POSTOPEK VRTANJA IN UVLEČENJA CEVI.....	23
5	VPLIV NAVEDENIH GRADENJ NA OKOLJE	27
6	PRIMERJAVA TEHNOLOGIJ GRADNJE KABLOVODA NA OBJEKTU.....	29
6.1	SPLOŠNO.....	29
6.2	OPIS PROJEKTA	29
6.3	OPIS GRADBENIH DEL PRI KLASIČNEM (TRADICIONALNEM) NAČINU GRADNJE.....	30
6.3.1	<i>Prečkanje povoznih površin</i>	<i>31</i>
6.3.2	<i>Križanje potoka</i>	<i>33</i>
6.4	OPIS GRADBENIH DEL GRADNJE ELEKTRO KABELSKE KANALIZACIJE PO METODI HDD..	34
7	PRIKAZ IN ANALIZA IZVEDENIH PRIMERJAV	37
7.1	SPLOŠNO.....	37
7.2	ZAHTEVNOST GRADNJE	37
7.2.1	<i>Opis gradnje z izkopom</i>	<i>37</i>
7.2.2	<i>Opis gradnje brez izkopa.....</i>	<i>38</i>
7.2.3	<i>Vplivi na okolje in okolico.....</i>	<i>39</i>

7.3	PRIMERJAVA STROŠKOV IZVEDENEGA KONVENCIONALNEGA IZKOPA IN METODE HDD	39
7.3.1	<i>Konvencionalni (klasični) izkop</i>	40
7.3.2	<i>Podvrtavanje po metodi HDD</i>	40
7.3.3	<i>Primerjava</i>	41
7.4	VIRI DELCEV IN VPLIV DELCEV NA ZDRAVJE LJUDI	42
7.4.1	<i>Viri delcev</i>	42
7.4.1.1	<i>Gradnja z izkopom</i>	43
7.4.1.2	<i>Gradnja brez izkopa</i>	45
7.4.2	<i>Vpliv emisij delcev na zdravje ljudi</i>	46
8	PREPREČEVANJE IN ZMANJŠEVANJE EMISIJE DELCEV (H4 – KROVNA TEMA)	47
8.1	VNOS DELCEV ZARADI DELOVANJA GRADBIŠČA	47
8.2	PREPREČEVANJE IN ZMANJŠEVANJE EMISIJ DELCEV Z GRADBIŠČ	48
9	SKLEP	51
10	VIRI, LITERATURA	55
11	PRILOGE	57

KAZALO SLIK

SLIKA 1: TRASA PO NAČRTU PZI ŠT. 156/18-PT, 2018	12
SLIKA 2: STROJNI IZKOP JARKA	14
SLIKA 3: KABELSKI JAREK IN PRIPRAVA CEVI.....	14
SLIKA 4: RAZPIRANJE JARKA.....	15
SLIKA 5: RUŠENJE ASFALTA	15
SLIKA 6: UREDITEV GRADBIŠČA VZDOLŽ TRASE	16
SLIKA 7: PRIMER DISTANČNIKOV	17
SLIKA 8: KARAKTERISTIČNI PREREZ EKK Z MEŠANIM RAZPOREDOM CEVI	18
SLIKA 9: ZASIP CEVI.....	19
SLIKA 10: IZVEDBA EKK	19
SLIKA 11: CEVI PEHD	19
SLIKA 12: PRIMER CEVI PEHD – DVOJČEK.....	20
SLIKA 13: OZEMLJITVENI TRAK.....	20
SLIKA 14: OPOZORILNI TRAK	20
SLIKA 15: PRIKAZ VRTINE »RADIJSKO VODENO PODVRTAVANJE«.....	21
SLIKA 16: PRIKAZ VRTALNE GLAVE	22
SLIKA 17: PRIKAZ VRTALNE GLAVE ZA RAZŠIRITEV	22
SLIKA 18: LOKACIJSKI SISTEM HDD	22
SLIKA 19: PRIMER DETEKTORJA (VODENJA)	22
SLIKA 20: FAZE POSTOPKA VRTANJA	24
SLIKA 21: VRTALNA GARNITURA	25
SLIKA 22: PRIMER NAMESTITE VRTALNEGA STROJA.....	25
SLIKA 23: IZVEDBA PILOTNE VRTINE (1. FAZA)	25
SLIKA 24: PRIKAZ POVRTAVANJA VRTINE (2. FAZA).....	25
SLIKA 25: PRIKAZ POVRTAVANJA VRTINE Z UVLEKOM CEVI (3. FAZA)	26
SLIKA 26: PRIKAZ VRTALNE GLAVE S PRŠENJEM BENTONITNE SUSPENZIJE	26
SLIKA 27: POTEK TRAS.....	29
SLIKA 28: POTEK TRASE PO NAČRTU PZI ŠT. 156/18-PT (KONVENCIONALNI IZKOP).....	30
SLIKA 29: PREREZ EKK – PREČKANJE POVOZNIH POVRŠIN (KONVENCIONALNI IZKOP).....	32
SLIKA 30: NAČELNI PRIKAZ KRIŽANJA VODOTOKOV	33
SLIKA 31: POTEK TRASE EKK S PODVRTAVANJEM PO METODI HDD	34
SLIKA 32: PROTOKOL PODVRTAVANJA.....	36
SLIKA 33: NAČELNI PRIKAZ IZRISA VRTINE	36

KAZALO TABEL

TABELA 1: TEHNIČNE ZNAČILNOSTI TRASE PO NAČRTU PZI ŠT. 156/18-PT (KONVENCIONALNI IZKOP)	30
TABELA 2: PRIMERJAVA VPLIVOV IZVEDB NA OKOLJE	39
TABELA 3: STROŠEK IZVEDBE S KONVENCIONALNIM (KLASIČNIM) IZKOPOM	40
TABELA 4: STROŠEK IZVEDBE S PODVRTAVANJEM PO METODI HDD.....	40
TABELA 5: RAZLIKA MED STROŠKI IZVEDBE KONVENCIONALNEGA (KLASIČNEGA) IZKOPA IN METODE HDD.....	41
TABELA 6: AKTIVNOSTI PRI GRADNJI Z IZKOPOM	43
TABELA 7: AKTIVNOSTI PRI GRADNJI BREZ IZKOPOV.....	45
TABELA 8: ČAS IZVEDBE OZIROMA ČAS ODPRTJA GRADBIŠČA.....	48
TABELA 9: OMILITVENI UKREPI ZA PREPREČEVANJE EMISIJE ONESNAŽEVAL IN DELCEV V ZRAK	49

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Elektroenergetsko distribucijsko omrežje je eden ključnih členov v verigi oskrbe z električno energijo, saj povezuje prenosno omrežje s končnimi odjemalci. Gospodarsko javno službo distribucijskega operaterja izvaja družba ELES, d. o. o., ki skupaj s pogodbenimi izvajalci nalog zagotavlja varno in učinkovito distribucijo električne energije več kot 976.000 odjemalcem v Sloveniji (povzeto po URO, 2022).

Distribucijsko omrežje v preteklosti ni bilo načrtovano za tolikšen obseg in tako razpršen način rabe električne energije, kot smo mu priča danes. Distribucijsko omrežje nujno potrebuje širitve, aktivno upravljanje in prilagajanje odjema, s čimer bo mogoče optimalno izkoriščati dane zmogljivosti. Za uspešen prehod izrabe električne energije iz obnovljivih virov in uporabo električnih vozil in toplotnih črpalk sta ključni prožnost sistema in učinkovita raba omrežij (povzeto po URO, 2022).

Za doseganje izboljšanja obratovalne zanesljivosti, zmanjševanje stroškov vzdrževanja in povečanje zadovoljstva odjemalcev je ključnega pomena delež podzemnega omrežja v razmerju do nadzemnih vodov, kar se odraža v boljših SAIDI in SAIFI ter izboljšanem standardu kakovosti dobave. Zaradi tega je treba pri izgradnji srednjenapetostnega (SN) in nizkonapetostnega (NN) omrežja težiti h kabelski izvedbi podzemnih vodov s ciljem, da zagotovimo manjše izgube, zmanjšamo stroške vzdrževanja in zagotovimo večjo zanesljivost dobave električne energije (povzeto po ELES, d. o. o., 2024).

Zahteve sodobnega načina življenja težijo h gradnji podzemne linijske energetske (in komunalne) infrastrukture, ki s svojim delovanjem prispeva k človekovemu udobju bivanja. Z umeščanjem navedene infrastrukture v prostor tako ali drugače vplivamo na okolje in človeka kot del okolja.

Pri gradnji podzemne linijske infrastrukture se uporabljata dve metodi (povzeto po Sedej, 2016):

- klasičen način gradnje z izkopom;
- gradnja brez izkopa.

Umestitev novih elektroenergetskih distribucijskih vodov (kablovodov (KB)) v prostor ali zamenjava dotrajanih obstoječih SN- ali NN-kablovodov predstavlja velik administrativni, tehnični in izvedbeni izziv.

Pri načrtovanju in izvedbi energetskih vodov se pogosto srečujemo s križanji predvidenih tras vodov z obstoječo prometno in komunalno infrastrukturo, vodotoki, arhitektonskimi ovirami in zavarovanim območjem naravne in kulturne dediščine (povzeto po Turk, 2014).

V slovenskem prostoru se takšna križanja najpogosteje izvajajo klasično, to je z izkopom. Omenjeni način gradnje je izvajalcem in investitorjem najbolj poznan, zato se za gradnjo brez izkopa praviloma ne odločajo, če se, pa se zaradi nepoznavanja tehnologije odločajo zanjo z določeno stopnjo nezaupanja. Načeloma se gradnja brez izkopa izvaja zaradi zahtev, ki jih narekujejo omejitve v prostoru, kot so: infrastrukturni objekti (ceste, železnice, letališča, komunalni vodi), zavarovana območja (območja kulturne dediščine, varstva narave) in gosta pozidanost, ki je z izkopom tehnično ni možno obiti (povzeto po Sedej, 2016).

V Sloveniji pri projektantih, gradbenih izvajalcih in investitorjih še ni zaslediti, da bi se odločali za gradnjo brez izkopa zaradi zmanjševanja vplivov gradnje na okolje. Odločujoči dejavniki za izbiro načina gradnje so prej omenjene omejitve v prostoru in zaupanje klasičnemu načinu gradnje (povzeto po Sedej, 2016).

1.1.1 *Klasičen način gradnje*

Klasičen način gradnje z izkopom poteka z uporabo težke gradbene mehanizacije in opreme. Izvaja se z izkopom gradbene jame v obliki jarka, ki se po končani vgradnji infrastrukture zasuje. Za izkop in zasip jarka sta ves čas gradnje potrebni gradbena mehanizacija in oprema, ki se premika vzdolž linije gradbene jame. V običajnih pogojih gradnje dolžina gradbišča meri od nekaj 100 m do več kilometrov (povzeto po Sedej, 2016).

Z odprtimi (globokimi) izkopi v urbanem okolju ustvarjamo veliko škodo na javnih površinah in okolici. Prekopane površine zelo težko povrnemo v prvotno stanje. Prav tako med izvedbo s težkimi transporti dodatno obremenjujemo okolje, cestno infrastrukturo, za izvedbo del zapiramo dele cest, ulic, pločnikov, povoznih in pohodnih površin, kar dodatno vpliva na pretočnost prometa (povzeto po ELES, d. o. o., 2024).

Zaradi stremljenja k zmanjšanju stroškov gradnje in prekomernih vplivov na okolje se poskušamo izogniti globokim izkopom, kjer za varno gradnjo potrebujemo varovanje izkopa z opaži, zagatnimi stenami ali drugimi načini varovanja (povzeto po Kolar, 2018).

Zaradi vseh naštetih dejavnikov, ki vplivajo na izgradnjo elektroenergetske infrastrukture, se vse bolj poslužujemo tehnologij, ki omogočajo gradnjo in sanacijo obstoječih elektroenergetskih vodov brez izkopov »NO-DIG systems« (povzeto po Kolar, 2018).

1.1.2 *Gradnje brez izkopov*

Gradnje brez izkopov so se pri nas prvič pojavile leta 1996, v svetu pa že veliko prej. V tujini jih prepoznamo pod imenom »NO-DIG system«. Razvoj sega nekaj več kot sto let v preteklost, vendar so te tehnologije doživele bliskovit razvoj v zadnjih dvajsetih letih. Dandanes so tehnologije brez izkopov precej obsežne in zajemajo nekaj popolnoma različnih tehnoloških pristopov (povzeto po Kolar, Jazbec, Končan, 2013).

Pri gradnji brez izkopa se za pripravo vstopne in izstopne točke uporablja kombinacija gradbene mehanizacije in opreme. Pri izvedbi se uporablja vrtna garnitura s spremljajočo gradbeno mehanizacijo in opremo, ki je odvisna od izbire posamezne tehnologije gradnje brez izkopa. V običajnih pogojih gradnje je gradbišče točkovno in se po zaključku gradnje posameznega odseka premakne vzdolž linije (povzeto po Sedej, 2016).

1.2 *Namen, cilji in osnovne trditve*

V diplomskem delu želimo predstaviti razlike med izvedbo klasične elektro kabelske kanalizacije (EKK) in izvedbo vodenega vrtanja po metodi HDD z vidika stroškov in emisij.

V praktičnem delu smo se osredotočili na primerjavo stroškov izvedbe klasične EKK in izvedbe vodenega vrtanja po metodi HDD.

Osnovne hipoteze tega diplomskega dela so:

- H1: Izvedba klasične EKK predstavlja zahtevnejši poseg v naravo kot izvedba z metodo HDD.
- H2: Izvedba klasične EKK je za 15 % dražja od izvedbe po metodi HDD.
- H3: Izvedba klasične EKK v času izvedbe predstavlja večje tveganje z vidika varnosti in zdravje pri delu kot izvedba po metodi HDD.
- H4: Pri izvedbi klasične EKK se sprošča v zrak 20 % več emisij kot pri izvedbi po metodi HDD.

1.3 Predpostavke in omejitve

V diplomskem delu bodo uporabljeni podatki projektne dokumentacije št. 339/16-PT (Elektro Maribor, d. d.) o zamenjavi SN KB 20 kV k-491 Prešernova – Arbajterjeva na odseku med TP Maistrova Ptuj t-370 – TP CSUI Ptuj t-241. Do projektne dokumentacije in podatkov dostopam kot zaposleni v podjetju Elektro Maribor, d. d. Uporabljeni podatki ne predstavljajo poslovne skrivnosti.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Za izdelavo diplomskega dela smo uporabili teoretično in empirično metodo raziskave.

Pri teoretični metodi smo uporabili opisne metode povzemanja in sinteze teoretičnih virov, s pregledom različne literature zbrali in analizirali obstoječe teorije in ugotovitve, pridobili podatke o projektu, navedenem v naslovu diplomskega delam ter pripravili izračune stroškov, trajanja del in omejitve pri izvedbi projekta.

Pri empirični metodi smo uporabili realne in merljive podatke o projektu Zamenjava SN KB 20 kV k-491 Prešernova Arbajterjeva na odseku med TP Maistrova Ptuj t-370 – TP CSUI Ptuj t-241« ter z ekonomskega vidika pripravili primerjavo analizo izvedbe klasične EKK in vodene vrtine (HDD) na izbranem primeru.

2 DELO V PROJEKTNi SKUPINI

Učinkovita gradnja tima je ena izmed pomembnih nalog organizacije. Čeprav vemo, da na uspešnost tima vplivajo številni dejavniki, v literaturi veliko pozornosti posvečajo raznolikosti med člani tima in njihovim timskim vlogam. Poznavanje timskih vlog in njihovih značilnosti nam nudi vpogled v delovanje tima ter daje osnovo za gradnjo učinkovitega tima in smernice za načrtovanje dejavnosti teambuildinga (Zakrajšek, 2022; Stevanović, 2022).

Belbin je leta 1981 v svoji knjigi *Management teams: Why they succeed or fail* predstavil svojo teorijo timskih vlog. V njej je predpostavil, da mora biti za učinkovit tim izpolnjenih pet pogojev (Belbin, 1981; v: Fisher, Hunter in Macrosson, 2001):

- vsak član prek svoje funkcionalne in timske vloge prispeva k doseganju ciljev;
- med drugimi funkcionalnimi in timskimi vlogami je potrebno optimalno ravnovesje, odvisno od ciljev in nalog tima;
- učinkovitost tima je odvisna od obsega, do katerega člani pravilno prepoznajo in se prilagodijo prednostim;
- osebnostne značilnosti in duševne sposobnosti so podlaga za nekatere timske vloge ter omejujejo sposobnost za druge timske vloge;
- tim lahko najbolje razporedi svoje tehnične vire za zagotovitev uspešnosti le, kadar ima celoten obseg in ravnovesje med timskimi vlogami.

