

Alexi Pulkkinen

ALITUSMENETELMIEN KÄYTTÖ RAUTATIEALUEELLA

ALITUSMENETELMIEN KÄYTTÖ RAUTATIEALUEELLA

Alexi Pulkkinen
Opinnäytetyö
Syksy 2021
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

Tekijä(t): Aleksi Pulkkinen

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Alitusmenetelmien käyttö rautatiealueella

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Trenchless methods on the railway area

Työn ohjaaja(t): Jarmo Erho & Timo Lehto

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: 11/2021

Sivumäärä: 32

Kyseessä olevan opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa alitusmenetelmien käytöstä rautatieympäristössä tietoa suunnittelijoille sekä urakoitsijoille. Oulun jottotiet ja perustukset -urakka toteutettiin vuosien 2020–2021 aikana. Urakassa pääurakoitsijana toimi NRC Group Finland Oy ja urakan tilaajana Väylävirasto. Opinnäytetyössä käytettävä aineisto hankittiin suurelta osin kesän 2021 aikana työmaalta tehtyjen havaintojen ja alan ammattilaisten haastatteluiden pohjalta.

Opinnäytetyössä on esitelty kolmen erilaisen alitusmenetelmän käyttöä rautatieympäristössä sekä näihin menetelmiin liittyviä materiaaleja sekä niiden vaatimuksia. Alitusmenetelmät, joita työssä käydään läpi ovat suuntaporaus, vasaraporaus ja paineilmamyrräys. Näitä menetelmiä voidaan käyttää rakentaessa kaapelireittejä samaan aikaan liikennöidyllä rata-alueella, koska menetelmien aiheuttama haitta radan päällysrakenteisiin on vähäinen verrattuna perinteiseen kaivuu menetelmään.

Ratatyöluvien käyttöä ja niiden ennakkosuunnittelua käytiin työssä läpi, koska hyvin tunnettu lupaprosessi on sujuvan ratatyön perusta.

Työn tuloksena on selvitetty kyseisten alitusmenetelmien käyttöä kaapelireittejä rakennettaessa ja ongelmakohteiden havaitsemista rautatieympäristössä toimitaessa.

Asiasanat: alitusmenetelmät, ratatyö, suuntaporaus, paineilmamyrräys, vasaraporaus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Program in Construction Management, (210 cr)

Author(s): Aleksi Pulkkinen

Title of thesis: Trenchless methods on the railway area

Supervisor(s): Jarmo Erho & Timo Lehto

Term and year when the thesis was submitted: 11/2021

Number of pages: 32

The specific objective of this thesis was to give more information about trenchless methods used in railway work to assemble cable pipes for designers and contractors. I was an assistant foreman of a contract named Oulu's cable routes and bases on 2020-2021, and methods described in this thesis were used in that contract.

Data for this thesis is collected mostly by interviewing professionals and by making own observations on the construction zone during the summer 2021. Three trenchless methods, which are impact moling, hammer drilling and horizontal directional drilling, are described in this thesis.

This thesis describes different factors that influence to the selection of the most suitable trenchless method for specific area. Cable duct's length, material and location are the most important factors that determine the method used in the contraction site.

There are specific challenges in the railway work that are not seen on the basic contraction zones, for examples on roadworks. This thesis shows things that should consider when planning an installation of cable ducts on the railway area. Issues that can disturb contraction on railway area are for example rails, rail traffic and parts of the electric railway.

Trenchless methods are cost-effective and time-saving. For this reason, use of horizontal directional drilling, hammer drilling and impact moling will become even more common. On the other hand, equipment for these methods is big, which makes it harder to use these techniques on railway areas, where spaces between the rails are small.

Keywords: impact moling, hammer drilling, horizontal directional drilling, railway work, cable pipe

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö on tehty yhteistyössä NRC Group Finland Oy:n kanssa. Haluan kiittää koko Pohjois-Suomen ratarakentamisen yksikön henkilökuntaa pehdyttämisestä ja opastuksesta ratarakentamisen pariin. Toivon tästä opinnäytetyöstä ja siinä selvitetystä asioista olevan apua seuraavien samankaltaisten työkohteiden suunnittelussa ja toteuttamisessa.

Oulun ammattikorkeakoulun lehtori Jarmo Erhoa haluan kiittää kärsivällisestä ja hyvin toteutetusta ohjauksesta opinnäytetyön aikana.

Lisäksi haluan kiittää urakoitsijoita, joita haastatteleamalla sain erittäin arvokasta tietoa kyseisistä aihealueista. Kiitokset kuuluvat Styrod Boreal Oy:n Joonas ja Mikko Jakoselle, Pohjolan Alituspalvelun Timo Ylitalolle ja Maanrakennus Ohtamaa Oy:n henkilökunnalle.

Lopuksi suurimmat kiitokset kuuluvat lähipiirilleni ja ystäville, jotka ovat auttaneet ja tehneet opiskeluistani mahdollista.

Oulussa 26.11.2021

Aleksi Pulkkinen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
1 JOHDANTO	7
2 MATERIAALIVAATIMUKSET	8
2.1 Muovista valmistetut suojaputket ja tarvikkeet	8
2.2 Teräksiset alitusputket	10
3 RATATYÖN VAATIMAT ILMOITUKSET JA LUVAT	12
3.1 Ratatyön vaatimukset	12
3.2 Ratatyöpalaveri	14
4 TYÖMAA JA ALITUSTEN ASENTAMISEEN KÄYTETYT MENETELMÄT	16
4.1 Työmaan tiedot	16
4.2 Menetelmät	17
4.2.1 Paineilmamyyräys	17
4.2.2 Teräsputkialituksien vasaraporaus	21
4.2.3 Suuntaporausmenetelmä	28
5 YHTEENVETO	32

1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena on lisätä infrarakentamisen parissa työskentelevien tietoisuutta alitusmenetelmistä erityisesti rautatieympäristössä työskenneltäessä. Rautatieympäristössä on useita turvallisuus -ja työohjeita, joita ei tule vastaan perinteisessä väylän rakentamisessa, kuten tie- ja katurakentamisessa. Ratainfraan yhteydessä työskenneltäessä tulee ottaa huomioon junaliikenne, raiteistot sekä muut ratainfraan kuuluvat osat, kuten sähköistyksen rata-alueella.