Vsak član tima ima v timu dvojno vlogo: funkcionalno in timsko. Funkcionalna vloga se nanaša na strokovno znanje in izkušnje posameznika. Timsko vlogo pa je Belbin opredelil kot vedenjske vzorce, ki jih posameznik razvije v skupini, in načine, s katerimi vstopa v interakcijo z ostalimi člani tima (Aritzeta, Swailes in Senior, 2007). Timska vloga opisuje, kako se posameznik prilega v tim, ne pa, kakšno funkcijo ima v NJEM.

Belbin je opredelil devet timskih vlog (izvajalec, koordinator, spodbujevalec, inovator, raziskovalec virov, kritik, timski delavec, dovrševalec in strokovnjak).

Na podlagi poznavanja Belbinove tipologije lahko oblikujemo individualne profile ali profil tima. S pomočjo individualnega profila lahko določimo ustrezno vlogo posameznika v timu. Ta spoznanja lahko uporabimo za razporejanje kadrov ali karierno svetovanje. Poleg tega lahko

zmanjšamo razhajanja v samopercepciji in ocenah drugih. Individualni profil lahko uporabimo za svetovanje za učinkovitejšo rabo spretnosti znotraj tima in nadgradimo njegovo učinkovitost. Pomemben pa je tudi za prepoznavanje potreb po treningu in razvoju.

Profil tima nam lahko služi kot osnova za načrtovanje teambuildinga za boljšo izrabo virov članov tima. Te informacije nam služijo za gradnjo tima. Identificiramo lahko pomanjkljivosti tima, informacije pa nam lahko služijo tudi za reševanje konfliktov in gradnjo odnosov znotraj tima.

Preden smo začeli z izdelavo diplomskega dela, smo v prostorih Academie izvedli Belbinov popis tima in Myers-Briggsov test osebnosti. Različica Belbinovega testa je bila vzeta iz poglavja »Teambuilding« v knjigi The Industrial Society 1993, katere avtorja sta Alistair Fraser in Suzanne Neville. Na podlagi rezultatov iz obeh testov smo nato bili razdeljeni v projektne skupine, v katerih smo skupinsko pripravljali diplomska dela.

V diplomskem delu sta predstavljeni obe različici gradnje EEK, torej gradnja s klasičnim (tradicionalnim) izkop in gradnja EKK brez izkopov, vključno s potekom izvedbe, stroški ter vplivi na okolje in prebivalstvo. Prav tako so bili proučeni posegi v okolje.

Delo v skupini se je izvajalo sistematično in organizirano, predvsem zato, ker je bilo že na začetku jasno razdeljeno. Pri reševanju težav se je izkazal predvsem skupinski pristop oziroma timsko delo. Naloge so bile odlično izpeljane.

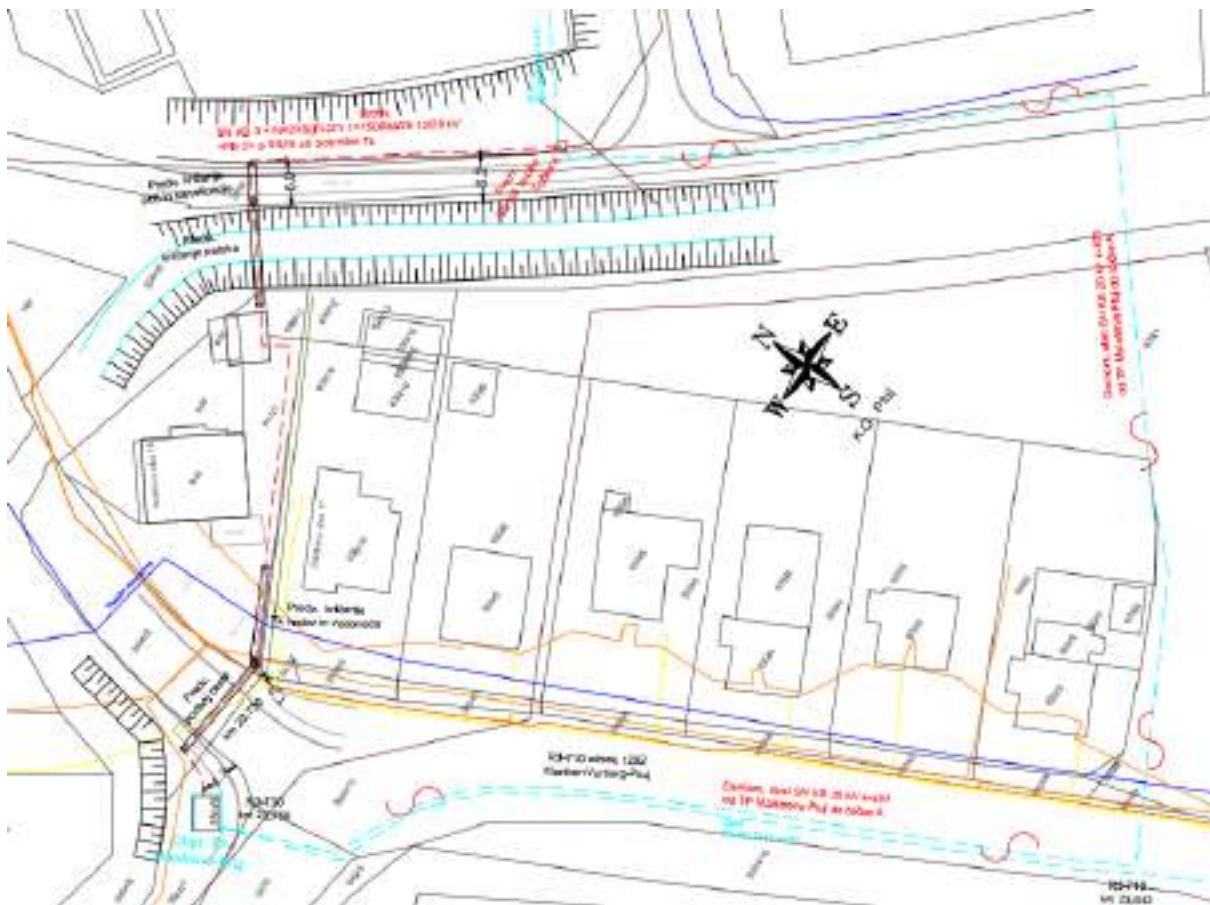
Na srečanjih v skupini je bilo govora o diplomskih delih. Vsak je predstavil svojo zamisel in cilje diplomskega dela, naslov, hipoteze ter lastne praktične izkušnje. Predstavili smo temo in cilje svojega diplomskega dela, v katerem obravnavam primerjavo med gradnjo s klasičnim (tradicionalnim) izkop in gradnjo EKK brez izkopov. Člani skupine so pokazali veliko znanja na področju gradbeništva, kar je dodatno pripomoglo k nastajanju diplomskega dela.

Podrobneje smo obravnavali obe možnosti gradnje, torej gradnjo EKK s klasičnim (tradicionalnim) izkopom in gradnjo EKK brez izkopov po metodi HDD. Predstavili smo potek izvedbe gradnje s stroški, posege v okolje ter oceno vplivov na okolje in prebivalstvo med kasnejšim obratovanjem.

Stroškovne analize smo izvedli z oblikovanjem postavk in kalkulacijo cene na enoto. Na osnovi predanalize cen smo pripravili popis del za posamezno metodo gradnje EKK in pripravili kalkulacijo cene na enoto za posamezno metodo izvedbe. Tako smo izračunali predvidene

stroške za posamezno metodo izvedbe EKK, ki veljajo za obračun del po posameznih postavkah in pripadajočih količinah za posamezno metodo izvedbe na obravnavanem primeru.

Popisi predvidenih del so bili pripravljeni na osnovi skice poteka predvidene EKK (slika 1).



Slika 1: Trasa po načrtu PZI št. 156/18-PT, 2018

Vir: (Lastni vir)

Pri primerjavi stroškov med gradnjo EKK s klasičnim (tradicionalnim) izkopom in gradnjo EKK brez izkopov po metodi HDD smo ugotovili, da je gradnja brez izkopa cenejša, pa tudi posegi v okolje so manjši.

Delo v skupini se je izvajalo sistematično in organizirano, predvsem zato, ker je bilo že na začetku jasno razdeljeno. Pri reševanju težav se je izkazal predvsem skupinski pristop oziroma timsko delo. Naloge so bile odlično izpeljane.

3 GRADNJA KLASIČNE ELEKTRO KABELSKE KANALIZACIJE

Tradicionalna in še vedno najbolj razširjena metoda gradnje EKK pod površino je prekopavanje (open cut excavation). Odprti izkop jarka je sestavljen iz izkopa jarka do načrtovane globine in širine za ročno in strojno namestitev posameznega elementa predvidene EEK (infrastrukture) in zakopavanja na novo sestavljene ali popravljene oziroma zamenjane EKK.

EKK je objekt nizkih gradenj, ki predstavlja sistem cevi, položenih ena poleg druge v več nivojih (vrstah) in kabelskih jaškov (KJ), vkopanih v zemlji, ter je namenjena za mehansko zaščito elektroenergetskih in telekomunikacijskih kablov (povzeto po ELES, d. o. o., 2024).

Ta klasična metoda je običajno najcenejša metoda, če izvajamo EKK pod površinami, ki niso posebej obdelane in niso v uporabi, ki niso pločniki, povozne površine, vozišča, ceste, dvorišča, reke, potoki in železnice itd.

Če je izkop realiziran na območju, kjer ni pričakovati določenega tlaka zaradi mehanskih obremenitev (nepovozne, nepohodne površine itd.), izkopani jarek po delu preprosto zasujemo z zemljo in površinsko vegetacijo obnovimo s semeni ali sadikami. Če je izkop jarka realiziran na mestu, kjer je pričakovati določen tlak zaradi mehanskih obremenitev (povozne, pohodne površine itd.), je treba površino na različne načine najprej odstraniti in nato ponovno nadomestiti z novo. Če gre za asfalt, ga je treba na mestih izkopa rezati in odstraniti. Pri zasutju je treba izkop napolniti z granuliranim zasipom (strnjen kamen ali pesek, da se prepreči usedanje) ter na koncu ponovno asfaltirati in ustrezno povezati z okoliškim obstoječim asfaltom. Prekopavanje je lahko v tem primeru relativno drago, z dodatnimi stroški so lahko povezane motnje dejavnosti, ki sicer potekajo na mestu izkopavanja (povzeto po Tatiya, 2013).

Gradnja klasičnih izkopov je zahtevno delo, ki ga moramo dobro načrtovati in izvesti. Pri izvedbi se srečujemo z raznovrstnimi težavami (npr. velika globina izkopa, neprehoden teren, vodovarstveno območje, zaščitena območja, predhodne inštalacije, arheološke najdbe itd.) (povzeto po Kolar, Jazbec, Končan, 2013).

3.1 Izkopi

Pri izvajanju gradbenih del za kabelske jareke se upošteva Uredba o zagotavljanju varnosti in zdravja pri delu na začasnih in premičnih gradbiščih za izvrševanje Zakona o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1) (povzeto po PIRS, 2024).

Jarke kopljemo ročno ali strojno. Način izkopa (ročni ali strojni) se izbere glede na dostopnost in kategorijo zemljišča.

Ročni izkop uporabljamo v primeru približevanja in križanja komunalnih vodov oziroma takrat, kadar terenski pogoji ne omogočajo strojnega izkopa (brežina, nedostopna mesta ipd.). Izkopane jareke ustrezno označimo ali ogradimo proti nenamernemu padcu.



Slika 2: Strojni izkop jarka

Vir: (Lastni vir)



Slika 3: Kabelski jarek in priprava cevi

Vir: (Lastni vir)

Pri vseh izkopih nad 1 m globine se izvajajo ustrezni ukrepi proti zasutju gradbene jame (z razpiranjem, naklonom stene) ali z zaščito pred zasutjem z oporami sten jame (opaži). Izbira naklona stene jarka je odvisna od lastnosti terena in globine jarka. Večje gradbene jame in izkopi, ki so globlji od 1 m in imajo naklon stene večji od 45° , morajo imeti najmanj 100 cm od zgornjega roba postavljeno varnostno ograjo ali urejeno zavarovanje nevarnega območja izkopa (povzeto po GIZ DEE, 2017).

Pri izvedbi EKK po asfaltiranih površinah se izvede ločitev vrhnje plasti (asfalta) od preostalega izkopa.



Slika 4: Razpiranje jarka

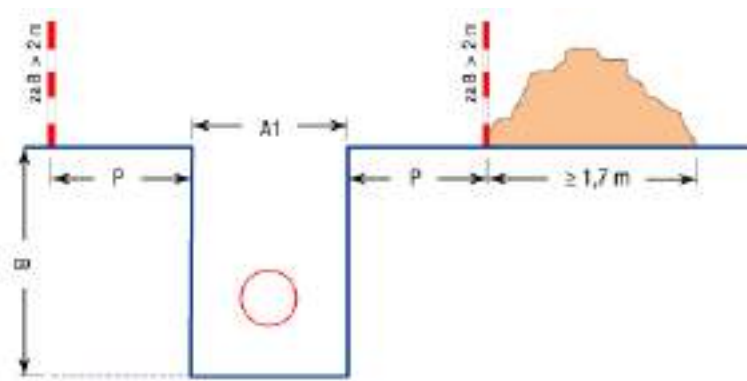
Vir: (Lastni vir)



Slika 5: Rušenje asfalta

Vir: (Lastni vir)

Ob jarkih se zagotovi prostor za odkopni material v širini najmanj 1,7 m. Če na mestu gradnje ni prostora za začasno odlaganje, se material odpelje na za to pripravljeno začasno odlagališče. V primeru, da izkopani material ni primeren za nadaljnjo uporabo (za obsip ali preostali zasip), se ta odpelje na ustrezno deponijo. Dno jarka mora biti ravno, brez izboklin in očiščeno kamenja. Za odkop obstoječe voziščne konstrukcije se uporabijo ustrezni stroji. Ob jarkih se predvidi pot (P) v širini najmanj 50 cm za jarek globine $B \leq 1$ m, 100 cm za jarek globine $1 \text{ m} < B \leq 2$ m in 100 cm z ograjo za globine jarkov $B > 2$ m (povzeto po GIZ DEE, 2017).



Slika 6: Ureditev gradbišča vzdolž trase

Vir: (<https://www.giz-dee.si/Portals/0/Tipizacija/GIZ-TS-13-Elektro-kabelska-kanalizacija.pdf>, slika 9)

Dimenzije jarka (A1 in B) so odvisne od (povzeto po GIZ DEE, 2017):

- mesta vgradnje in globine temena cevi (GC);
- načina razporeditve cevi;
- števila cevi v vrsti;
- števila vrst cevi;
- premera cevi;
- razdalje med cevmi;
- širine prostora, potrebnega za manipulacijo s cevmi.

Minimalna razdalja (GC) od površine terena do temena cevi zgornje vrste znaša (povzeto po GIZ DEE, 2017):

- za cevi, postavljene v nepovoznih površinah (zelenica, pločnik): 60 cm;
- za cevi, postavljene v povoznih površinah (ceste, parkirišča): 80 cm;
- za cevi, postavljene v kmetijske obdelovalne površine (njive, nasadi brez opornih nosilnih elementov itd.): min 100 cm.

Pri določitvi globine jarka je treba upoštevati tudi debelino podlage, število vrst cevi in medsebojno razdaljo med vrstami. Širina prostora za manipulacijo znaša 5–10 cm na zunanjih robovih prereza cevi, tako da omogoča stojišče delavcu pri polaganju, obsipanju in utrjevanju posamične vrste cevi. Za globlje jarke (globina, večja od 1 m) je treba podpreti jarek z obeh strani ali pa izvesti odpiranje jarka v odvisnosti od kota notranjega trenja zemljine. Osnovne modulne širine jarkov z izračuni in količinami pri izkopih za različne premere in kombinacije cevi so razvidni v tipizaciji GIZ DEE (povzeto po GIZ DEE, 2017).

3.2 Podlaga za cevi, polaganje, obsip cevi in preostali zasip jarka

Po izkopu se dno jarka očisti in poravna. Na dnu jarka se v debelini 10 cm izdelava ravna podlaga brez ostrih delcev za cevi (posteljica). Po izkopu in pripravi dna jarka se na utrjeno in izravnano podlago s pomočjo distančnikov položi prva vrsta cevi. Razdalja med cevmi znaša 3–5 cm. Distančniki se postavljajo na razdalji, ki ni večja od 1,5 m pri obsipanju s peskom in 3 m pri oblaganju cevi z betonom. Za podaljševanje cevi se uporabljajo ravne spojnice ali cevi z razširitvijo (oglavkom). Polaganje cevi PEHD v težkem terenu z nagibom izvajamo vijugasto in jih na posameznih mestih obbetoniramo (povzeto po GIZ DEE, 2017).