Alitusmenetelmiä ja niihin liittyviä työskentelytekniikoita sekä laitteita on Suomessa käytössä useita erilaisia. Alitustekniikoiden merkitys nykyisessä infrarakentamisessa kasvaa jatkuvasti. Työkohteet muuttuvat vuosi vuodelta haastavimmiksi laitteiden ja työskentelytapojen kehityksen myötä. Nykypäiväisillä laitteilla ja urakoitsijoiden ammattitaidoilla pystytään alitusmenetelmiä käyttämään sellaisissa kohteissa, joihin ei perinteisellä kaivuumenetelmällä olisi mahdollista tai kustannuksiltaan kannattavaa rakentaa toimivia kaapelinsuojaputkiyhteyksiä. Tässä työssä läpi käytävät alitusmenetelmät on todettu rautatieympäristössä toimiviksi ja juuri sen takia alitusmenetelmät ja tekniikat ovat valikoituneet tässä opinnäytetyössä käsiteltäviksi.

Opinnäytetyössä käydään läpi alitusmenetelmistä seuraavat: paineilmamyyräys, suuntaporaus sekä vasaraporaus. Menetelmistä käydään läpi niiden toimintaperiaatteet ja työskentelymenetelmät. Työmenetelmien läpikäynnin tarkoitus on tuottaa rakentajille sekä suunnittelijoille tietoa erityyppisten alitusten rakentamiseen liittyvistä työvaiheista ja ymmärtämään työskentelymenetelmäkohtaisesti käytettävän kaluston vaatimat erityistarpeet. Tässä opinnäytetyössä käydään läpi myös ratatöiden vaatimia ilmoituksia ja lupaprosesseja, sillä ne ovat olennainen osa rautatieympäristössä työskentelyä. Ratatyölupaprosessien tunteminen ja luvanoton osaaminen on olennainen osa joustavaa sekä tehokasta työskentelyä.

2 MATERIAALIVAATIMUKSET

Alitusmenetelmien käyttö lisääntyy jatkuvasti infrarakentamisen yhteydessä. Menetelmien suosio johtuu suurelta osin niiden kustannustehokkuudesta, ympäristövastavuudesta ja materiaalitehokkuudesta. Nykyaikaisen laitteiston ja osavien urakoitsijoiden ammattitaidolla pystytään asentamaan erittäin tarkasti putkistoa haluttuun syvyyteen ja kaltevuuteen ilman, että maanpinnalla olevia päälysrakenteita joudutaan purkamaan, suojaamaan tai korjaamaan työvaiheen suorittamisen jälkeen.

Suomen valtion omistamilla rautatiealueilla noudatetaan Väyläviraston ohjeistusta ja määräyksiä materiaalien suhteen. Muilla rata-alueilla kuin Suomen valtion omistamilla tulee käytettävien materiaalien kohdalla toimia tilaajan vaatimusten tai urakka-asiakirjojen mukaisesti. (1.)

Väyläviraston hallinnoimilla rata-alueilla materiaalien tulee täyttää urakkakohtaisissa työselostuksissa niille määrätty vaatimukset. Tarvikkeiden ja materiaalien pakkauksissa tai niiden yhteydessä toimitettavissa asiakirjoissa tulee olla merkintä laadun todentamiseksi. Edellä mainittujen dokumenttien puuttuessa tai niiden osalta havaittujen puutteiden ilmetessä tulee toimittaa laatuasiakirjat erikseen sovitulla tavalla tilaajalle tai hänen edustajalleen. Rautatiealueella käytetään tarvikkeita, joiden tulisi täyttää suunnittelussa käytetty 40 käyttövuoden ikätavoite. (1.)

2.1 Muovista valmistetut suojaputket ja tarvikkeet

Muovista valmistettujen kaapelinsuojaputkien tulee olla PEH-materiaalia. PEH on lyhenne englanninkielisistä sanoista Polyethylene high density eli korkeatiheyksinen polyeteenimuovi (PE). PEH-materiaalin tiheys on noin 940–970 kg/m³. Polyeteenistä valmistettujen tarvikkeiden parhaita ominaisuuksia ovat hyvä paineen ja kuorman kesto, helppo työstettävyys sekä hyvä kemikaalien kestävyys. (1; 2.)

Muovista valmistetut kaapelinsuojaputket on luokiteltu A- ja B-luokkaan. A-luokan putket on tarkoitettu käytettäväksi raskaasti liikennöidyissä kohteissa, kuten

maanteillä (kuva 1). B-luokan putket soveltuvat taas kevyemmin liikennöidyille alueille, kuten esimerkiksi kevyen liikenteen väylille. (2.)



KUVA 1. TEL-Tripla muovista valmistettu kaapelinsuojaputki, A-luokka (9)

Rautatiealueella tulee käyttää aina kaapelinsuojauksessa ainoastaan A-luokan suojaputkea. A-luokan suojaputkessa rengasjäykkyys on 16SN eli 16 kilonewtonia/neliömetri. Muovista valmistetun suojaputken halkaisija rautatiealueella on 50 tai 110 mm. Liittyminen ja ylösnostot varsinaisesta kaapelinsuojaputkesta asennettavaan kohteeseen kuten, esimerkiksi betoniseen kaapelikouruun, on toteutettava siihen soveltuvalla taipuisalla suojaputkella. Taipuisan suojaputken lujuusluokka on B-luokka, eikä sitä ole saatavilla A-luokkaisena sen taipumisominaisuuksien vuoksi (kuva 2). Taipuisan suojaputken sisäpinnan tulee olla sileä ja se on yleisesti varustettu vetonarulla valmistajan toimesta. (1.)



KUVA 2. TEL-TUPLA muovista valmistettu kaapelinsuojaputki, B-luokka (10)

Kaapelinsuojaputkien jatkamiseen ja haaroituksiin käytetään kulloinkin ko. putkeen soveltuvia tiivisteellä varustettuja jatkoholkkeja ja haaroitusosia. Alituksia rakentaessa yleisimmin käytettäviä osia ovat jatkomuhvit sekä putken tulppausosat.

2.2 Teräksiset alitusputket

Teräksestä valmistetut alitusputket ovat Suomessa yleisesti halkaisijaltaan 200–800 mm, (kuva 3). Alitusputkina käytettävän teräsputken teräslaji urakassa oli S355J2G4. Tämä teräslaji on yleisesti käytetty myös esimerkiksi u-profiilissa, lattateräksessä ja kulmateräksessä. Teräksestä valmistettujen alitusputkien tulee kestää korroosion haittavaikutuksia 100 vuotta tai sen seinämävahvuuden tulee olla niin paksu, että se täyttää suunnitellun 100 vuoden käyttöiän. (1; 6.)



KUVA 3. Teräksestä valmistettuja alitusputkia

Asennusvaiheessa teräksiset alitusputket tulee hitsata yhteen siihen soveltuvalla kalustolla ja työntekijällä on oltava riittävä ammattitaito työnsuorittamiseksi. Työmaaolosuhteissa yleisesti käytetään puikko- tai MIG-hitsausmenetelmää. Hitsausauman tulee olla tiivis, jotta vesi ja maa-ainekset eivät pääse kulkeutumaan putken sisään, ja sen täytyy kestää siihen asennuksen aikana kohdistuvat voimat.

3 RATATYÖN VAATIMAT ILMOITUKSET JA LUVAT

Ratatyössä, jota suoritetaan Suomen valtion omistamalla rautatiealueella, noudatetaan Väyläviraston radanpidon turvallisuusohjetta (TURO). Rata-alueella tapahtuviin töihin vaaditaan lisäksi Väylävirastolta saatu urakkasopimus, muu sopimus tai erikseen sovittu työmääräys.

Ratatyöt jaetaan ennakkoon suunniteltuihin ja junaliikenteen ehdoilla suoritettaviin töihin. Muiden yritysten tai tahojen kuin Suomen valtion omistamilla rata-alueilla samaa ohjetta noudatetaan, jos yksityisen yrityksen omistuksessa olevalla raiteistolla on käytössä Väyläviraston ylläpitämä ja järjestämä liikenteenohjaus. (3, s. 54–55.)

3.1 Ratatyön vaatimukset

Ratatyön edellytykset määräytyvät sen mukaan, tehdäänkö ratatyötä ensimmäisen vai toisen luokan liikenteenohjausalueella. Ratatyö on valtion rataverkolla tehtävää työtä, joka edellyttää ensimmäisen luokan liikenteenohjauksen alueella liikennöinnin keskeyttämisen tai estää turvalaitoksen toiminnan asetinlaite- tai kauko-ohjaustasolla. Ensimmäisen luokan liikenteenohjauksen alueella ratatyöhön tarvitaan liikenteenohjauksen lupa. (3, s. 54–55.)

Toisen luokan liikenteenohjauksen alueella tehtävä työ on ratatyötä silloin, kun ratatyövastaava suojaa ratatyöalueen liikennöinniltä. Suoritettaessa ratatyötä toisen luokan liikenteenohjausalueella ratatyöstä vastaava henkilö vastaa itsenäisesti ratatyöstä ja sen suojaamisesta. Alueella, joka ei ole valtion omistuksessa ja jolla suoritetaan ratatyötä, on työnsuorittajan erikseen sovittava radanhaltijan kanssa ratatyöstä ennakkoon. Näin työnsuorittaminen voidaan suunnitella siten, että siitä koituisi mahdollisimman vähän haittaa junaliikenteelle ja ratatyön toteuttaminen olisi turvallista. (3, s. 54–55.)

Suojaus toisen luokan liikenteenohjauksen alueella tapahtuu ratatyöstä vastaavan henkilön toimesta, joka asentaa Seis-levyt (Kuva 4) tai lukitsee alueen vaih-

teet suojausasettoon kielisalpojen avulla ja asettaa raiteelle väliaikaisen nopeusrajoituksen 20 km/h. Seis-levyt asennetaan siten, etteivät liikkuvat veturit tai vauvuyksiköt pääse alueelle, jossa ratatyötä suoritetaan. Nämä toimenpiteet tulee suorittaa ennen ratatyön aloittamista. (3, s. 56.)



KUVA 4. Seis-levy asennettuna raiteelle

Ratatyöt voidaan suunnitella ennakkoon, jolloin liikenteenohjaus varaa ratakapasiteetin suoritettavalle työlle. Työnsuorittaja laatii 7 vuorokautta ennen työn suunniteltua aloittamisajankohtaa ennakkosuunnitelman, jossa tulee ilmi mitä, milloin ja millaisella aikataululla töitä on suunniteltu suoritettaviksi, ja toimittaa sen liikenteensuunnittelijalle tarkistettavaksi ja hyväksyttäväksi. Liikenteenohjauksen hyväksytyä ennakkosuunnitelman laatii liikenteenohjaus siitä ennakoilmoituksen, jonka perusteella ratatyöt pystytään suorittamaan. (3, s. 68–69.)

3.2 Ratatyöpalaveri

Väylävirasto voi määrätä tietyille hankkeelle tai alueelle, jossa ratatyötä suorittaa useampi erillinen taho, erillisen ratatyöpalaverikäytännön. Ratatyöpalaveri käytäntö voi olla myös alueellisesti sovittu käytäntö. Ratatyöpalaveria koskevalla alueella tapahtuvat ratatyöt tulee suunnitella ja ilmoittaa ennakkoon. Oulun alueella työt suunniteltiin kaksi viikkoa etukäteen, jolloin pystyttiin mahdollisiin ongelmatilanteisiin ja päällekkäisyyksiin varautumaan hyvissä ajoin. Ratatyöpalaverissa käydään viikkokohtaisesti läpi suoritettavat työt, jotta päällekkäisyydet työkohteiden välillä vältettäisiin mahdollisimman tehokkaasti. (3, s. 68–69.)

Liikenteen ehdoilla tehtävät työt suoritetaan kokonaisuudessaan sen hetkisen jurnaliikenteen ehdoilla. Liikenteen ehdoilla suoritettava ratatyö sisältää myös välittömästi korjattavat häiriö- ja vikatilanteet. Ratatyöhön, joka suoritetaan liikenteen ehdoilla, ei tarvitse laatia ennakkosuunnitelmaa eli ratatyölle ei myöskään varata kapasiteettia rata-alueelta. (3, s. 68–69.)

Ennalta suunniteltuihin ja liikenteen ehdoilla tehtäviin ratatöihin tulee molempiin laatia ratatyöilmoitus (RT-ilmoitus). Ratatyöilmoitus laaditaan RUMA-sovelluksella hyvissä ajoin ennen ratatöiden aloittamista, huolimatta siitä, onko ratatyöt suunniteltu suoritettavaksi ennakoilmoituksen tai liikenteen ehdoilla. (3, s. 69–70.)