Slika 7: Primer distančnikov

Vir: (Lastni vir)

Pri obsipu položenih cevi v jarek se te zasuje do nivoja naslednje vrste oziroma 10–30 cm nad temenom zgornje vrste cevi. Za cevi do premera 110 mm in GDC (vseh premerov) se za obsip uporablja frakcija mineralnega materiala 4–8 mm, za cevi premera nad 110 mm pa 4–8 mm oziroma 8–16 mm. Obsipni material je treba ustrezno utrditi. Obsipni material se utrjuje po plasteh oziroma položenih vrstah na način, da v celoti zapolni prostor med cevmi in prepreči sesedanje EKK. Poraba materiala pri obsipu cevi je odvisna od konture (širine) izkopa.

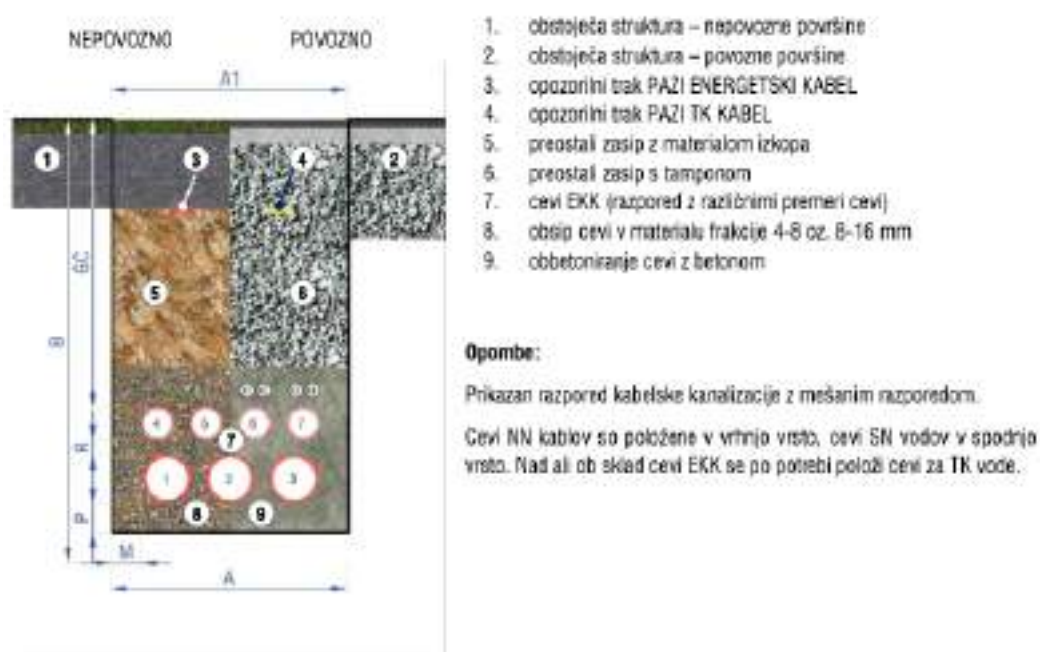
V primeru obsipa cevi z betonom (povzeto po GIZ DEE, 2017):

- pri globini temena zgornje vrste cevi, manjši od 0,8 m;
- pri križanjih prometnih poti in na mestih, kjer se pričakuje večja mehanska obremenitev in kjer obstaja možnost mehanskih poškodb kabla;
- pri polaganju cevi v širokem izkopu – med cevjo in robom izkopa je širina večja od dvakratnega premera cevi oziroma so robovi izkopa pod kotom manjšim od 60 stopinj.

Oddaljenost med cevmi znaša v vodoravni in navpični smeri (povzeto po GIZ DEE, 2017):

- cevi DN 200: 5 cm;
- cevi DN 160: 3–5 cm;
- cevi DN 110: 3 cm pri uporabi distančnikov.

Za obbetoniranje se uporabi pusti beton C8/10. Cevi se položijo na plast betona debeline 5–10 cm in prekrijejo s plastjo betona enake debeline. Tudi med bočno steno cevi in mejo izkopa je plast betona debeline 5–10 cm (povzeto po GIZ DEE, 2017).



Slika 8: Karakteristični prerez EKK z mešanim razporedom cevi

Vir: (<https://www.giz-dee.si/Portals/0/Tipizacija/GIZ-TS-13-Elektro-kabelska-kanalizacija.pdf>, dodatek E)

Pri tem pomenijo (povzeto po GIZ DEE, 2017):

- A – širina dna jarka KK (cm);
- A1 – zgornja odprtina jarka KK (cm);
- M – prostor za manipulacijo pri polaganju (cm);
- B – globina jarka KK (cm);
- P – podlaga (posteljica) oziroma prekritje cevi (cm);
- R – razmik med cevmi (cm);
- GC – min globina cevi (cm);



Slika 9: Zasip cevi

Vir: (Lastni vir)



Slika 10: Izvedba EKK

Vir: (Lastni vir)

Pri gradnji EKK uporabljamo cevi PEHD premera 160 mm in 110 mm z dvojno steno (zunanja – narebrena, notranja – gladka).



Slika 11: Cevi PEHD

Vir: (Lastni vir)

Za potrebe telekomunikacijskih (TK) povezav se uporabljajo cevi PEHD premerov 32*, 40 in 50 mm v izvedbah (povzeto po GIZ DEE, 2017):

- 1 × Ø 40 mm;
- 1 × Ø 50 mm;
- 2 × Ø 50 mm (dvojček);
- 2 × Ø 40 mm + 2 × Ø 32 mm (četvorček).



Slika 12: Primer cevi PEHD – dvojček

Vir: (Lastni vir)

Pogosto se na dno ali med preostali zasip jarka kabelske kanalizacije polaga še ozemljitveni trak v obliki pocinkanega valjanca minimalnih dimenzij 25×4 mm in nad cevi PVC opozorilni trak rdeče barve s črnim napisom »POZOR ENERGETSKI KABEL« (povzeto po GIZ DEE, 2017).

V primeru širšega jarka (nad 70 cm) se položita dva trakova po robovih trase. Zasipanje preostalega dela jarka se izvede s tamponom oziroma z izkopanim materialom, če ta ustreza pogojem mesta vgradnje. Izvaja se v slojih 20–30 cm, s sprotnim utrjevanjem (povzeto po GIZ DEE, 2017).



Slika 13: Ozemljitveni trak

Vir: (Lastni vir)



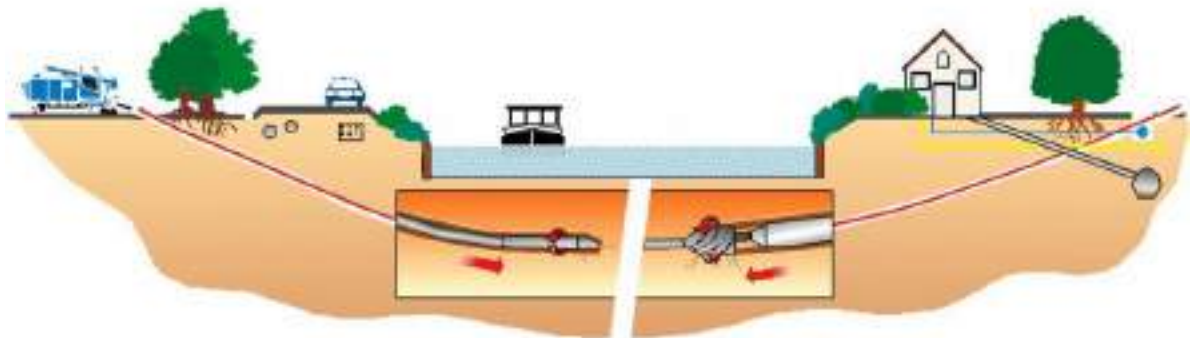
Slika 14: Opozorilni trak

Vir: (Lastni vir)

4 GRADNJA ELEKTRO KABELSKE KANALIZACIJE PO METODI HDD

Hiter razvoj brez izkopnih tehnologij je najbolj razviden prav na področju horizontalnega vodenega vrtanja z optičnim usmerjanjem oziroma na področju tako imenovane tehnologije HDD (angl. Horizontal Directional Drilling).

Z izvedbo horizontalnih vodenih (usmerjenih) vrtin po metodi HDD se lahko izvaja vrtine ekstremnih dolžin, tudi do 1,5 km, ter premerov do 1200 mm in več. Ta tehnologija se uporablja za izdelavo horizontalnih vrtin pri prečkanju rek, cest, železnic ipd. za potrebe izgradnje vodovodov, plinovodov, telekomunikacij, kablovodov itd. Tehnologija omogoča izvedbo v zemljinah do V. kategorije z možnostjo uvleka ene ali več cevi premera od fi ($\varnothing$) 32 mm do fi ($\varnothing$) 1200 mm (povzeto po Vilkograd, 2022).



Slika 15: Prikaz vrtine »radijsko vodenno podvrtavanje«

Vir: (<https://www.vilkograd.com/dejavnosti/horizontalno-usmerjeno-vrtanje-z-radijskim-vodenjem-hdd-metoda/horizontalno-vodeno-usmerjeno-vrtanje-hdd>)

Tehnologije usmerjenega vrtanja temeljijo na osnovi vodenja in omogočajo nadzor vrtnalke glave pod zemljo, kar pomeni, da lahko izvedemo načrtovano vrtino v skladu s predhodno pripravljenim projektom.



Slika 16: Prikaz vrtalne glave

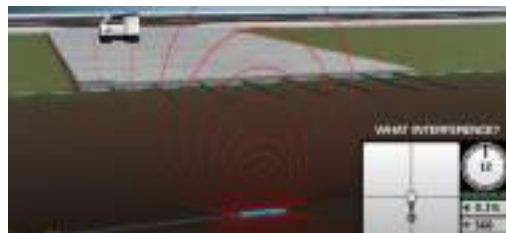
Vir: (Lastni vir)



Slika 17: Prikaz vrtalne glave za razširitev

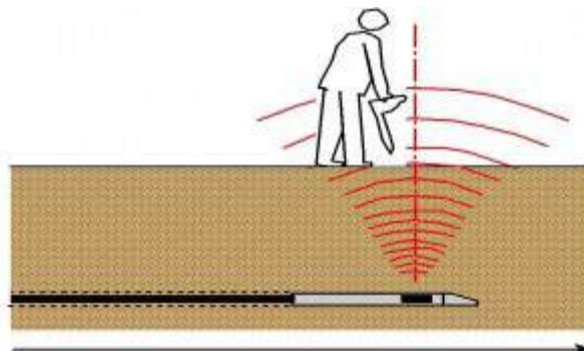
Vir: (Lastni vir)

Določanje natančnega položaja vrtine zagotavljamo z nenehnim nadzorovanjem s pomočjo lokacijskega sistema HDD. Vse meritve se protokolirajo (povzeto po Gradnje Polak, 2024).



Slika 18: Lokacijski sistem HDD

Vir: (<https://gradnje-polak.com/daljinsko-podvrtavanje/>)



Slika 19: Primer detektorja (vodenja)

Vir: (<https://www.vilkograd.com/dejavnosti/horizontalno-usmerjeno-vrtanje-z-radijskim-vodenjem-hdd-metoda/horizontalno-vodeno-usmerjeno-vrtanje-hdd>)

Dolžine posameznih vrtin so odvisne od geološke sestave terena in posamezne geografske značilnosti. Objektivno največja možna dolžina posamezne vrtine je 250 m (odvisno od premera vrtine in geološko-geografskih pogojev). Klasična izvedba vrtanja poteka v zemljini od I. do IV. kategorije, mogoče pa je tudi delo v V. kategoriji zemljine (vrtanje v skali, z uporabo posebnih vrtalnih orodij) (povzeto po Vilkoograd, 2022).

Po izvedbi vrtine sledi uvlek PEHD ali kovinskih zaščitnih cevi do premera 400 mm. Tehnologija omogoča uvlek več cevi hkrati. Ključno je, da je mogoče vsako vrtino izvesti s horizontalnimi in vertikalnimi krivinami, polmera nad 70 m, kar omogoča nemoteno izvedbo podvrtanja vseh vrst vodotokov, komunalne, cestne in ostale infrastrukture (povzeto po Vilkoograd, 2022).

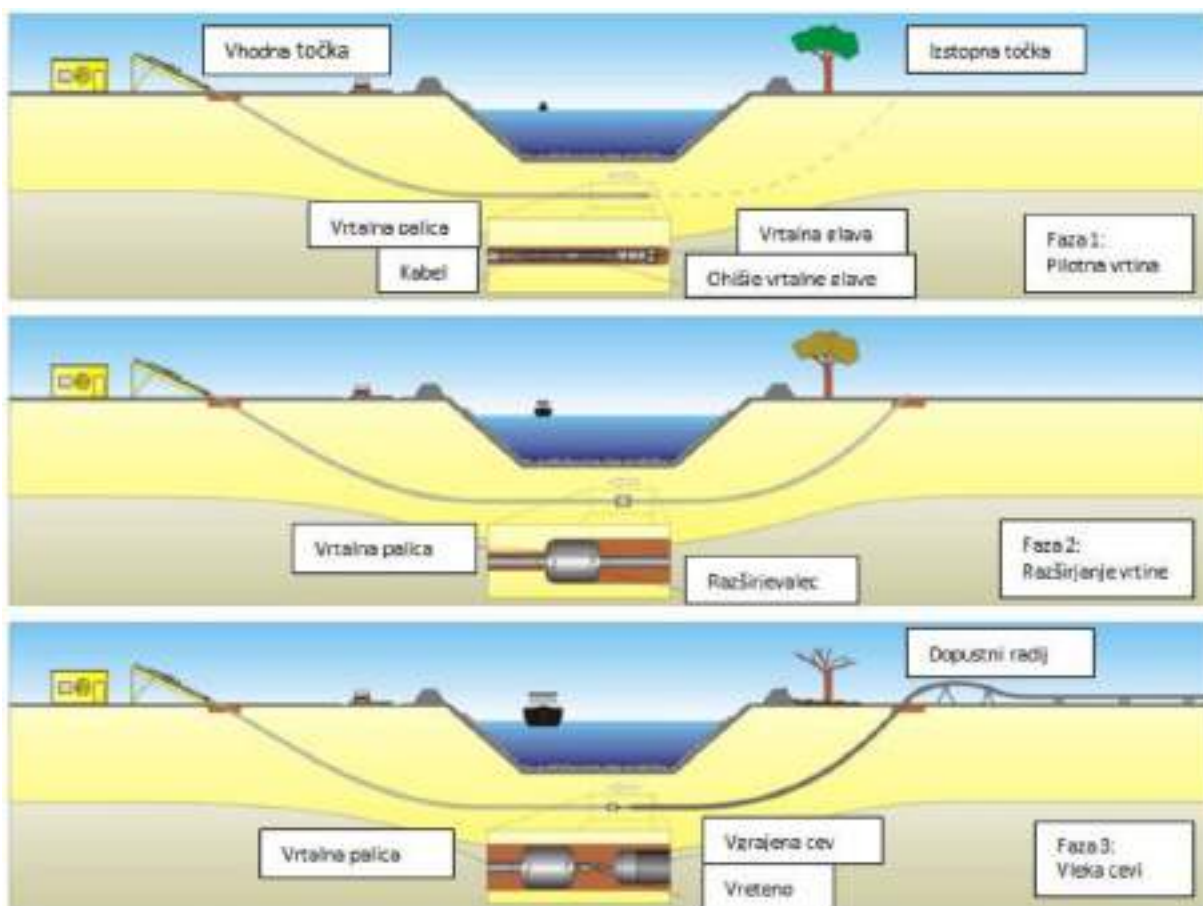
Največkrat se uporabljajo standardne plastične cevi PEHD, oplaščene z zaščitnim plaščem iz mineralno ojačanega polipropilena (PP). Cevi so odporne tako na mehanske kot na UV in kemijske vplive, za katere se ne potrebuje dodatne zaščitne cevi in so primerne za neposredno uvlačenje v vrtino (povzeto po Vilkoograd, 2022).

Za pripravo projekta vrtine je potrebna predhodna obdelava geodetskega posnetka terena, in sicer se na podlagi izdelanih vzdolžnih profilov trase in zahtev investitorja pripravi projekt z vsemi podrobnostmi vrtine. Na podlagi pregledanega in potrjenega projekta se izvede vrtina, ki lahko odstopa od projektiranih gabaritov za največ 5 % (povzeto po Vilkoograd, 2022).