Ratatyöilmoituksessa tulee ilmi sekä liikenteenohjaukselle, että RUMA-sovellukseen kirjautuneille työnsuorittajille ratatyön vaatimat tiedot kyseessä olevasta työstä. Kyseiseen työkohteeseen varattava ratatyöalue valitaan RT-ilmoituksessa. Alue voidaan valita yksittäisen rata-alueen elementin tai laajemman aluekokonaisuuden perusteella. Suurempia aluekokonaisuuksia tarvittaessa työn suorittamiseksi voidaan valita esimerkiksi useampia raiteita tai kokonaisia liikennepaikkojen välejä, mikäli ratatyön suojaamiseksi ja suorittamiseksi ei valita kokonaista liikennepaikkaa tai niiden väliä, voidaan ratatyöalue ilmoittaa yksittäisinä tunnuksina tai tunnusväleinä. Tunnusvälien ilmoittamiseen voidaan käyttää esimerkiksi opastimia, vaihteita, liikennepaikka alkaa tai liikennepaikka päättyy merkkejä. (3, s. 69–70.)

Ratatyöilmoituksessa tulee ilmoittaa työalueet aina erillisinä työnosina. Työalue eritellään useampien tunnuksien välisenä osuutena, jos ei ole mahdollista valita kokonaista liikennepaikkaa tai liikennepaikkojen väliä. Ratatyö aluetta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon esimerkiksi kiskopyöräkaivinkoneiden raiteille nousu- ja poistumispaikat, koska työkoneen siirtyminen varsinaiselle työalueelle on myös ratatyötä. Työkoneiden siirtyminen varsinaiseen työkohteeseen ja liikuminen työalueella tulee merkitä ratatyölupana aina erillisenä työnosana. Liikenteenohjaus tarkistaa aina ratatyöilmoituksen ennen kuin myöntää luvan ratatyölle. (3, s. 69–70.)

Ratatyöstävastaavan henkilön, työryhmän yhteyshenkilön ja koneen kuljettajan tulee olla aina kirjautuneena RUMA-sovellukseen koko ratatyöluvan ajan, jotta heillä on saatavilla reaaliaikainen ratatyöilmoitus ja mahdolliset muutokset luvan suhteen. Ratatyöstä vastaava on velvollinen ilmoittamaan koko työryhmälle ratatyöluvan muutoksista. (3, s. 69–70.)

4 TYÖMAA JA ALITUSPUTKIEN ASENTAMISEEN KÄYTETYT MENETELMÄT

4.1 Työmaan tiedot

Opinnäytetyön aiheena toimi vuoden 2020–2021 aikana toteutettu Oulun liikennepaikan turvalaiteuudistuksia varten suoritettu Johtotiet ja perustukset -niminen urakka. Urakan tavoitteena oli rakentaa toimivat kaapelireittiyhteydet ja asentaa uusien turvalaitteiden sekä opastinportaalien perustukset tulevaa kaapelointia varten. Kaapelireittien uudistuksiin kuului betonisten kaapelikourujen asennusta useita kilometrejä, alitusputkien asennusta yhteensä noin 13 kilometriä ja turvalaitteiden perustuksia noin 200 kappaletta.

Oulun liikennepaikalla on paljon turvalaitteita, jotka ovat tulleet käyttöikänsä päähän. Nykyiset turvalaitteet eivät palvele nykyaikaisia käyttötarpeita ja lisääntyneen liikenteen määrää. Oulun liikennepaikalle tulee käyttöön eurooppalaisen rautatieliikenteen hallintajärjestelmä (ERTMS- järjestelmä). Tällä hetkellä järjestelmän käyttö ei ole mahdollista vanhentuneiden turvalaitteiden ja mekaanisesti toimivien vaihteiden takia. (10.)

Oulun rautatieliikennepaikka on jaettu viiteen eri ratapihan osaan, jotka ovat Oulu Nokela (Nok), Oulu Oritkari (Ori), Oulu tavara (Olt), Oulu asema (Ol), Oulu Tuira (Tua) ja vuonna 2019 käyttöön otettu Oulunlahden ratapiha. Näistä pohjoisimpana sijaitsee Tuiran liikennepaikka ja eteläisimpänä Oulunlahden ratapiha. Oulun liikennepaikka sijaitsee Perämeren välittömässä läheisyydessä. Meren läheisyys vaikeuttaa maanrakennustöitä alueella varsinkin kevään sulamisvesien aikaan. Pienien korkeuserojen ja meren välittömän läheisyyden vuoksi kevään sulamisvesien poistuminen maaperästä on erittäin hidasta. Maaperä alueella on erittäin savipitoista, etenkin silloin, kun kaivantojen syvyydet ulottuvat yli kahden metrin syvyyteen. (6.)

4.2 Menetelmät

Menetelminä alituksien asentamiseen käytettiin pääsääntöisesti kolmea erilaista menetelmää: paineilmamyyräystä, teräsputkialituksia vasaraporaamalla sekä suuntaporausta. Valittaessa alitusmenetelmää kohteeseen tulee tietää kyseessä olevan alituksen sijainti, putkikoko sekä materiaali. Kun nämä asiat ovat tiedossa, tulee kohteeseen tehdä katselmus. Katselmuksessa tulee selvittää mahdolliset logistiikkaan ja alituslaitteiston asemointiin liittyvät haasteet. Haasteita rautatieympäristössä aiheuttavat yleisimmin raiteistot, maaperässä sijaitsevat kaapelit, sähköradan osat, junaliikenne ja portaalien perustukset.

4.2.1 Paineilmamyyräys

Paineilmamyyräyksellä urakassa asennettiin PEH-110-kaapelinsuojaputkia. Asennettavien alituksien mitat myyrätessä pyrittiin pitämään mahdollisimman lyhyenä, koska perinteisessä myyräys kalustossa ei ole ohjausmahdollisuutta korkeuden ja sivuttaisliikkeen korjaamiseksi myyräyksen aikana. Paineilmamyyräyksellä onnistuvat parhaiten alle 16 metrin mittaiset alitukset. Yleisesti myyräyksessä käytettävän yhden kaapelinsuojaputken pituus on 6 metriä, jossa putken molemmat päät ovat varustettuna jatkomuhvilla.

Alituksen asennus tapahtuu kaivamalla aloituskaivanto haluttuun kohteeseen ja syvyyteen (kuva 5). Tässä tapauksessa pyrittiin 1,4 metriin, joka on ohjeena rautatiealueella. Kaivantoon asennetaan myyräkärki, johon on asennettuna alitusputki (kuva 6). Itse myyräkärjen asennus kaivantoon on yksinkertaista. Myyrä asennetaan kaivantoon tukevalle pohjalle suoraan ja tähdätään silmämääräisesti putken haluttuun päätepisteeseen. Myyräyskärjen kaltevuus tarkistetaan ennen tunkkaamisen aloittamista (kuva 7).



KUVA 5. Paineilmamyyräyksen aloituskaivanto, 30.10.2021



*KUVA 6. Muovista valmistettu alitusputki asennettuna myyräyskärkeen,
30.10.2021*



KUVA 7. Myyräyskärjen kaltevuuden tarkistamista ennen tunkkausvaiheen aloittamista, 30.10.2021

Aloituskavannon kaivamisessa tulee ottaa huomioon tarvittava tila suojaputken asentamiseksi, joka asennetaan myyrän perään. Suojaputki asennetaan myyräkärjen takaosan sisäpuolelle, jotta myyräyskärjen tekemä reikä on hieman perässä tulevaa putkea suurempi. Suojaputki asennetaan myyräyskärkeen kiinnisen jälkeen, kun myyrää on tunkattu noin $\frac{3}{4}$ maaperään. Tällä tavalla estetään suojaputken mahdollinen vaikutus kääntää myyräyskärjen suuntaa tai korkoa halutusta tasosta.

Myyräyskärjen takaosassa on kiinnitetty vaijeri, joka vedetään suojaputken läpi ja kiristetään putken takaosaan siihen tarkoitettulla liittimellä. Tällä pystytään varmistumaan siitä, että putki pysyy myyrässä kiinni alituksen suorittamisen ajan ja tunkkauksesta saadaan irti mahdollisimman hyvä hyötysuhde. Paineilmaletkun pituus määrittyy halutun myyräyksen pituuden mukaan. Letkua voidaan jatkaa tarvittaessa kynsiliittimillä. Paineilmaletku kuljetetaan myyräyskärkeen samalla tavalla kuin vaijeri eli suojaputken sisäpuolelta.

Kun alituksen pituus on esimerkiksi 14 metriä, alituksen suorittamiseksi tulee suorittaa myös putkien jatkamista. Jatkoksen kohdalla irrotetaan vaijeri ja paineilmaletku liittimestä sekä asennetaan uusi putki edellisen perään. Suojaputkien asentamisessa tulee ottaa huomioon, että putket asettuvat jatkomuhveihin riittävän syvälle. Jatkoksen asettumisesta saadaan helposti varmuus mittaamalla ensin putken naaraspään syvyys ja merkitsemällä sen jälkeen urospäähän tussilla merkki, josta asennussyvyys selviää luotettavasti silmämääräisesti tarkastamalla. Jatkoksen jälkeen kiristetään vaijeri ja paineilmaletku paikalleen kuten ensimmäisenkin putken kohdalla.

Myyräyksen edetessä tehdään havaintoja aistinvaraisesti maanpinnalta, josta voidaan päätellä myyräyksen sijainti pituus- ja syvyysuunnassa. Myyräyksen lähestyessä päätepistettä tulee kaivaa ns. ylösnostokaivanto. Rautatiealueella useimmiten myyräys päättyy raiteiden väliin. Tällöin kiskopyöräkaivinkone nousee raiteille, johon vaaditaan ratatyöluupa. Jos myyräyskärki on jumissa esimerkiksi savisessa maaperässä, voi ylösnostoon mennä huomattavasti enemmän aikaa kuin on etukäteen suunniteltu, joten tässä työvaiheessa tulee käyttää harkintakykyä ratatyöluuvan aikarajan suhteen. Ylösnostokaivannon kaivuu tulee aloittaa hieman ennen kuin myyrän kärki saavuttaa kaivannon. Näin pystytään tarkasti saavuttamaan putkelle oikea sijainti ja nostamaan myyräyskärki pois kaivannosta.

Myyräyskärjen poistamisen jälkeen asennetaan tavallisesti jatkomuhvi alitusputken päähän ja siihen asennetaan ylösnostoon tarkoitettu taipuisa putki, kuten esimerkiksi TEL-Tupla. Ylösnostoa tehdessä tulee välttää tiukkaa kurvia taipuisassa putkessa, jotta tuleva kaapelointi ei hankaloidu liian jyrkkien ylösnostojen vuoksi. Putken pään tulee ylettää noin 20 cm korkeudelle maanpinnasta, kuitenkin siten että se ei haittaa junaliikennettä. Kuvassa 8 on esitetty esimerkki alitusputkien sijainnista niiden asentamisen jälkeen. Putken päähän asennetaan siihen tarkoitettu tulppa, jotta putkeen ei pääse maa-aineksia tai pieneläimiä.



KUVA 8. D110 alitusputkia liitettyinä betoniseen kaapelikaivoon, 30.10.2021

Kaivanto tulee peittää mahdollisimman pian putkien asennuksen jälkeen. Kaivannon täyttämiseksi tulee kiinnittää huomiota radan vakavuuteen ja se on tuettava siihen tarkoitettulla kalustolla, jos siihen on työkohteessa tarvetta. Maa-ainesten eli raideseppelin ja välikerrossoran sekaantuessa leikkausvaiheessa tulee täyttövaiheessa käyttää puhtaita maa-aineksia. Täyttövaiheen jälkeen ratatyöstävästään ja päällysrakennepätevän henkilön tulee varmistaa radan kunto ja vakavuus, jotta se voidaan luovuttaa takaisin raideliikenteen käyttöön.

4.2.2 Teräsputkialitusten vasaraporaus

Teräsputkialituksessa rata-alueella käytettiin vasaraporausmenetelmää. Vasaraporaamalla pystytään asentamaan teräsputkia kooltaan 139–1220 mm erilaisiin maalajeihin. Teräsputkialitukset ovat pituudeltaan yleisesti 30–90 m. Vasaraporaus sopii parhaiten sellaisille alueille, joiden maaperästä ja siellä sijaitsevista isoista kivistä ja vanhoista betoniperustuksista ei ole tarkkaa tietoa. Edellä mainittuihin maaperäolosuhteisiin muilla alitusmenetelmillä porautuminen on erittäin vaikeaa tai jopa mahdotonta. (4.)