4.1 Postopek vrtanja in uvlečenja cevi

Postopek vrtanja in uvlačenja cevi se deli na tri faze (povzeto po Vilkoograd, 2022):

- izdelava pilotne vrtine (1. faza);
- širjenje oziroma povrtavanje vrtine do želenega premera (2. faza);
- uvlačenje cevi (3. faza).



Slika 20: Faze postopka vrtanja

Vir: (<https://www.vilkograd.com/dejavnosti/horizontalno-usmerjeno-vrtanje-z-radijskim-vodenjem-hdd-metoda/horizontalno-vodeno-usmerjeno-vrtanje-hdd>)

Vrtalna glava pilotne vrtine se vodi, sproti spremlja (točnost smer in globina vrtanja) in usmerja po predhodno narejenem projektu. Za stabilizacijo vrtine in varovanje uvlečene cevi pred poškodbami med vrtanjem dodajamo bentonitno suspenzijo (mešanice bentonita in vode). Posledično prihaja na vstopu in izstopu vrtine do iztekanja odvečne bentonitne mešanice. Odvečna bentonitna mešanica se s pomočjo črpalk prečrpava na reciklrno napravo in centrifugo ter prečisti za ponovno uporabo. S tem se zagotovi minimalni vpliv na okolje (povzeto po Vilkograd, 2022, Gradnje Polak, 2024).

Po izvedbi pilotne vrtine se na vrtalno drogovje namesti razširitvena glava (povratni razširjevalec), s katero pri povratnem vrtanju razširimo vrtino do predvidenega premera (razširjena vrtina mora biti vsaj 30 % večja od premera uvlečenih cevi). Pri povratnem vrtanju se na razširitveno glavo pritrdijo predvidene cevi, ki se ob povratnem vrtanju uvleče skozi vrtino. Povratno vrtanje oziroma razširjanje vrtine se prav tako izvede z dodajanjem bentonitne

mešanice. S tem se okrog uvlečenih cevi ustvari obloga iz bentonita, debeline približno 5–10 cm. Med izvedbo vrtanja ne prihaja do razrivanja izvrtanega materiala, zato globine vrtanja niso pomembne.



Slika 21: Vrtalna garnitura

Vir: (Lastni vir)



Slika 22: Primer namestitve vrtalnega stroja

Vir: (Lastni vir)



Slika 23: Izvedba pilotne vrtine (1. faza)

Vir: (Lastni vir)



Slika 24: Prikaz povrtavanja vrtine (2. faza)

Vir: (Lastni vir)



Slika 25: Prikaz povrtavanja vrtine z uvlekom cevi (3. faza)

Vir: (<https://www.vilkograd.com/dejavnosti/horizontalno-usmerjeno-vrtanje-z-radijskim-vodenjem-hdd-metoda/horizontalno-vodeno-usmerjeno-vrtanje-hdd>)



Slika 26: Prikaz vrtalne glave s pršenjem bentonitne suspenzije

Vir: (Lastni vir)

5 VPLIV NAVEDENIH GRADENJ NA OKOLJE

V današnjih dneh se srečujemo z izrazitim onesnaževanjem okolja, ki ga s svojimi početi, posegi povzroča človek. Pojem onesnaževanje zakonsko opredeljuje Zakon o varstvu okolja (ZVO-1) (povzeto po Sedej, 2016).

Definicija onesnaževanja okolja je po omenjenem zakonu »neposredno ali posredno vnašanje snovi ali energije v zrak, vodo ali tla ali povzročanje odpadkov in je posledica človekove dejavnosti, ki lahko škoduje okolju ali človekovemu zdravju« (UL RS, št. 39/06 in spremembe).

Z graditvijo in obratovanjem objektov vnašamo snovi (delce) v vodo, zrak ali tla. Prav tako se z graditvijo in obratovanjem objektov povzroča vpliv na človeka s sociološkega in psihološkega stališča (povzeto po Sedej, 2016).

Slovar Združenih narodov delce razlaga kot »fine tekoče ali trdne delce, kot so prah, dim, meglica, izpuhi ali smog v zraku ali emisijah« (United Nations, 1997).

Onesnaževanje okolja (način vnosa snovi v okolje) lahko delimo na točkovno in razpršeno. Pri točkovnem viru onesnaževanja lahko vir onesnaževanja v prostoru nedvoumno določimo (lahko mu geodetsko določimo pozicijo v prostoru s koordinatami, ga prikažemo na karti, izvajamo monitoring). Njegov vpliv se z večanjem razdalje od vira zmanjšuje.

Pri razpršenem viru onesnaževanja govorimo o viru onesnaževanja, ki ga v prostoru ne moremo nedvoumno določiti (ne moremo mu geodetsko določiti pozicije v prostoru s koordinatami, temveč ga opredeljujemo z območjem) (povzeto po Sedej, 2016).

Ko govorimo o vplivu navedenih gradenj na okolje, govorimo o vnosu snovi v zrak v času gradnje in smo osredotočeni na gradbišče kot celoto. Gradbišče zaradi številčnih izvedbenih procesov na njem zajema velik spekter možnosti onesnaževanja, pri čemer nedvoumno izstopajo delci (povzeto po Sedej, 2016).

Pri izvedbi EKK so na gradbišču glavni povzročitelji vnosa snovi v okolje transport, gradbena mehanizacija in oprema ter ravnanje (manipulacija) z izkopano zemljino in kamenim agregatom (povzeto po Sedej, 2016).

Pri transportu se povzroča vnos snovi (delcev) v okolje zaradi (povzeto po Sedej, 2016):

- izgorevanja različnih vrst goriv motorjev prevoznih sredstev;
- mehanske obrabe profila pnevmatik;
- mehanske obrabe zavor;
- mehanske obrabe vozišča;
- resuspenzije delcev s cestnih površin, bankin in neutrjenih površin;

Pri gradbeni mehanizaciji in opremi obravnavamo vnos snovi (delcev) v okolje zaradi (povzeto po Sedej, 2016):

- izgorevanja goriva dizelskih motorjev gradbene mehanizacije;
- izgorevanja goriva dizelskih motorjev gradbene opreme;
- izgorevanja goriva dvo- ali štiritačnih motorjev gradbene opreme.

Pri manipulaciji z izkopano zemljino in kamenim agregatom obravnavamo vnos snovi (delcev) v okolje zaradi (povzeto po Sedej, 2016):

- nakladanja/razkladanja;
- druge manipulacije;
- resuspenzija zaradi prevoza.

Izvajanje procesov na gradbišču predstavlja veliko tveganje za vnos snovi v površinske ali podzemne vode. Tipični predstavniki so izliv cementnega mleka v površinsko vodo, razlitje goriva ob pretakanju v delovne stroje, izliv bentonitne suspenzije (mešanice bentonita in vode). Prav tako se pri gradnji ne sme zanemariti vplivov na človeka.

Bivanjsko okolje človek dojema s socialnega vidika in organoleptično. Socialni vidik obsega človekovo doživetje umestitve objekta v njegovo bivanjsko okolje, kako bo predvideni objekt v okolju sprejet, pa je odvisno od vrste in namena objekta. Organoleptični vidik predstavlja človekovo doživetje projektiranja, gradnje in obratovanja s čutili: vid, okus, tip, sluh in voh (povzeto po Sedej, 2016).

Pred začetkom izvajanja posegov (gradnje) je treba izvesti presojo njegovih vplivov na okolje in pridobiti okoljevarstveno soglasje.

6 PRIMERJAVA TEHNOLOGIJ GRADNJE KABLOVODA NA OBJEKTU

6.1 Splošno

V diplomskem delu smo izvedli stroškovni primerjavi izvedbe klasične EKK in izvedbe s podvrtavanjem po metodi HDD.

Za primerjavo smo izbrali že izveden projekt gradnje Zamenjava SN KB 20 kV (k-491) Prešernova Arbajterjeva na odseku med TP Maistrova Ptuj (t-370) – TP CSUI Ptuj (t-241).

6.2 Opis projekta

Projekt je obsegal zamenjavo dotrajanega obstoječega SN 20-kV kablovoda na odseku med TP Maistrova Ptuj (t-370) in TP CSUI (t-241)-Ptuj, in sicer z uporabo tradicionalne klasične metode gradnje s prekopavanjem (open cut excavation). Za ta objekt je bil maja 2018 izdelan načrt PZI št. 156/18-PT.

Trasa predvidenih izkopov poteka deloma po zelenicah, deloma po prometnih površinah, lokalnih cestah, parkiriščih in dovozih ter deloma po vodnem svetu.



Slika 27: Potek tras

Vir: (Lastni vir)

6.3 Opis gradbenih del pri klasičnem (tradicionalnem) načinu gradnje

V izdelanem načrtu PZI št. 156/18-PT so predvideni izkopi deloma v zelenicah, deloma v prometnih površinah, lokalnih cestah, parkiriščih, dovozih, zelenicah in deloma v vodnem svetu.

Tabela 1: Tehnične značilnosti trase po načrtu PZI št. 156/18-PT (konvencionalni izkop)

Klasična metoda gradnje s prekopavanjem (open cut excavation):	
Globina izkopa	1,0 m
Širina izkopa	0,4 m
Dolžina trase	91,5 m
Kategorija zemljin	3 kat.
Vgradnja (PEHD) cevi GDC, premera 160 mm	81,5 m
Vgradnja (PEHD) cevi, premera 2 × Ø 50 mm (dvojček za optiko)	91,5 m
Vgradnja betonske cevi, premera Ø 300 mm (prečkanje potoka)	5 m
Vgradnja cevi PE80, premera 1 × PE 160/9,5 mm (izvedba prekopov potokov)	10 m

Vir: (Lastni vir)



Slika 28: Potek trase po načrtu PZI št. 156/18-PT (konvencionalni izkop)

Vir: (Lastni vir)

Pri izvedbi EKK s konvencionalnim izkopom je bila v skladu z načrtom PZI št. 156/18-PT predvidena vgradnja (PEHD) cevi GDC, premera 160 mm, in cevi (PEHD), premera 2 × 50

mm (dvojček za optiko). Popis del je razviden iz priloge A: Popis del pri klasičnem (tradicionalnem) načinu gradnje.

Trasa spada v III. kategorijo zemljišč. Pri izkopu je na trasi upoštevan strojni izkop. Ročni izkop je bil predviden tam, kjer s strojem ni možen dostop, in v primeru križanja z drugimi komunalnimi vodi v zemlji. Upošteval se je kabelski jarek, dimenzij $0,4\text{ m} \times 1\text{ m}$.

Predvidena je bila položitev cevi GDC v kabelski jarek z obbetoniranjem cevi GDC v celotni dolžini trase z zemeljsko-vlažnim betonom C16/20, debeline minimalno 10 cm okoli cevi (razen pri prečkanju potoka).

Na celotni trasi EKK je bila v kabelski jarek predvidena položitev plastične cevi dvojček PEHD premera $2 \times \varnothing 50\text{ mm}$ za potrebe optike in v globini približno 0,4 m še ohlapna položitev opozorilnih trakov.

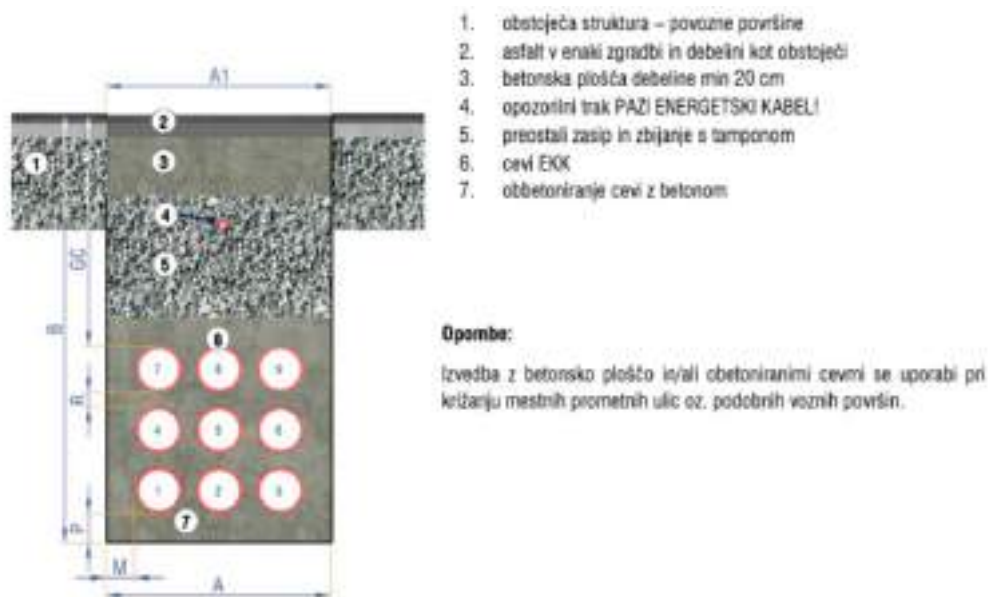
Po končanih gradbenih delih se teren, kjer so prevedena izvajalska dela, povrne v prvotno stanje. Na travnatih površinah, zelenicah je treba kot zgornji sloj vgraditi humusno plast debeline približno 10 cm in po potrebi zasaditi travnato rušo. V urejenih površinah, kot so betonske plošče, tlakovci, robniki, je treba zgornji sloj povrniti v prvotno stanje. Uporabi se odstranjeni material oziroma po potrebi novi. Pri asfaltiranih povoznih površinah je treba te asfaltirati skladno s pogoji upravljavca ali lastnika cestne površine.

6.3.1 Prečkanje povoznih površin

Pred izvedbo izkopov v povoznih površinah (asfaltiranih/betoniranih/tlakovanih) so bilo predvideni rezanje in rušenje le-teh ter odstranitev obstoječe zgornje nevezane nosilne plasti, vključno z nakladanjem in odvozom na trajno deponijo.

Prečkanje občinske cest na parceli št. 3994/2, k. o. Ptuj, in občinske ceste 830841 na parceli št. 3992, k. o. Ptuj, je bilo predvideno s prekopom, polaganjem (PEHD) cevi GDC, premera 160 mm, in cevjo dvojček PEHD $2 \times \varnothing 50\text{ mm}$ z obbetoniranjem cevi.

Zaradi oviranja prometa je predvidena pridobitev odločbe za delno zaporo ceste na osnovi vloge in elaborata začasne prometne ureditve za čas izvajanja del.



Slika 29: Prerez EKK – prečkanje povoznih površin (konvencionalni izkop)

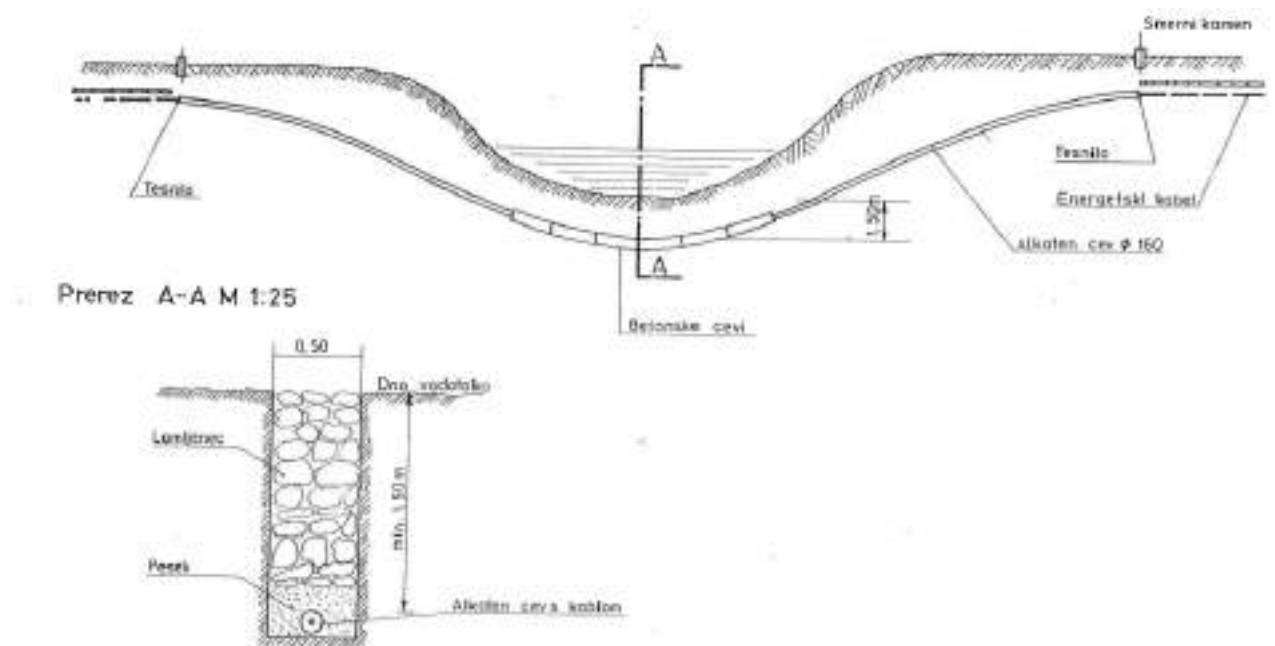
Vir: (<https://www.giz-dee.si/Portals/0/Tipizacija/GIZ-TS-13-Elektro-kabelska-kanalizacija.pdf>, dodatek E)

Pri tem pomenijo (povzeto po GIZ DEE, 2017):

- A – širina dna jarka KK (cm);
- A1 – zgornja odprtina jarka KK (cm);
- M – prostor za manipulacijo pri polaganju (cm);
- B – globina jarka KK (cm);
- P – podlaga (posteljica) oziroma prekritje cevi (cm);
- R – razmik med cevmi (cm);
- GC – min globina cevi (cm).