Vasaporauksen tekniikka perustuu alitusputken päähän asennettavaan porauskärkeen, jonka voimanlähteenä toimivat hydraulikka ja paineilma. Hydrauliikan aiheuttama pyörivä liike ja paineilman tuottama isku kykenevät jauhamaan suuriakin kiviä pienemmiksi ja porautumaan niiden lävitse. Porausjärki vetää alitusputkea perässään, jolloin teräsputken työntöön kohdistettava voima saadaan minimoitua. Teräsputken sisällä olevat kairatangot pyörivät koko alitusprosessin ajan ja tyhjentävät porausjätettä putken sisältä porauskaivantoon. Porauskaivantoa tulee tyhjentää tarpeen mukaisesti kaivinkoneella, jotta alitusta suorittavilla työntekijöillä on mahdollisimman turvallinen ja asianmukainen työskentely-ympäristö. Lisäksi veden ja saven yhteisvaikutus voi vaikeuttaa laitteiston poistamista kohteesta, jos porausjätettä ei poisteta kaivannosta. (6.)

Ratapihalla teräsputkien asennuksessa kuten muissakin alitusmenetelmissä tulee tilan tarve ottaa tarkasti huomioon. Urakassamme käytetyssä porauskalustolla porauskaivannon pohjan tuli olla leveydeltään 6 metriä ja pituudeltaan 11 metriä. Kaivannon tilantarpeessa tulee ottaa huomioon kuitenkin kaivannon reunojen luiskaus, jolloin kaivanto kasvaa entisestään. Porauskalustoon kuuluu lisäksi kappaletavaranoitella varustettu kuorma-auto, jonka kyydissä ovat poraukseen vaadittava kompressori, aggregaatti, teräsputket ja kairatangot. Tarvikkeet ja kalusto tulee sijoittaa mahdollisimman lähelle työpistettä työn sujuvuuden varmistamiseksi. (5.)

Porauskaivannon kaivuuta aloittaessa tulee kaivannon alueelle ja teräsputken porauksen kohdalle tilata kaapelinäyttö, jotta pystytään välttämään kaapelivahingot ja mahdollisesti niiden ilmetessä porauksen yhteydessä voidaan vika paikallistaa ja korjata mahdollisimman pian. Kaivannon kaivuussa tulee ottaa huomioon maaperän laatu ja sen mahdollinen häiriintyminen porauksen aikana. Pehmeiden maalajien kohdalla tulee porauskalustolle tehdä riittävän vahva arina (kuva 9), jotta porauskalusto pysyy halutussa korkeus- ja suunta-asemassa koko porauksen ajan. Tarvittava kaivannon syvyys riippuu halutusta alituksen syvyydestä ja käytettävästä porauskalustosta. Porauskaluston kokoon ja porauskaivannon valmisteluun liittyvät tiedot saadaan varmistettua yleensä parhaiten kulloinkin kyseessä olevalta urakoitsijan edustajalta. (5.)



KUVA 9. Vasaraporauslaitteistoa varten rakennettu arina, 30.10.2021

Porauskalusto nostetaan kaivantoon kuorma-autossa olevan nosturin avulla ja säädetään asemaansa porauslaitteessa olevien tukijalkojen avulla. Kun asemoidaan porauskalustoa kohteeseen, merkataan alituksen haluttu määränpää maastoon esimerkiksi mittatikulla. Tällöin voidaan silmämääräisesti suunnata porauksen sivuttaissuunta haluttuun sijaintiin (kuva 10). Korkeusasema alitusputkelle voidaan rautatiealueella mitata lähimmästä raiteesta joko vatupassia ja mittanauhaa käyttäen tai mahdollisuuksien mukaan mittalaitteella. Porauslaitteen perälle asetetaan vastelevy, jonka reunat ja takaosa täytetään maa-aineksella. Vastalevyn tarkoituksena on pitää porauskalusto suunnitellussa asemassa ja vähentää paineilman tuottaman iskun hävikkiä taaksepäin. Vasaraporausesta johtuvan värinän vuoksi vastapengertä vastelevyn taakse voidaan joutua täyttämään porauksen aikana tarpeen mukaan kuvassa 11 esitetyllä tavalla.



KUVA 10. Vasaraporausjärjen kohdistamista haluttuun sijaintiin, 30.10.2021



KUVA 11. Vasaraporauslaitteiston vastapenger valmiina, 31.10.2021

Varsinaisen porauksen aloitus tapahtuu nostamalla ensimmäinen teräsputkisalko porauslaitteiston päälle (kuva 12). Teräsputken sisälle on asennettu valmiiksi kairaustanko, johon porauskärki on asennettu. Porauslaitteistoon kairaustanko kiinnitetään kierteiden avulla. Poraus aloitetaan pyörittämällä ainoastaan porauskärkeä maaperään, jotta alitus saadaan lähtemään mahdollisimman tarkasti haluttuun korkeuteen. Ensimmäisten alitusmetrien aikana seurataan vatupassilla putken suoruutta. Mahdollisten kallistumisten korjaaminen tapahtuu tukijalkojen avulla. Kuvassa 13 näkyy vasaraporauksessa käytettävä välineistö.



KUVA 12. Ensimmäisen putken kohdistamista porauslaitteistoon, 30.10.2021



KUVA 13. Vasaraporaus käynnissä, 30.10.2021

Kun ensimmäinen teräsputki on miltei kokonaan maaperässä, voidaan seuraava alitusputki nostaa porauslaitteiston päälle. Alitusputket hitsataan joka puolelta toisiinsa kiinni. Ennen hitsauksen aloittamista tulee kuitenkin liitettävien putkien väliset sivuttais- ja korkeuslinjat kohdistaa erittäin huolellisesti. Hitsatessa tulee ottaa huomioon lämmön aiheuttamat muutokset teräsputkessa, jolloin hitsauksen tulee tapahtua aluksi koko putken ympäriltä pienillä hitseillä ennen kuin pidempiä saumoja hitsataan. Tällä työskentelymenetelmällä saadaan teräsputkien väliset saumakohtat pidettyä mahdollisimman tarkasti suorana koko alituksen ajan.

Koko putken porauksen ajan tehdään aistinvaraisia havaintoja maanpinnalta. Rautatien rakennetta, kuten esimerkiksi maan vajoamista ratapölkkyjen alta, tulee huomioida koko porausprosessin ajan. Vasaraporaus voi tietynlaisissa maaperäolosuhteissa tuottaa vajoamia, koska kairaustangot kuljettavat maa-ainesta putkea pitkin porauskaivantoon. Kun mitataan porattujen putkien määrä, voidaan arvioida, milloin porauskärki saavuttaa halutun päätepisteen. Lähestyessä päätepidettä kaivetaan vastaanottokaivanto valmiiksi samalla tavoin kuin paineilma-myyräyksessä. Porauskärjen tullessa näkyviin se irrotetaan joko polttoleikkamalla tai kiertämällä kairatankoja kiinnitystavasta riippuen.

Porausjärjen irroituksen jälkeen teräsputken pää voidaan tulpata esimerkiksi suodatinkankaalla tai asentamalla välittömästi betonista valmistettu kaapelikaivo paikalleen. Kairaustankojen poisto tapahtuu porauslaitteistosta vetämällä tangot yksitellen pois teräsputken sisältä. Teräsputkeen jäänyt maa-aines poistuu suurelta osin tankojen poiston yhteydessä. Tangot nostetaan kappaletavaranosturilla pois porauslaitteiston päältä ja järjestellään takaisin kuljetuskaluston kyytiin. Tankojen poiston jälkeen voidaan porauslaitteisto nostaa pois kaivannosta. Teräsputken sisään asennettavat muoviputkistot (kuva 14) asennetaan yleisimmin porauskaivannosta käsin, koska muoviputkien asentaminen vaatii yleensä ottaen yhtä suuren tilan kuin vasaraporauskalustokin.



KUVA 14. Muoviputkisto asennettuna teräsputken sisään, 31.10.2021

4.2.3 Suuntaporausmenetelmä

Suuntaporausmenetelmää käytettiin Johtotiet ja perustukset -urakassa erittäin pitkien muoviputkialitusten poraamiseen. Suuntaporaukset toteutettiin yhteistyössä Pohjolan Alituspalvelu Oy:n kanssa. Suuntaporauksen etuna pitkissä alituksissa on sen ohjattavuus poraamisen aikana. Suuntaporausmenetelmän ongelmaksi muodostui rautatiealueella kaluston liikuteltavuus ja suhteellisen suuri koko. (7.)

Suuntaporauskohteet katselmoitiin etukäteen urakoitsijan kanssa, jotta varmistettiin kohteen sopivuudesta käytössä olevalle porauskalustolle. Useimmat alituksista oli suunniteltu aloitettaviksi raiteiden välistä. Osa alituksista jouduttiin kuitenkin poraamaan ylipitkänä eli kauempaa kuin suunnitellusta kohteesta, koska kaluston poraustangot eivät taipuneet raiteiden väliin. Ahtaassa raiteiden välissä pyörivät poraustangot voivat osua kiskoihin ja tällöin ne voivat rikkoutua tai vahingoittaa kiskoa. (7.)

Ennen porauksen aloittamista työmaan siisteyden ja siistimisen tarpeen vähentämiseksi kaivettiin alituksen aloituskohtaan porauksesta syntyvälle porausjätteelle kaivanto. Seuraavaksi suuntaporauskalusto asemoitiin kohteeseen ja aloitettiin poraus haluttuun suuntaan. Suuntaporan porakanget lähtevät loivasti porautumaan haluttuun syvyyteen, mikä on tulevan kaapeloinnin toteutettavuuden kannalta käytännöllistä. Tällöin kaapelit pystytään vetämään putkiin ilman kaapelien tarttumista kiinni liian jyrkkiin ylösnostoihin.

Suuntaporausta seurataan koko porauksen ajan porauskärjessä sijaitsevan lähettimen avulla ja maanpinnalla olevan vastaanottimen avulla. Porauksen läheisyydessä haluttua päätekohtaa ohjataan porausta hieman lähemmäs maanpintaa, jotta vältetään kaapeloinnin kannalta ei-toivotut jyrkät kulmat. Ennen kuin porauskärki saavuttaa alituksen halutun päätekohdan kaivetaan kaivinkoneella vastaanottokaivanto (kuva 15). Kaivannon tulee olla riittävän suuri, jotta porausta suorittavat asentajat pystyvät vaihtamaan porauskärjen avartimeen ja asentamaan avartimen perään tarvikkeet putkien kiinnittämistä varten (kuva 16). (7.)



KUVA 15. Suuntaporaus käynnissä, 31.10.2021



KUVA 16. Avarrin asennettuna porauskangen päähän, 31.10.2021

Rata-alueella putkien levittäminen putkikiepistä radalle muodostui haasteelliseksi. Alituksesta riippuen putkia voi olla yksi tai useampia yhdessä suunnitelmassa alituskohdassa. Jokainen putki on alituksen pituudesta riippumatta aina täysimittainen, eli siinä ei ole jatkoskohtia kuten esimerkiksi paineilmamyyrätyissä putkissa. Suuntaporatun putken yhtenäinen materiaali takaa putkelle täysin vesi ja hiekka vapaan kaapelireitin. Jos putken pituus on esimerkiksi 30 metriä, tulee putken veto suorittaa käytössä olevalla kaivinkoneella. Alitusputken ollessa kuorma-auton lavalla rullalla tulee putken päähän asentaa erillinen vetopää, jolla putki voidaan kiinnittää luotettavasti kaivinkoneeseen. Reiän poraaminen putkeen ja kiinnittäminen reikää apuna käyttäen kaivinkoneeseen ei ole luotettava tapa, tällä menetelmällä putki halkeaa erittäin helposti ja voi irrotessaan aiheuttaa vaaraa lähellä oleville asentajille ja kalustolle. Rata-alueella tulee huolehtia riittävän laajasta ratatyöluvasta, koska putken vetäminen vaatii hetkellisesti useidenkin raiteiden ylityksiä. Alitusputki sijoitetaan ennen alitusputken vetoa raiteiden suuntaisesti, jottei sillä aiheuteta junaliikenteelle ylimääräistä haittaa (kuva 17).



KUVA 17. Suuntaporauksessa käytettävät putket levitettynä raiteiden väliin.

Alituksen veto voidaan aloittaa, kun porauskärki on vaihdettu avantimeen sekä on varmistettu porausnesteen eli bentoniitin kulkeutumisesta porausyksiköstä poratankoja pitkin avantimelle. Bentoniitti yhdessä veden ja avartimen kanssa edesauttaa putken kulkeutumista maan alla. Bentoniitin sekoituessaan veteen muodostuu erittäin liukas pinta maaperän ja putken välille, jolloin putkeen kohdistuva kitka pienentyy huomattavasti. Bentoniitin ja veden sekoitetta syötetään porausyksiköstä koko putken vedon ajan avartimelle.