6.3.2 Križanje potoka

Križanje EKK s potokom Grajena je po načrtu PZI št. 156/18-PT predvideno s prekopom in polaganjem (PEHD) cevi GDC, premera 160 mm. Predvidena je obtežitev cevi z dodatno betonsko cevjo, premera $\varnothing$ 300 mm, položitev le-teh minimalno 1,5 m pod dnom struge potoka ter 3–5 m na vsako stran od roba brežin. Prav tako je predvidena ureditev brežine potoka z vgradnjo kamnitega lomljenca za oblaganje brežin potoka brez uporabe betona.



Slika 30: Načelni prikaz križanja vodotokov

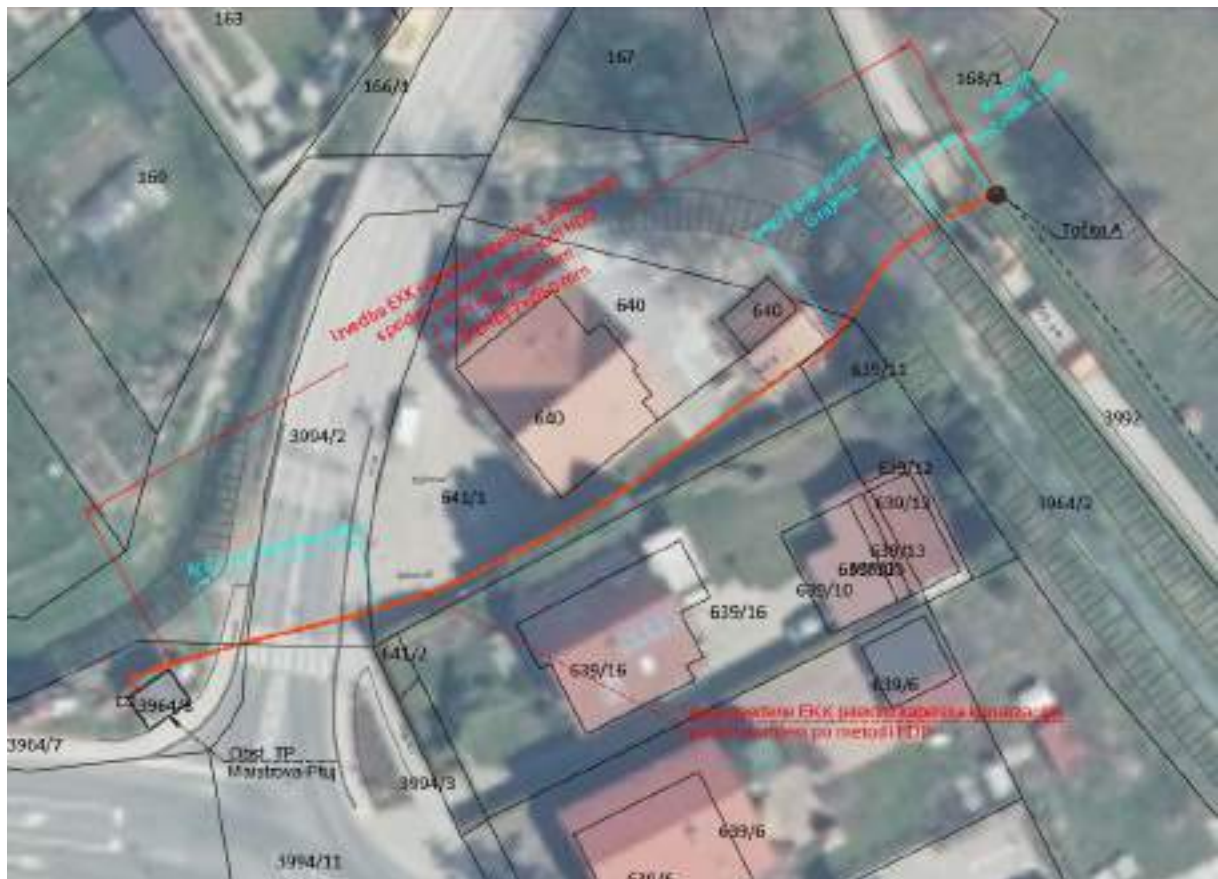
Vir: (Lastni vir)

6.4 Opis gradbenih del gradnje elektro kableske kanalizacije po metodi HDD

Pri izvedbi EKK s podvrstavanjem po metodi HDD je bila izvedena vgradnja (PEHD) cevi GDC, premera $\varnothing$ 160 mm, in vgradnja (PEHD) cevi $2 \times \varnothing 50$ mm (dvojček za optiko). Popis del je razviden iz priloge B: Popis del pri izvedbi EEK po metodi HDD.

S tehnologijo podvrtavanja po metodi HDD je bil izveden projekt zamenjave dotrajanega obstoječega SN 20-kV kablovoda na odseku med TP Maistrova Ptuj (t-370) in TP CSUI (t-241) – Ptuj, in sicer med TP Maistrova Ptuj (t-370) in točko A.

Celotna trasa infrastrukture poteka od TP Maistrova Ptuj (t-370) in se zaključi na drugem koncu v točki A, s potekom po zelenicah, prometnih površinah, lokalnih cestah, parkiriščih in dovozih ter in po vodnem svetu.



Slika 31: Potek trase EKK s podvrtavanjem po metodi HDD

Vir: (Lastni vir)

Pred izvedbo podvrtavanja je izvajalec pripravil posnetek terena in vzdolžni profil trase. Na osnovi rezultatov posnetkov in vzdolžnega profila je izvajalec pripravil projekt izvrtin s potrebnimi parametri. Z izdelavo projekta so bili določeni vstopni in izstopni koti ter smeri in nakloni vrtin. Globina vrtine je bila določena na osnovi premera vrtine in lastnosti zemljine, in sicer je znašala na najnižji točki 4,21 m od zgornjega nivoja terena do temena vrtine. Na osnovi lastnosti zemljine je bila izbrana primerna vrtalna garnitura za prvo fazo vrtanja in nato za razširjanje.

Po pripravi projekta izvrtin je izvajalec del začel z izvedbo vodene pilotne vrtine z maksimalnim odstopanjem 5 %. Ob izvajanju pilotne vrtine se je dejansko stanje točnosti smeri in globine vrtanja sproti spremljalo.

Izvedene so bile tri faze vrtanja, in sicer: prva faza (izvedba pilotne vrtine), druga faza (širjenje oziroma povrtavanje vrtine do želenega premera) in tretja faza (uvlčenje cevi).

Začetek del je najprej zahteval pripravo gradbišča, ki je zajemala ureditev dovoznih poti z obračališči in parkirišči ter zakoličenje komunalnih voda. Ko je bilo delovišče pripravljeno, je izvajalec del za vsako vrtino začel s pripravo vstopne in izstopne jame.

Pred začetkom izvedbe pilotne vrtine je izvajalec skalibriral sondo vrtalne glave manjše garniture za prvo fazo vrtanja, ki se je začela pod nastavljenim kotom ter nato nadaljevala s sledenjem smeri in globine. Vrtanje je potekalo z vrtalno tekočino, ki jo je črpalka vzdrževala na zahtevanem pretoku, da je zagotovila ustrezen iznos materiala in ustrezno stabilnost vrtine. Ob prenehanju izlivanja vrtalne tekočine je izvajalec vrtalno glavo vračal nazaj na točko, kjer je bilo nazadnje zabeleženo ustrezno stanje (Vilkograd, 2022).

Vrtanje se je izvajalo s sprotnim vbrizgavanjem mešanice bentonita in vode, kar služi varovanju uvlečene cevi proti morebitnim poškodbam. Vrtalna tekočina je bila v rabi tako ob prvi fazi vrtanja kot v fazi razširjevanja.

Faza podvrtavanja je zajemala uvleko cevi, ki so bile nameščene na cevni vlačilec in pritrjene na razširjevalec. Nazadnje so bili vizualno pregledani vsi vidni deli cevi, da je bila izključena možnost deformacij (Vilkograd, 2022).

Naročnik:	ELEKTRO MARIBOR d.d.			Premier vrtanja [Ø]	Št. cavi	Premier cavi [Ø]	Dočina cavi [m]	
Gradbena:	KIV MAISTROVA							
Mesto:	KIV MAISTROVA			220	1	380	87	
Glavna stroja:	DW 273023	Palica:	3,0 m		2	50	87	
Operatori:								
Datum/Prijava:	7.4.2022.							
OPIS/OPOMBA:				Izvedeno je HDD podvrtavanje v sklopi dočini 87 m (28 palic x 3,0 m/palica)				
						Podpis:		
Št. točka	Naklon [°]	Globina podvrt. [cm]	Št. točka	Naklon [°]	Globina podvrt. [cm]	Št. točka	Naklon [°]	Globina podvrt. [cm]
1	-32	120	21	-4	420	41		
2	-34	230	22	6	421	42		
3	-26	327	23	-1	410	43		
4	-20	374	24	-2	420	44		
5	-13	402	25	-3	380	45		
6	-11	444	26	0	170	46		
7	-7	460	27	5	130	47		
8	-1	470	28	5	170	48		
9	5	460	29	7	150	49		
10	11	434	30			50		
11	20	400	31			51		
12	6	380	32			52		
13	1	380	33			53		
14	-6	400	34			54		
15	-2	380	35			55		
16	1	380	36			56		
17	2	380	37			57		
18	-2	375	38			58		
19	-6	390	39			59		
20	-8	410	40			60		

Slika 32: Protokol podvrtavanja

Vir: (Lastni vir)



Slika 33: Načelni prikaz izrisa vrtine

Vir: (Lastni vir)

7 PRIKAZ IN ANALIZA IZVEDENIH PRIMERJAV

7.1 Splošno

Na podlagi pridobljenih podatkov smo primerjali popise del in končni strošek izvedbe ter tveganja pri gradnji.

S primerjavami želimo dokazati naslednje hipoteze:

- H1: Izvedba klasične EKK predstavlja zahtevnejši poseg v naravo kot izvedba z metodo HDD.
- H2: Izvedba klasične EKK je za 15 % dražja od izvedbe po metodi HDD.
- H3: Izvedba klasične EKK v času izvedbe predstavlja večje tveganje z vidika varnosti in zdravja pri delu kot pa izvedba po metodi HDD.
- H4: Pri izvedbi klasične EKK se sprošča v zrak 20 % več emisij kot pri izvedbi po metodi HDD.

7.2 Zahtevnost gradnje

Teren posegov spada v III. kategorijo zemljin. Za obe tehnologiji takšne zemljine ne predstavljajo težav pri gradnji, če nimamo opravka z visoko podtalnico, oziroma prečkanju raznih vodotokov. V našem primeru bi lahko imeli precej težav pri konvencionalnem (klasičnem) izkopu zaradi prečkanja potoka Grajena in križanj ostalih komunalnih vodov.

Hitrost izvedbe pri konvencionalnem (klasičnem) izkopu pogojujejo kapacitete strojev in hitrost opaženja. Zaradi omejitve širine delovnega prostora (gostote naseljenosti), cest in vodnih površin smo omejeni s številom mehanizacije. Pri gradnji s konvencionalnim (klasičnim) izkopom predvidevamo povprečno napredovanje 15 m/dan, pri gradnji podvrtavanja po metodi HDD pa povprečno napredovanje 29 m/dan.

7.2.1 Opis gradnje z izkopom

Po zapori enega voznega pasu ceste z vertikalno prometno signalizacijo se izvede postavitve gradbiščne ograje. Zaradi varnosti pri delu se gradbišče ogradi z gradbiščno mrežo (ograjo).

Sledi premik celotne gradbene mehanizacije (tovorno vozilo, tovorna prikolica za premik bagra, valjar, vibranabijač, vibracijska plošča itd.) z lokacije izvajalca do gradbišča.

Po razrezu asfalta se začne odstranitev asfaltne plasti. Rušenje se izvaja z bagrsko žlico in sproti naklada na tovorno vozilo. Morebitni večji kosi asfaltne plasti se sproti zdrobijo na manjše kose, primerne za nakladanje. Emisija zaradi nakladanja asfaltne sloja na keson se zanemari. Gradbene odpadke se odvaža ne deponijo.

Izkopi jarka se večino časa izvajajo strojno z bagrom, razen v bližini obstoječe gospodarske javne infrastrukture, kjer je uporabljen ročni izkop. Izkopani material se odlaga vzdolž jarka.

Kadar gradbena jama presega globino 1 metra, jo je treba zavarovati z opažem. Za manjše globine se uporabljajo opaži z razpiranjem oziroma škatlasti opaži.

Po pripravi jarka se izdelata posteljica, obsip in zasip s prebranim izkopanim materialom ter tamponskim drobirjem. Odstranjevanje razpiralnega opaža poteka hkrati z zasipanjem jarka.

Zasip se izvaja po slojih z utrjevanjem. Obstoječa gospodarska javna infrastruktura se zaščiti z zaščitnimi cevmi in obsuje. Utrjevanje se izvaja z valjarjem in vibronabijačem »žabo«.

Pri prekopanih asfaltnih površinah se izdelata nova vezna nosilna plast in obrabna zaporna plast. Prehod med novim in starim asfaltom se izvede na stik.

Po končanih asfaltnih delih se izvede premik gradbene mehanizacije z gradbišča, odstrani gradbiščna ograja in očisti območje gradbišča.

7.2.2 Opis gradnje brez izkopa

Po zakoličbi trase (določitvi poteka vodene vrtine) in zavarovanju gradbišča z gradbiščno mrežo oziroma ograjo (na lokaciji vstopne in izstopne vrtine (jame) se izvede premik vrtalne garniture in bagra z lokacije izvajalca do gradbišča. Sledita priprava in namestitev vrtalne garniture. V vstopnem jašku se vrtalna glava usmeri v zemljino z vstopno inklinacijo in začetno globino glede na zahteve projekta. Vrtalna garnitura izvaja pilotno vrtino od vstopne do izstopne točke. Pri vrtanju se uporablja vrtalna tekočina, ki se pripravlja v mešalni napravi. Vrtalna tekočina, ki je pod pritiskom, ima pri vrtanju funkcijo izplakovanja izvrtanega materiala iz vrtine, hlajenja in stabilizacije vrtine. Položaj vrtilne glave se spremlja s pomočjo sledilne naprave in vgrajene sonde, ki oddaja radijski signal.

Po izvedbi pilotne vrtine se na lokaciji izstopne točke na vrtalno drogovje namesti povratni razširjevalec za širitev pilotne vrtine. Širjenje pilotne vrtine se izvaja od izstopne do vstopne točke. Po širjenju vrtine se izvede uvlečenje cevi.

Po končanih delih (uspešno izvedeni vrtini in uvleku cevi) sledi pospravljanje uporabljene mehanizacije. Tovorno vozilo cisterna na poti z gradbišča hkrati izvede tudi premik vrtalne garniture s tovorno prikolico.

7.2.3 Vplivi na okolje in okolico

Konvencionalni (klasični) izkopi imajo velik vpliv na okolje in okolico. Na delu trase za prečkanje cest potrebujemo vsaj polovično zaporo ceste. Z manevriranjem mehanizacije in odvažanjem zemljine bi dodatno obremenili promet in ceste. Posledično bi povzročili prometne zastoje, povzročali velik hrup zaradi gradbene mehanizacije ter zamude pri transportu materiala in odvozu zemljine.