Suoraksi vedetyn alitusputken siirtymistä kaivantoon tulee seurata koko vetoprosessin ajan, jotta putken tarttuminen kiskoihin ja muihin radanrakenteisiin voidaan estää. Putken saavuttaessa porauksen aloituspaikan irrotetaan avannin sekä vetopää alitusputkesta. Suuntaporauksessa tulee paineilmamyrräyksen taivoin ottaa huomioon tulevan kaapeloinnin helppo asennettavuus alitusputken ylösnostossa. Ylösnostojen jälkeen voidaan täyttää vastaanotto- ja porauslietettä varten tehty kaivanto. Tämän jälkeen voidaan suuntaporauskalusto kuljettaa seuraavaan porauskohteeseen joko kuorma-autolla tai suuntaporausvaunulla ajamalla.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön pääasiallisena tavoitteena oli selkeyttää alitusmenetelmien käyttöä rautatiealueella ja tuottaa tarkempaa tietoa niiden käytöstä työmaaolosuhteissa.

Henkilökohtainen työtehtäväni urakassa aluksi oli toimia teknisenä harjoittelijana eli avustavana työnjohtajana. Myöhemmin kesällä kokemuksen karttuessa toimin päätoimisena työnjohtajana. Työn painopiste keskittyi alkuvuodesta juuri kyseisiin alitusmenetelmiin, joiden rakentamisella luotiin mahdollisuudet asentaa opastimia, kaapelikaivoja ja turvalaitekaappien perustuksia. Töiden edetessä huomattiin muutamia kehityskohteita yrityksen sisällä ja juuri siitä syystä tahdoin kirjoittaa kyseisestä aiheesta opinnäytetyön.

Alitusmenetelmiä käytetään yleisesti tie- ja katurakentamisessa ja ne ovatkin niihin hyvin soveltuvia. Rata-alueella kuitenkin niiden suuret fyysiset koot ja huono liikkumiskyky pientenkin esteiden yli aiheuttavat ongelmia. Mikäli suuntaporaus- ja vasaporauslaitteiston kokoa onnistuttaisiin pienentämään edes puoleen nykyisestä, olisi niille huomattavasti enemmän käyttöä rautatieympäristössä. TELA-alustalla liikkuvan suuntaporauskaluston kulkeminen rata-alueella on keinoa, koska porauskohde voi sijaita useiden peräkkäisten raiteiden päässä ja jo ensimmäinen raiteiston ylitys voi tuottaa ongelmia.

Uskoisin, että alitusmenetelmien käyttö lisääntyy tulevaisuudessa niiden materiaali- ja kustannustehokkuuden vuoksi. Nykyaikaisessa rakentamisessa painotetaan yhä enemmän kestävämpään rakentamiseen ja sen lisäksi rakentamisen aikataulut kiristyvät. Juuri näihin asioihin alitusmenetelmät tarjoavat mielestäni järkeviä ratkaisuja, sillä alitusmenetelmiä käytettäessä olemassa oleviin rakenteisiin ei tarvitse tehdä muutoksia tai korjauksia putkistojen asentamisen jälkeen. Näin urakoissa säästetään aikaa ja kustannukset vähenevät. Alitusmenetelmillä voidaan säästää aikaa ja rahaa, minkä seurauksena uskon niiden yleistyvän myös rata-alueilla, kunhan niiden koko saadaan optimoituja ahtaille rakennusalueille sopivaksi.

LÄHDELUETTELO

1. Ratahallintokeskus 2003. Johtoteiden yleinen työselitys. Ratahallintokeskuk-
sen julkaisu D 14. Saatavissa [https://julkaisut.vayla.fi/pdf4/rhk_d14_johto-
teiden_yleinen_tyoselitys.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf4/rhk_d14_johto-
teiden_yleinen_tyoselitys.pdf). Hakupäivä 17.8.2021.
2. Pipelife 2021. Sähkö- ja kaapelinsuojatuotteet. Saatavissa [https://www.pipelife-
life.fi/content/dam/pipelife/finland/marketing/general/brochures/Sahko-
%20ja%20kaapelinsuojatuotteet.pdf](https://www.pipelife.fi/content/dam/pipelife/finland/marketing/general/brochures/Sahko-
%20ja%20kaapelinsuojatuotteet.pdf). Hakupäivä 17.8.2021.
3. Väylävirasto 2020. Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO). Väyläviraston oh-
jeita 10/2020. Saatavissa [https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2020-
10_turo_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2020-
10_turo_web.pdf). Hakupäivä 17.8.2021
4. Honkaharju, R. 2016. Kaivamattomat tekniikat kunnallisrakentamisessa. Ou-
lun yliopisto. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. Saatavissa
[https://www.fistt.net/wp-content/uploads/2016/06/Kaivamattomat-tekniikat-
kunnallisrakentamisessa_10052016-1.pdf](https://www.fistt.net/wp-content/uploads/2016/06/Kaivamattomat-tekniikat-
kunnallisrakentamisessa_10052016-1.pdf). Hakupäivä 28.9.2021.
5. Jakonen, M. 2021. Styrod Boreal Oy. Henkilökohtainen tiedonanto.
15.7.2021.
6. Jakonen, J. 2021. Styrod Boreal Oy. Henkilökohtainen tiedonanto.
15.10.2021.
7. Ylitalo, T. 2021 Pohjolan Alituspalvelu Oy. Henkilökohtainen tiedonanto
14.6.2021.
8. Väylävirasto. Oulun ratapihan turvalaitteet. Saatavilla [https://vayla.fi/ouluun-ra-
tapihan-turvalaitteet](https://vayla.fi/ouluun-ra-
tapihan-turvalaitteet). Hakupäivä 20.7.2021.
9. Meltex Oy 2021. Kaapeliputki TEL A 6m keltainen tripla. Saatavilla
[https://www.meltex.fi/fi/tuote/infra-ja-maanrakentaminen/kaapelinsuo-
jaus/kaapelinsuojaputket/tel-putket-tripla/tel-A-kelt-trpl/kaapeliputki-tel-a-6m-
keltainen-tripla#/productinfo](https://www.meltex.fi/fi/tuote/infra-ja-maanrakentaminen/kaapelinsuo-
jaus/kaapelinsuojaputket/tel-putket-tripla/tel-A-kelt-trpl/kaapeliputki-tel-a-6m-
keltainen-tripla#/productinfo). Hakupäivä 19.9.2021.

10. Onninen Oy 2021. TEL TUPLA KELTAINEN 110x98 B 50m VETONARULLA.
Saatavilla <https://www.onninen.fi/pipelife-tel-tupla-keltainen-110x98-b-50m-vetonarulla/p/AFD795>. Hakupäivä 7.11.2021.