Prav tako bi pri prekopu potoka Grajena posegali v strugo omenjenega potoka, kar bi lahko povzročilo vpliv na vodostaj potoka in njegov ekosistem.

Pri gradnji po metodi HDD ne potrebujemo nikakršne dodatne zaščite in cestnih zapor, razen zaščite v območju vstopne in izstopne gradbene jame (zaščita gradbenih jam).

Preglednica 3: Primerjava vplivov izvedb na okolje

Tabela 2: Primerjava vplivov izvedb na okolje

Vplivi	Konvencionalni (klasični) izkop	Podvrtavanje po metodi HDD
Vpliv talne vode in vode pritokov vodotokov	DA (ob povečanem vodostaju moramo črpati vodo)	NE (talna voda nima vpliva na izvedbo z metodo HDD)
Vpliv na okolico	Velik	Minimalen
Hitrost izvedbe	Srednja	Srednje hitra do hitra
Tveganje za prekinitev del	Srednja	Nizka
Cena	Srednja	Srednja

Vir: (Lastni vir)

Ugotovitve (iz podpoglavja 7.2) potrjujejo prvo hipotezo diplomskega dela (H1): Izvedba klasične EKK predstavlja zahtevnejši poseg v naravo kot izvedba z metodo HDD.

7.3 Primerjava stroškov izvedenega konvencionalnega izkopa in metode HDD

Popise del smo razdelili v štiri sklope, ki so razvidni iz popisov del.

7.3.1 Konvencionalni (klasični) izkop

Tabela 3: Strošek izvedbe s konvencionalnim (klasičnim) izkopom

A	PRIPRAVLJALNA DELA	5.306,10 €
B	GRADBENA DELA	8.831,33 €
C	TRANSPORT	284,94 €
D	ZAKLJUČNA DELA	380,00 €
REKAPITULACIJA	Skupaj	14.802,37 €
	22 % DDV	3.256,52 €
	Predračunska vrednost	18.058,89 €

Vir: (Lastni vir)

Podroben popis del z oceno stroškov je razviden iz priloge A.

7.3.2 Podvrtavanje po metodi HDD

Tabela 4: Strošek izvedbe s podvrtavanjem po metodi HDD

A	PRIPRAVLJALNA DELA	1.112,40 €
B	GRADBENA DELA	9.370,90 €
C	TRANSPORT	198,00 €
D	ZAKLJUČNA DELA	350,00 €
REKAPITULACIJA	Skupaj	11.031,30 €
	22 % DDV	2.426,89 €
	Predračunska vrednost	13.458,19 €

Vir: (Lastni vir)

Podroben popis del z oceno stroškov je razviden iz priloge B.

7.3.3 Primerjava

Primerjava stroškov konvencionalnega (klasičnega) izkopa in izvedbe s podvrtavanjem po metodi HDD v fazi pripravljanih del kaže, da predstavlja izvedba s konvencionalnimi (klasičnimi) izkopi večji strošek.

Stroški gradbenih del obravnavanega objekta so pri izvedbi s podvrtavanjem po metodi HDD višji od predvidenih stroškov gradbenih del izvedbe s konvencionalnimi (klasičnimi) izkopi.

Kljub odstopanju med sklopi del je končni strošek manjši v primeru gradnje s podvrtavanjem po metodi HDD.

Glavna postavka, ki bistveno podraži konvencionalni izkop, so pripravljala dela.

Tabela 5: Razlika med stroški izvedbe konvencionalnega (klasičnega) izkopa in metode HDD

REKAPITULACIJA (konvencionalni izkopi)	Skupaj	14.802,37 €
	22 % DDV	3.256,52 €
	Predračunska vrednost	18.058,89 €
REKAPITULACIJA (podvrtavanje po metodi HDD)	Skupaj	11.031,30 €
	22 % DDV	2.426,89 €
	Predračunska vrednost	13.458,19 €
RAZLIKA	Skupaj	3.771,07 €
	DDV 22 %	829,63 €
	Predračunska vrednost	4.600,70 €

Vir: (Lastni vir)

V primeru izvedbe projekta s podvrtavanjem po metodi HDD smo prihranili 4.600,70 €.

Rezultati potrjujejo drugo hipotezo diplomskega dela (H2): Izvedba klasične EKK je za 15 % dražja od izvedbe po metodi HDD.

7.4 Viri delcev in vpliv delcev na zdravje ljudi

7.4.1 Viri delcev

Delce glede na vir nastanka v osnovi delimo na primarne in sekundarne. Primarni delci kot posledica človekove aktivnosti nastanejo zaradi zgorevanja in mehanskih procesov, sekundarni delci pa kot posledica kemičnih in fizikalnih reakcij v atmosferi.

Poznamo točkovne vire emisij, med katere spadajo brušenje, rezkanje, vrtanje, klesanje, šiljenje, usipavanje, nasipavanje, odmetavanje, podiranje, ločevanje, rezanje, nakladanje, razkladanje in grabljenje gradbenih materialov, betonarne, obdelava gradbenih odpadkov v premičnih napravah, čiščenje fasad itd. Med razpršene vire emisij pa spadajo emisije delcev iz prometa po gradbiščnih poteh, pretovarjanje ali skladiščenje gradbenega materiala, izkopavanje zemljine in njeno nakladanje, transport zemeljskega izkopa ter ravnanje z gradbenimi odpadki.

Primarne delce, ki se pojavljajo v sklopu izvedbe, delimo na vire znotraj ograje gradbišča in vire zunaj ograje gradbišča.

Viri emisij znotraj ograje gradbišča pri obeh načinih gradnje:

- delci znotraj ograje gradbišča nastajajo izključno kot posledica človekove aktivnosti kot produkt zgorevanja dizelskih motorjev z notranjim zgorevanjem (delovanje gradbene mehanizacije in opreme) ter manipulacije z izkopano zemljino in kamenim agregatom.

Viri emisij znotraj ograje gradbišča pri gradnji s konvencionalnimi (klasičnimi) izkopi:

- manipulacija z izkopano zemljino in kamenim agregatom;
- manipulacija z izbranimi materiali (pesek, beton, zemlja itd.) pri obsipu cevi.

Viri delcev izven ograje gradbišča so pri obeh načinih gradnje vezani na prevoze.

Pri gradnji so na gradbišču glavni povzročitelji delcev transport, gradbena mehanizacija in oprema ter manipulacija z izkopano zemljino in kamenim agregatom.

Pri transportu nastajajo izpusti (emisije delcev) zaradi:

- izgorevanja goriva dizelskih motorjev prevoznih sredstev;
- mehanske obrabe profila pnevmatik;
- mehanske obrabe zavor;
- mehanske obrabe vozišča;;
- resuspenzije delcev s cestnih površin, bankin in neutrjenih površin.

Pri gradbeni mehanizaciji in opremi nastajajo izpusti (emisije delcev) zaradi:

- izgorevanja goriva dizelskih motorjev gradbene mehanizacije;
- izgorevanja goriva dizelskih motorjev gradbene opreme;
- izgorevanja goriva dvotaktnih ali štiritaltnih motorjev gradbene opreme.

Pri manipulaciji z izkopano zemljino in kamenim agregatom nastajajo izpusti (emisije delcev) zaradi:

- nakladanja/razkladanja;
- drugih manipulacij;
- resuspenzije zaradi prevoza.

V našem primeru glede na izbrano tehnologijo gradnje razporeditev emisije obravnavamo kot:

- razpršeno (linijsko) pri gradnji z izkopom;
- točkovno pri gradnji brez izkopa.

7.4.1.1 Gradnja z izkopom

Gradnja z izkopom se izvaja z uporabo gradbene mehanizacije in opreme. Gradbena mehanizacija in oprema pri gradnji z izkopom se pomikata od začetne točke predvidene trase do končne točke predvidene trase EKK skladno z napredovanjem v trasi dnevnega izkopa jarka.

Tabela 6: Aktivnosti pri gradnji z izkopom

Priprava gradbišča	Vpliv emisije
prevoz in izdelava gradbiščne ograje (mreže)	da
zakoličba komunalnih vodov, zakoličba trase	zanemarljiv
premik gradbene mehanizacije (bager)	da
Izkop jarka	
rezanje asfalta, betona	zanemarljiv
rušenje asfalta, betona z nakladanjem na tovorno vozilo	da
odvoz gradbenih odpadkov (porušenega asfalta, betona itd.) na deponijo	da
strojni in ročni izkop jarka z odlaganjem izkopane zemljine vzdolž jarka ali nakladanjem na tovorno vozilo	da

odvoz gradbenih odpadkov (izkopane zemljine) na deponijo	da
prevoz, razkladanje in izdelava opaža jarka	da
izvedba prekopa potoka oz. kanala po projektu (prekop do predpisane globine)	da
Zasip jarka	
priprava jarka	da
polaganje cevi	zanemarljiv
odstranitev, nakladanje in prevoz opaža	da
prevoz vlažnega betona C16/20	da
obsip (obbetoniranje) cevi	da
zasip jarka s prebranim izkopanim materialom z največjim premerom zrna 32 mm in utrjevanje po slojih, material začasno deponiran vzdolž jarka	da
prevoz (dobava) tamponskega drobirja frakcije	da
zasip jarka s tamponskim drobirjem frakcije in utrjevanje po slojih	da
izdelava finega planuma frakcije s komprimiranjem	da
izvedba zasipa potoka oziroma kanala po projektu (utrjevanje dna z zloženim lomljencem, odvoz odvečnega materiala na trajno deponijo, preusmeritvijo potoka in črpanjem vode)	da
polaganje betonskih robnikov v pusti beton	da
fino ročno načrtovanje terena	da
premik gradbene mehanizacije (bager)	da
Asfalterška dela	
prevoz dobava asfalta	da
vgradnja vezane nosilne plasti (grobi asfalt)	da
asfaltiranje	da
Zapiranje gradbišča	
čiščenje gradbišča, zapiranje gradbišča (prevoz ograje)	da

Vir: (Lastni vir)

7.4.1.2 Gradnja brez izkopa

Po definiciji NASTT (2016) je gradnja brez izkopa »skupina tehnik novogradnje ali obnove podzemne linijske infrastrukture, ki ne ovira prometa, prebivalcev ali kakorkoli drugače povzroča motnje v okolici z najmanjšim možnim obsegom izvajanja izkopa zemljine«. Pri projektu zamenjave dotrajanega obstoječega SN 20-kV kablovoda na odseku med TP Maistrova Ptuj (t-370) in TP CSUI (t-241) – Ptuj smo uporabili gradnjo brez izkopov po tehnologiji HDD (usmerjeno vrtanje z radijskim vodenjem).

Tabela 7: Aktivnosti pri gradnji brez izkopov

Priprava gradbišča	Vpliv emisije
prevoz in izdelava gradbiščne ograje (mreže)	da
zakoličba komunalnih vodov, zakoličba trase	zanemarljiv
Izkop vstopne in izstopne jame	
strojni in ročni izkop vstopnega in izstopnega jarka z odlaganjem izkopene zemljine	zanemarljiv
Izvedba vrtine in vgradnja cevi	
premik črpalke za izdelavo vrtalne tekočine in bagra	da
premik vrtalne garniture in tovornega vozila cisterna	da
delovanje mešalne naprave	zanemarljiv
izvedba pilotne vrtine in črpanje vrtalne tekočine	da
prevoz vlažnega betona C16/20	da
širjenje pilotne vrtine, uvlečenje cevovoda in črpanje vrtalne tekočine	da
premik vrtalne garniture	da
Zasip vstopne in izstopne jame	
zasip z izkopanim materialom	zanemarljiv
Zapiranje gradbišča	
čiščenje gradbišča, zapiranje gradbišča	zanemarljiv

Vir: (Lastni vir)

7.4.2 Vpliv emisij delcev na zdravje ljudi

Glede vpliva delcev na zdravje ljudi ugotavljamo, da so najnevarnejši delci, ki prek grla prodrejo v spodnje dihalne poti. V predelu pljuč, kjer poteka izmenjava plinov, lahko fini in ultrafini preidejo v kri.

Delci, ki prek dihalnih poti prodrejo v človeško telo, povzročijo nezanemarljive vplive na zdravje. Kratkotrajna (akutna) izpostavljenost delcem se odraža kot draženje oči, nosu, grla, pljuč, težave pri dihanju, omotica.

Dolgotrajno izpostavljanje delcem povzroča zmanjšanje pljučne funkcije, razvoj kroničnega bronhitisa, aritmijo, lažje srčne kapi, prezgodnje smrti, raka mehurja, obolenosti srca, okvare DNK, okvare živčnega sistema.

Zmožnost prodiranja delcev v dihalne poti se razlikuje glede na spol, starost, način dihanja (nos, usta) in stopnjo ventilacije. Najbolj so ogroženi otroci, saj se pri njih pojavlja večji odstotek prodiranja delcev v spodnje dihalne poti (povzeto po Brown, Gordon, Price, Asgharian (2013)).

V medicini se velikost delcev opredeljuje na njihovo možnost, da prodrejo v telo prek dihalnih poti. Vdihnejo se delci, ki so v bližini nosa in ust. Velikost delcev zraka na delovnem mestu opredeljuje standard EN 481:1998 in jih deli na tri skupine oziroma cone.

V obdobju med 1971 in 1987 se je z raziskavami delcev na področju zdravja izkazalo, da se v območju nad 10 mikronov nahaja le majhno število delcev, na zdravje oziroma dihala pa vplivajo le delci, manjši od 10 μm .

Ugotovitve iz poglavja 7 potrjujejo H3: Izvedba klasične EKK v času izvedbe predstavlja večje tveganje z vidika varnosti in zdravja pri delu kot pa izvedba po metodi HDD.

8 PREPREČEVANJE IN ZMANJŠEVANJE EMISIJE DELCEV (H4 – KROVNA TEMA)

8.1 Vnos delcev zaradi delovanja gradbišča

Gradbišče s svojimi aktivnostmi nedvoumno prispeva k vnosu delcev v zrak. Na količino vnosa delcev vplivajo dejavniki, kot so: lokacija gradbišča, vrsta in število gradbenih operacij, vremenski pojavi, sestava temeljnih tal in izbor tehnologije gradnje.

Gradbena dela, ki najbolj vplivajo na emisije delcev z območja gradbišča, so:

- pripravljalna zemeljska in izkopna dela;
- obratovanje delovnih naprav in strojev na gradbišču;
- transport gradbenega materiala.

Zaradi zemeljskih in gradbenih del se med gradnjo poveča prašenje z območja gradbišča ceste, neutrjenih gradbiščnih poti in dovoznih cest, začasnih lokacij za skladiščenje sipkega in razsutega materiala (emisije delcev PM10), dodatno bodo povečane emisije onesnaževal zaradi uporabe gradbene mehanizacije in transportnih sredstev (emisije dušikovih oksidov, delcev PM10 in hlapnih organskih spojin).

Po izkušnjah pri izvedbi podobnih posegov sta emisija prašnih delcev in s tem zapraševanje okolice največje v času izkopov ob suhem in vetrovnem vremenu ter pri prevozih gradbenega materiala po gradbiščnih in drugih transportnih poteh, ki potekajo ob gosteje poseljenih območjih. V okolici gradbišča na kakovost zraka praviloma pomembno vplivajo le emisije delcev PM10, medtem ko emisije ostalih onesnaževal ne povzročajo občutnega povečanja onesnaženosti zraka.

Predvidi se, da bo prašenje povečano v primeru gradnje brez izkopov zaradi zemeljskih del na celotnem gradbišču. Predviden skupni čas gradnje je pri tej metodi ocenjen na 6 dni.

Pri gradnji brez izkopa (podvrtavanje po metodi HDD) manipulacije z gradbenim materialom ni, prisotna je le emisija zaradi delovanja gradbene mehanizacije (delovanja dizelskih motorjev z notranjim izgorevanjem). Predviden skupni čas gradnje brez izkopov je znašal 3 dni.

Za analizo smo se osredotočili na čas izvedbe oziroma čas odprtja gradbišča.

Tabela 8: Čas izvedbe oziroma čas odprtja gradbišča

Uporabljena mehanizacija	Bager (gradnja z izkopi)	Vrtalna garnitura (gradnja brez izkopov)
Povprečno napredovanje	15 m/dan	29 m/dan
Dolžina trase/vrtine	91,5 m	87 m
Čas izvedbe	6 dni	3 dni
Razlika časa izvedbe	3 dni	
Razlika časa izvedbe v %	50 %	

Vir: (Lastni vir)

Zaradi izvedbe gradnje brez izkopa s kratkim časom obratovanja gradbišča in predpostavke, da je masa emisij z vira emisij v času obratovanja odvisna od časa delovanja vira emisij, lahko ocenimo oziroma lahko potrdimo H4: Pri izvedbi klasične EKK se sprošča v zrak 20 % več emisij kot pri izvedbi po metodi HDD.

8.2 Preprečevanje in zmanjševanje emisij delcev z gradbišč

Za doseg dolgoročnega cilja zagotoviti učinkovito varovanje zdravja ljudi in varstvo okolja ter v izogib škodljivim učinkom na zdravje ljudi in zmanjšanje tveganja za rastline je bil z različnimi študijami (na nivoju države Slovenije) prepoznan pomemben vpliv emisije delcev na okolje z velikih gradbišč. Emisije raznovrstnih delcev z gradbišč predstavljajo enega glavnih virov obremenitev s prašnimi delci v Sloveniji, predvsem znotraj urbanih naselij.

Država Slovenije je z objavljeno Uredbo o preprečevanju in zmanjševanju emisije delcev z gradbišč predpisala izdelavo elaborata preprečevanja in zmanjševanja delcev z gradbišča v sklopu projekta za izvedbo (PZI) z namenom vzpostavitve nadzora nad tem področjem.

Elaborat je treba izdelati za gradbišče:

- na katerem se izvaja gradnja več kot 12 mesecev;
- ki je v območju mesta ali degradiranega okolja, pri čemer mora površina presegati 4.000 m² ali prostornina presegati 10.000 m³;
- katerega površina je večja od 10.000 m² ali prostornina presega 20.000 m³.

Elaborat preprečevanja in zmanjševanja emisij delcev z gradbišča se izdelava na osnovi veljavne zakonodaje (Uredba o preprečevanju in zmanjševanju emisije delcev z gradbišč). V elaboratu so navedeni ukrepi za preprečevanje in zmanjševanje emisije delcev z gradbišča, ki se pojavljajo pri izvajanju predvidenih del, in ukrepi za zmanjševanje oziroma odpravo le-teh.

Na obravnavanem gradbišču se dela niso izvajala več kot 12 mesecev, površina ni presegala 10.000 m².

Predvidimo lahko omejitvene ukrepe za zmanjševanje emisije snovi in delcev v zrak med gradnjo (tabela 9). Protiprašni ukrepi se morajo izvajati na celotnem območju gradbišča in transportnih poti, še posebej učinkovito in redno pa na območjih, ki ležijo v neposredni bližini stanovanjske pozidave.

Tabela 9: Omilitveni ukrepi za preprečevanje emisije onesnaževal in delcev v zrak

Omejitveni ukrepi	Način upoštevanja ukrepa in učinek
Uporaba delovnih naprav in gradbenih strojev, ki so izdelani v skladu z emisijskimi normami.	– Uporaba naprav in gradbene mehanizacije, ki je na delovnih odprtinah, izstopnih mestih in mestih nastajanja prahu opremljena z napravami za odstranjevanje prahu. – Uporaba prevoznih sredstev in delovnih strojev, izdelanih v skladu s predpisi, ki omejujejo emisijo delcev, in z navedbami, predpisanimi v 4. in 5. členu Uredbe o preprečevanju in zmanjševanju emisij delcev z gradbišč. (Zmanjšanje emisij delcev zaradi obratovanja delovnih strojev)
Preprečevanje emisije delcev z območja gradbišča in transportnih poti.	– Prekrivanje sipkih tovorov med prevozom. – Protiprašna zaščita vozniških površin vseh gradbiščnih in dovoznih poti. – Omejitev hitrosti vožnje transportnih vozil na internih transportnih poteh na območju gradbišč na največ 10 km/h. – Redno vlaženje internih transportnih poti na gradbiščih in na lokacijah za vnos v tla. – Redno vlaženje odkritih površin na gradbiščih. – Preprečevanje raznosa materiala z območja gradbišč na javne prometne površine s prevoznimi sredstvi z ureditvijo učinkovitega čiščenja vozil pred izvozom z gradbiščnih platojev.

	– Omejitev intenzivnosti izkopov in rušitev v obdobjih izrazito neugodnih razmer (izkopni material z nizko vlažnostjo, daljše obdobje brez padavin, izjemno visoke hitrosti vetrov). – Časovna omejitev prevoza gradbenega in izkopnega materiala po državnem in lokalnem cestnem omrežju na dnevno obdobje. (Zmanjšanje emisij delcev zaradi obratovanja gradbišča in transportnih poti)
Postavitev začasnih gradbiščnih ograj.	– Izvedba protiprašnih zaslomb za omejitev povečane koncentracije delcev z gradbišč skupne dolžine 1.405 m in višine 2,5 m. (Zmanjšanje onesnaženosti zraka z delci pri najbližjih stanovanjskih stavbah)

Vir: (Lastni vir)

Neodvisno od lastnosti izkopane zemljine in kamenega agregata je način gradnje brez izkopa ustrežnejši in pripomore k zmanjšanju emisije delcev. Gradnja brez izkopa s kratkim časom obratovanja gradbišča in majhno vrednostjo emisije delcev v zunanji zrak znotraj ograje gradbišča predstavlja majhno obremenitev okolja.

Možnosti zmanjšanja vnosa emisij delcev v zunanji zrak z nadomestitvijo klasičnega načina gradnje z gradnjo brez izkopa ni možno preprečiti, z izbiro primerne tehnologije gradnje pa ga je mogoče ustrezno zmanjšati.

Da bi lahko pri gradnji dosegli okoljske cilje zmanjšanja izpustov toplogrednih plinov, bi lahko uvedli okolju prijaznejšo električno gradbeno mehanizacijo. Glavni izziv je seveda shranjevanje energije. Trenutna stopnja tehnološkega razvoja še ne omogoča izdelave baterij z energijsko gostoto, ki bi bila primerljiva energijski gostoti fosilnih goriv. Strojev ni mogoče zadostno napajati iz baterijskih sistemov, kot jih poznamo v osebnih in lahkih gospodarskih vozilih.

Na tržišču se že pojavljajo hibridne izvedbe strojev, kar pa pomeni, da če med vožnjo zmanjka energije v baterijah, se delovanje preusmeri na dizelski generator.

V prihodnosti se obeta opustitev uporabe fosilnih goriv, vendar dokler ne pride do tehnološko dovršenega načina shranjevanja električne energije ali vodika, bodo rešitve najverjetneje iskane v hibridnih tehnologijah in sintetičnih gorivih.

9 SKLEP

Gradnja in obnova infrastrukture zagotavljata nemoteno delovanje številnih družbenih procesov. Velik del vodov, kot so električne, komunikacijske, vodne in kanalizacijske napeljave, se pri tem vgrajuje pod površino. Tako pri instalacijah kot pri prenovah takšna infrastruktura zahteva odločitev glede dostopanja do mesta instalacije. Medtem ko standardni posegi z izkopavanji pri tem pogosto invazivno spreminjajo okolje in lahko ovirajo običajno delovanje uporabe lokacije, sodobnejše tehnologije omogočajo neposredno podzemno delo, ki ne zahteva sprememb na površju. V ta namen se razvija vse več tehnologij podvrtavanja, ki zagotavljajo različne funkcionalnosti za različne vrste in zahtevnosti izkopov. Ena od tehnologij je HDD. Pri vsakokratnem odločanju med alternativnimi tehnologijami je pomembno, da pretehtamo vse aktualne prednosti in slabosti alternativnih tehnologij za konkretni primer projekta.

V diplomskem delu smo v uvodnem delu podrobno predstavili tehnologiji gradnje EKK. Opis obsega vse bistvene podrobnosti glede tehnologij, opreme in izvedbe del pri gradnji EKK. S povečevanjem populacije v urbanih naseljih oziroma mestih se soočamo z dodatno obremenitvijo infrastrukture, kar zahteva gradnjo novih infrastrukturnih vodov oziroma obnovo obstoječih. V mestnih okoljih smo omejeni s prostorom, kar pogojuje način gradnje in projektiranja.

Namen diplomskega dela je bil na konkretnem praktičnem primeru primerjati konvencionalni (klasični) izkop v primerjavi s HDD.

V nadaljevanju diplomskega dela smo za primerjalno analizo izbrali že izveden projekt zamenjave dotrajanega obstoječega SN 20-kV kablovoda na odseku med TP Maistrova Ptuj (t-370) in TP CSUI (t-241)-Ptuj, glede katerega smo dostopali do dokumentacije in posebnosti del v arhivu podjetja Elektro Maribor, d. d.

Primerjava konvencionalnega (klasičnega) izkopa v primerjavi s HDD na praktičnem primeru kaže, da je izbira tehnologije odvisna od posebnosti projekta.

Rezultati primerjave tehnologij izkopov kažejo na veliko odvisnost ekonomičnosti od konkretnih okoliščin, zaradi česar je treba pri načrtovanju projektov veliko pozornosti nameniti izbiri najprimernejše metode za konkretni primer. Tehnologije, ki so primerne za manjše in preprostejše izkope, pri večjih izkopih zahtevajo dodatna dela in čas, zaradi katerih postanejo manj ekonomična.

Izvedba EKK s HDD je ena najbolj ekoloških, varnih, zanesljivih in hitrih izvedb infrastrukturnih vodov. Prednost izvedbe po metodi HDD se pokaže predvsem v urbanih, gosto poseljenih področjih, kjer nove infrastrukturne vode pogosto gradimo na večjih globinah.

Na podlagi predhodno opisanih aktivnostih, ki se dogajajo znotraj območja gradbišča, smo ugotavljali vplive emisij za posamezno operacijo pri gradnji z izkopom in gradnji brez njega.

Pri gradnji z izkopom je emisija delcev zaradi manevriranja izkopanih zemljin in delovanja dizelskih motorjev z notranjim izgorevanjem velika. Odvisna je od števila obratovalnih dni gradbišča, pri čemer so emisije delcev zaradi manipulacije z izkopano zemljino zanemarljive v primerjavi z emisijo delcev, ki nastane zaradi delovanja dizelskih motorjev. Prav tako se ocenjuje, da se vrednost emisij poveča pri obsipu cevi in zasipu kabelskega jarka zaradi lastnosti zemljin in delovanja gradbene mehanizacije in opreme. V sklepni fazi gradbenih del, to je pri pripravi finega planuma in asfalterskih delih, so prisotne le emisije delcev zaradi delovanja gradbene mehanizacije in opreme.

Pri gradnji brez izkopa ocenjujemo, da vrednost delcev z večanjem vrtine narašča, s tem pa tudi število obratovalnih ur gradbene mehanizacije in opreme. Vrednosti delcev so odvisne tudi od faze izdelave vrtine. V fazi izdelave pilotne vrtine, ko vrtalna garnitura obratuje z najmanjšo močjo, so emisije delcev najnižje. V nadaljevanju, to je pri širjenju vrtine in uvlečenju cevi, se moč delovanja vrtalne garniture poveča, poveča se tudi čas obratovanja spremljajoče gradbene mehanizacije in opreme.

Z opisi smo dokazali, da se emisija delcev iz vseh virov znotraj ograje gradbišča v zunanji zrak z večanjem izkopov, daljšanjem vrtin in obratovanja gradbišča povečuje. Hkrati smo ugotovili, da je emisija delcev, ki nastane zaradi manipulacije z izkopano zemljino in kamenim agregatom, res zanemarljiva v primerjavi z emisijo delcev, ki nastane zaradi delovanja gradbene mehanizacije in opreme.

Viri emisije delcev izven ograje gradbišča so vezani na prevoze, ki so nujno potrebni za vzpostavitev, obratovanje in zapiranje gradbišča. Ugotovili smo, da so ti večji pri gradnji z izkopi.

Način gradnje brez izkopa se je izkazal za ustrežnejšega, saj gradnja brez izkopa s kratkim časom obratovanja gradbišča in majhno vrednostjo emisije delcev v zunanji zrak znotraj ograje gradbišča predstavlja majhno obremenitev okolja.

Pri proučevanju gradiv, spremljanju samih del na terenu in tudi pri opravljanju svojega dela smo skozi hipoteze ugotovili naslednje:

H1: Izvedba klasične EKK predstavlja zahtevnejši poseg v naravo kot izvedba z metodo HDD. S konvencionalnimi (klasičnimi) izkopi bi pri manevriranju mehanizacije in odvažanju zemljine ter prekopih ceste in potoka Grajena povzročili velik poseg v okolje in okolico. Na osnovi navedenega lahko potrdimo H1.

H2: Izvedba klasične EKK je za 15 % dražja od izvedbe po metodi HDD. Primerjava stroškov konvencionalnega (klasičnega) izkopa in izvedbe s podvrtavanjem po metodi HDD kaže, da je končni strošek manjši v primeru gradnje s podvrtavanjem po metodi HDD. Rezultati potrjujejo H2.

H3: Izvedba klasične EKK v času izvedbe predstavlja večje tveganje z vidika varnosti in zdravja pri delu kot pa izvedba po metodi HDD. Glede vpliva delcev na zdravje ljudi ugotavljamo, da so najnevarnejši delci, ki prek grla prodrejo v spodnje dihalne poti. Dolgotrajno izpostavljanje delcem povzroča zmanjšanje pljučne funkcije, razvoj kroničnega bronhitisa, aritmijo, lažje srčne kapi, prezgodnje smrti, raka mehurja, obolenosti srca, okvare DNK, okvare živčnega sistema. Zaradi daljšega obratovanja gradbišča pri klasičnih izkopih lahko potrdimo H3.

H4: Pri izvedbi klasične EKK se sprošča v zrak 20 % več emisij kot pri izvedbi po metodi HDD. Zaradi izvedbe gradnje brez izkopa s kratkim časom obratovanja gradbišča in predpostavki, da je masa emisij z vira emisij v času obratovanja odvisna od časa delovanja vira emisij, lahko ocenimo, oziroma lahko potrdimo H4.

Na prvem koordinacijskem sestanku o uvedbi v delo za zamenjavo SN KB 20 kV (k-491) Prešernova – Arbajterjeva na odseku med TP Maistrova Ptuj (t-370) – TP CSUI Ptuj (t-241) ter na odseku med TP Maistrova Ptuj (t-370) in točko A smo skupaj z investitorjem in izvajalci del na podlagi mojega predloga sprejeli odločitev o gradnji brez izkopov in uporabi tehnologije podvrtavanja po metodi HDD.

Glede na končna izvedena dela in raziskavo v diplomskem delu smo v podjetju skupaj z mentorjem ugotovili, da je bila odločitev glede izbire gradnje brez izkopov zelo dobra in da sama rešitev predstavlja doprinos z ekonomskega in okoljevarstvenega vidika.

Gradnja brez izkopov se je izkazala kot dober primer prakse na kasnejših projektih. Posledično se v podjetju vse pogosteje odločamo za tehnologijo gradenj brez izkopov na območjih, kjer je oznaka za vodovarstveno področje, prometnih infrastrukturah in tudi na področjih, kjer so posegi prepovedani ali omejeni, saj bi lahko s tem porušili ekosistem.

Sem mnenja, da bodo tehnologije gradenj brez izkopov v prihodnosti še v večji meri zamenjale klasične izkope.

10 VIRI, LITERATURA

- URO (2022). *Distribucijsko omrežje*. Pridobljeno 10. 8. 2024 z naslova <https://www.uro.si/omrežje/distribucijsko-omrežje>
- ELES, d. o. o. (2024). *ELES T-2. Načrtovanje in gradnja 20 kV kablovodov*. Pridobljeno 10. 8. 2024 z naslova <https://www.sodo.si/sl/o-omrezju/tipizacija-elektrodistribucijskega-sistema/elektroenergetski-vodi>
- Sedej, A. (2016). *Možnost zmanjšanja vnosa emisij delcev v zunanji zrak z nadomestitvijo klasičnega načina gradnje z gradnjo brez izkopa pri gradnji podzemne linijske infrastrukture*. Magistrsko delo. Pridobljeno 10. 8. 2024 z naslova <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=eng&id=88366>
- Turk, D. (2014). *Tehnike križanj predvidenih cevovodov z obstoječo infrastrukturo*. Pridobljeno 10. 8. 2024 z naslova <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=32521&lang=slv&prip=dkum:8724634:d2>
- Kolar, A. (2018). *Primerjava klasične gradnje infrastrukturnih vodov s tehnologijo gradnje mikropredorov*. Pridobljeno 10. 8. 2024 z naslova <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=101712>
- Kolar, M., Jazbec, A., Končan, L. (2013). *Tehnologije gradenj brez izkopov in njihov vpliv na okolje*. Pridobljeno 10. 8. 2024 z naslova <https://www.knjiznica-celje.si/raziskovalne/4201303650.pdf>
- Zakrajšek, T. (12. julij 2022). *Oblikovanje in vodenje učinkovitih timov. Belbinove timske vloge*. Psihologija dela. Pridobljeno 13. 7. 2024 z naslova <https://psihologijadela.com/2015/01/02/oblikovanje-in-vodenje-ucinkovitih-timovbelbinove-timske-vloge/>
- Stevanović, D. (2022). *Razlike med nadzemnimi in podzemnimi elektrovodi na praktičnem primeru DV 20 kV Črešnjevci*. Pridobljeno 10. 8. 2024 z naslova <https://www.academia.si/pdf/diplomsko-delo-damjan-stevanovic>
- PIRS. (2024). *Uredba o zagotavljanju varnosti in zdravja pri delu na začasnih in premičnih gradbiščih*. Uradni list RS, št. 83/05 in 43/11 – ZVZD-1 (12. oktober 2005). Pridobljeno 10. 8. 2024 z naslova <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=URED3783>
- City of Urbana. (2024). *Open Cut Trench Excavation*. Pridobljeno 10. 8. 2024 z naslova <https://www.urbanailinois.us/sites/default/files/attachments/sewer-lateral-methods.pdf>

GIZ DEE. (2017). TS-13. *Elektro kabelska kanalizacija, tehnična smernica za material in gradnjo*. Pridobljeno 10. 8. 2024 z naslova <https://www.giz-dee.si/Portals/0/Tipizacija/GIZ-TS-13-Elektro-kabelska-kanalizacija.pdf>

Kolar, M., Jazbec, A., Končan, L. (2013). Tehnologije gradenj brez izkopov in njihov vpliv na okolje. Pridobljeno 10. 8. 2024 z naslova <https://www.knjiznica-celje.si/raziskovalne/4201303650.pdf>

Vilkograd. (2022). *Dejavnosti. Horizontalno vodeno usmerjeno vrtanje – HDD*. Pridobljeno 10. 8. 2024 z naslova <https://www.vilkograd.com/dejavnosti/horizontalno-usmerjeno-vrtanje-z-radijskim-vodenjem-hdd-metoda/horizontalno-vodeno-usmerjeno-vrtanje-hdd/>

Dupuis, D. (2018). Trenchless International. HDD: Guidance, accuracy and safety, str. 29–32.

Gradnje Polak. (2024). *Daljinsko vodeno podvrtavanje (HDD)*. Pridobljeno 10. 8. 2024 z naslova <http://gradnje-polak.com/vrtine/>

Wu, L. W. (15. februar 2018). *Sensors. Enhanced Automated Guidance System for Horizontal Auger Boring Based on Image Processing*, str. 18(2), 595.

Finance (2019). *HDD tehnologija vrtanja. Horizontalno usmerjeno vrtanje*. Pridobljeno 13. 7. 2024 z naslova <https://sl.puntomarineri.com/hdd-drilling-technology-horizontal-directional/>

PIRS. (2024). *Zakon o varstvu okolja (ZVO-1). UL RS št. 39/06 in spremembe*. Pridobljeno 13. 7. 2024 z naslova <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO1545&d-49688-p=11&d-49683-p=7>

United Nations. (1997). *Seprament for economic and social information and policy analysis, Statistics divisio. Glossary of Environment statistics*. New York, United nations publication: 96 str.

Elektro Maribor, d. d. (maj 2018). *Zamenjava SN KB 20 kV (k-491) Prešernova Arbajterjeva na odseku med TP Maistrova Ptuj (t-370) - TP CSUI Ptuj (t-241)*. PGD, PZI, št. projekta 339/16-PT, št. načrta št. 156/18-PT.

NASTT. (2016). *No-Dig Show Tuesday Review*. Pridobljeno 13. 7. 2024 z naslova <https://nastt.org/2016/03/23/nastts-2016-no-dig-show-tuesday-review/>

Brown, J. S., Gordon, T., Price, O., Asgharian, B. (2013). *Thoracic and respirale particle definitions for human health risk assessment*. Pridobljeno 13. 7. 2024 z naslova <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3640939/>

11 PRILOGE

Priloga A: Popis del pri klasičnem (tradicionalnem) načinu gradnje

Priloga B: Popis del pri izvedbi EEK po metodi HDD

Priloga C: Skica rešitve – sprememba predvidene izvedbe

Priloga A: Popis del pri klasičnem (tradicionalnem) načinu gradnje

KBV Maitrova - izvedba kabelske kanalizacije

A) PRIPRAVLJALNA DELA				
Naziv	EM	Količina	Cena / EM [€]	Znesek [€]
1. Geodetska zakoličba trase KBV: - s izdelavo količbenega zapisa - s prisotnostjo izvajalca del - trasa do 300 m	kos	1	549,00	549,00
2. Zakoličba obst. komunalnih vodov: - izvedba zakoličbe s strani upravitelja GII in zagotovitev nadzora v času izvajanja del - s prisotnostjo izvajalca	kos	4	242,00	968,00
3. Označitev in zavarovanje delovnega z gradbeno mrežo v urbanem okolju: - odprt kabelski jarek (v dolžini trase)	m	91,5	17,00	1.555,50
4. Označitev in zavarovanje delovnega z gradbeno mrežo (l= ca. 20 m): - gradbena jama	kos	3	161,20	483,60
5. Izvedba cestne zapore, urejanje prometa s semaforjem, vključno z vsemi potrebnimi soglasji in elaboratom	kos	1	1.750,00	1.750,00
B) GRADBENA DELA				
Naziv	EM	Količina	Cena / EM [€]	Znesek [€]
6. Strojni izkop kabelskega jarka (III. ktg) z odmetom materiala na rob izkopa ter ročnim planiranjem dna kabelskega jarka: - dimenzij 0,4 x 1,0 m	m3	28	9,95	278,60
7. Ročni izkop kabelskega jarka (III. ktg) (v bližini obstoječih komunalnih vodov) z odmetom materiala na rob izkopa ter ročnim planiranjem dna kabelskega jarka	m3	4,6	36,00	165,60
8. Strojni izkop gradbene jame (III. ktg) z odmetom materiala na rob izkopa ter ročnim planiranjem dna jame	m3	18	9,95	179,10
9. Izvedba razpiranja gradbene jame odnosa jarka, globine nad 1 m, komplet z vsemi potrebnimi deli in materiali: - širina jarka do 2,0 m (površina obeh sten jame)	m2	6	16,00	96,00

10 Izvedba elektro kabelske kanalizacije (EKK): - planiranje podlage - dobava in polaganje cevi (GOC - gibljiva dvošlojna (rebrašta/gladka) cev) - obbet. cevi z zemeljsko-vlažnim betonom C16/20 v debelini min. 10 cm okoli cevi - 1 x GOC fi 160/8000 mm (PEHD)	m	81,5	20,20	1.646,30
11 Dobava in polaganje cevi: - PEHD 2 x fi 50 mm (dvojček za optiko)	m	91,3	3,80	530,70
12 Dobava in polaganje opozorilnega traku (z napisom "PAZI! ENERGETSKI KABEL") v kabelski jarek nad kablji	m	91,3	0,56	53,07
13 Rezanje asfalta, komplet z vsami deli, prenos, prevoz in potrebnim orodjem: - debeline do 15 cm	m	26	3,64	151,64
14 Rušenje asfalta vključno z nakladanjem in odvozom asfalta in obstoječe nevezane nosilne plasti na trajno deponijo vključno s stroški prevzema in predajo evidenčnih listov: - debeline do 15 cm	m2	28,25	5,66	159,90
15 Strojno rušenje betonskih robnikov	m	6	10,50	63,00
16 Odstranitev obstoječe zgornje nevezane nosilne plasti v debelini 30-40 cm, vključno z nakladanjem in odvozom na trajno deponijo	m2	28,25	4,30	121,48
17 Dobava, vgradnja in utrjevanje drobljenega materiala frakcije 0-32 mm za dovozne poti in cestne benikine v slojih po 30 cm skupne debeline do 60 cm	m3	16,05	32,51	551,04
18 Strojni zasip gradbene jame z utrjevanjem po plasteh 20 cm in s končnim planiranjem	m3	18	7,30	131,40
19 Strojni zasip kabelskega jarka z utrjevanjem po plasteh 20 cm in s končnim planiranjem	m3	11,65	7,30	85,05
20 Ročni zasip kabelskega jarka z utrjevanjem po plasteh 20 cm in s končnim planiranjem	m3	4	12,86	51,44
21 Meritve zbitosti podlage in izdaja potrdila	kos	2	75,00	150,00
22 Fina izravnava podlage pred asfaltiranjem	m2	28,25	2,10	59,33

23	Izvedba prekopa potoka oz. kanala po projektu (prekop do predpisane globine, zasip prekopa in utrjevanje dna z zloženim lomljenjem, odvoz odvečnega materiala na trajno deponijo), komplet z vsemi deli (preusmeritvijo potoka in črpanjem vode, prevoz in prenos), ter vsemi materiali - brez cevi	m3	15	51,00	765,00
24	Dobava in polaganje cevi pri izvedbi prekopa potokov, komplet z vsemi deli, materiali, prenos in prevoz: - 1 x PE 160/9,5 mm	m	10	21,00	210,00
25	Dobava in polaganje cevi pri izvedbi prekopa potokov, komplet z vsemi deli, materiali, prenos in prevoz: - betonska cev premera fi 300 mm	m	5	58,00	290,00
26	Dobava in vgradnja kamnitega lomljenca za oblaganje brežin potoka brez uporabe betona, komplet z vsemi deli, materiali, prenos in prevoz	m	8	146,12	1.168,96
27	Rezanje armiranega betona, komplet z vsemi deli prenos in prevoz, ter potrebnim orodjem - armiran beton debeline do 20 cm	m	16	7,32	120,32
28	Strojno rušenje armiranega betona širine do 1 m, komplet z odvozom ruševin na deponijo, vključno s stroški deponiranja odpadnega materiala	m3	1	95,10	95,10
29	Dobava in vgrajevanje vlažnega betona, komplet s prevozom do mesta vgradnje, ter vsemi ostalimi deli.	m3	2	120,00	240,00
30	Fino ročno planiranje terena	m2	126	2,40	302,40
31	Ureditev prekopanih zelenic s sajenjem trave	m2	126	0,85	107,10
32	Ročno asfaltiranje - dvoplastno z izdelavo nosilne plasti bituminizirane zmesi AC 22 base B 50/70 A1/A2 v debelini 6 cm in izdelavo obrabne in zaporne plasti bituminizirane zmesi AC 8 surf B 50/70 A3 v debelini 4 cm vključno s pobrizgom nosilne plasti z bitumenska emulzijo in naknadnim premazom stika med obstoječim in novim asfaltom	m2	12	39,50	474,00
33	Ročno asfaltiranje pločnika z izdelavo obrabne in zaporne plasti bituminizirane zmesi AC 8 surf B 70/100 A4 v debelini 4 cm vključno s premazom stika med obstoječim in novim asfaltom	m2	16,25	22,61	367,41

34	Ročna izdelava tankoslojne označbe na vozlišču z enokomponentno belo barvo, vključno 250 g/m ² postpa z drobci/kroglicami stekla, debelina plasti suhe snovi 200 µm	m ²	2	23,10	46,20
35	Dobava in polaganje betonskih robnikov v pusti beton, komplet z vsemi deli, materialom, prenosil in prevozi - cestni robnik dim. 15/25 cm	m	6	28,50	171,00
C) TRANSPORT					
	Naziv	EM	Količina	Cena / EM [€]	Znesek [€]
36	Nakladanje in odvoz odvečnega izkopanega materiala (v urbanem okolju) s kamionom na trajno deponijo, vključno s stroški deponiranja material in pripadajočo dokumentacija	m ³	16,95	9,10	155,94
37	Premik minibagerja na tovornem vozilu nad 18 t	km	30	4,30	129,00
D) ZAKLJUČNA DELA					
	Naziv	EM	Količina	Cena / EM [€]	Znesek [€]
38	Snemanje trasa KBV: - z izdelavo geodetskega načrta - s prisotnostjo izvajalca del - trasa do 300 m	kos	1	380,00 €	380,00
REKAPITULACIJA:					
A) PRIPRAVLJALNA DELA:					5.306,10 €
B) GRADBENA DELA:					3.831,33 €
C) TRANSPORT:					284,94 €
D) ZAKLJUČNA DELA:					380,00 €
Skupaj:					14.802,37 €
DDV 22%:					3.256,52 €
Predračunska vrednost:					18.058,89 €

Priloga B: Popis del pri izvedbi EEK po metodi HDD

KBV Maistrova - HDD vrtina

A) PRIPRAVLJALNA DELA

Naziv	EM	Količina	Cena / EM [€]	Znesek [€]
1. Geodetska zakoličba trase KBV: - z izdelavo količbenega zapisnika - s prisotnostjo izvajalca del - trasa do 300 m	kos	1	549,00	549,00
2. Zakoličba obst. komunalnih vodov: - izvedba zakoličbe s strani upravljavca GII in zagotovitev nadzora v času izvajanja del - s prisotnostjo izvajalca	kos	4	242,00	241,00
3. Označitev in zavarovanje delovišča z gradbiščno mrežo (l=ca. 20 m): - predbrana jama	kos	2	161,20	322,40

B) GRADBENA DELA

Naziv	EM	Količina	Cena / EM [€]	Znesek [€]
4. Izvedba vodene vrtine fi 210 mm z dobavo in uvlčenjem cevi: - 1xPE/HD fi 160 mm - 1xPE/HD 2x150 mm kpl z vsemi deli (izkop, zavarovanje in zasutje gradbenih jame), materiali in prevozi	m	87	95,00	8.265,00
5. Strojni izkop gradbene jame (III. klg) z odvetom materiala na rob izkopa ter ročnim planiranjem dna jame	m3	12	9,95	119,40
6. Izvedba razpiranja gradbene jame odroma jarka, globine nad 1 m, komplet z vsemi potrebnimi deli in materiali: - širina jarka do 2,0 m (površina obeh sten jame)	m2	6	16,00	96,00
7. Strojni zasip gradbene jame z utrjevanjem po plastah 20 cm in s končnim planiranjem	m3	4,5	7,30	32,85
8. Rezanje asfalta, komplet z vsemi deli, prenos, prevoz in potrebnim orodjem: - debeline do 15 cm	m	5	5,84	29,20

9	Rušenje asfalta vključno z nakladanjem in odvozom asfalta in obstoječe nevezane nosilne plasti na trajno deponijo vključno s stroški prevzema in predajo evidenčnih listov: - debelina do 15 cm	m2	12,5	5,66	70,75
10	Dobava, vgradnja in utrjevanje drobljenega materiala frakcije 0-32 mm za dovodne poti in cestne bankine v slojih po 30 cm skupne debeline do 60 cm	m3	7,5	32,51	243,83
11	Meritve zbitosti podlage in izdaja potrdila	kos	1	75,00	75,00
12	Fina izravnavna podlage pred asfaltiranjem	m2	12,5	2,10	26,25
13	Ročno asfaltiranje pločnika z izdelavo obrabne in zaporne plasti bituminizirane zmesi AC 8 surf B 70/100 A4 v debelini 4 cm vključno s premazom stika med obstoječim in novim asfaltom	m2	12,5	22,61	282,63
14	Fino ročno planiranje terena	m2	40	2,40	96,00
15	Ureditev prekopanih zelenic s sejanjem trave	m2	40	0,85	34,00

C) TRANSPORT

Naziv	EM	Količina	Cena / EM [€]	Znesek [€]
16 Nakladanje in odvoz odvečnega izkopanega materiala (v urbanem okolju) s kamionom na trajno deponijo, vključno s stroški deponiranja material in pripadajočo dokumentacijo	m3	7,5	9,20	69,00
17 Premik minibagerja na tovornem vozilu nad 18 t	km	30	4,30	129,00

D) ZAKLJUČNA DELA

Naziv	EM	Količina	Cena / EM [€]	Znesek [€]
18 Snemanje trase KBV: - z izdelavo geodetskega načrta - s prisotnostjo izvajalca del - trasa do 300 m	kos	1	350,00 €	350,00 €

REKAPITULACIJA:	
A) PRIPRAVLJALNA DELA:	1.112,40€
B) GRADBENA DELA:	9.370,90€
C) TRANSPORT:	198,00€
D) ZAKLJUČNA DELA:	350,00€
Skupaj:	11.031,30€
DDV 22%:	2.426,89€
Predračunska vrednost:	13.458,19€

Priloga C: Skica rešitve – sprememba izvedbe



Pradlog apmanto ieviešit pakalpojumu konsolidāciju.
Konsolidācija ietverot visus pakalpojumus, piedāvājot vienotu
4x) Vērtība ir dotāmai no 100,000.

Proj. 14.3.2022

GRACE PERKINS