

Koneohjausjärjestelmien hyödyntäminen rakennustyömaiden kaapelien näytössä ja kaapelisijaintitiedon ylläpitämisessä

Nokelainen Tomi

Opinnäytetyö
Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

2021

Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Tomi Nokelainen	Vuosi	2021
Ohjaaja	Janne Matilainen		
Toimeksiantaja	Ab Ostromap Oy		
Työn nimi	Koneohjausjärjestelmien hyödyntäminen rakennustyömaiden kaapelien näytössä ja kaapelisijaintitiedon ylläpitämisessä		
Sivu- ja liitesivumäärä	33		

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää, mitkä ovat nykyaikaisia mahdollisuuksia hyödyntää koneohjausta työmaiden kaapelinnäytössä. Koneohjaus on monella rakennustyömaalla käytössä, mutta johtotiedoissa sitä hyödynnetään vähän. Johtotiedot ovat tärkeitä työmaan turvallisuuden ja kaapelin katkeamisesta johtuvien kustannusten välttämiseksi.

Tutkimusongelmana työssä oli, miten johtotiedoista saataisiin mahdollisimman selkeä, käyttökelpoinen ja helposti päivitettävä malli koneohjaukseen. Ongelmaan vastattiin tutkimalla koneohjauksen ja johtotietojen nykytilaa ja niihin liittyviä haasteita. Lisäksi koneohjauksen ja kaapelitiedon yhdistämistä havainnollistettiin kokeilemalla erilaisia mallintamiskeinoja.

Opinnäytetyön teorian muodostivat rakentamisen tietomallintaminen, koneohjaus ja verkkoinfrastruktuurin sijaintitietopalvelut. Näitä teemoja käsiteltiin työn kannalta merkityksellisistä näkökulmista, ja niistä annettiin esimerkkejä.

Opinnäytteen tulosten perusteella suurimmat haasteet johtotiedon mallintamiselle ovat johtojen sijaintitiedon epätarkkuus sekä koneohjausjärjestelmien standardien puute. Parhaiten johtotiedot toimivat tällä hetkellä taustakuvana, sillä se ei estä muiden koneohjausmallien käyttöä. Tulevaisuudessa koneohjausjärjestelmiin olisi hyvä kehittää varoitusmalliominaisuuksia, jotka varottaisivat automaattisesti koneen kuljettajaa, jos kone on liian lähellä kaapeleita.

Jos johtotiedoista saataisiin tarkka koneohjausmalli, vähentäisi se kaapelinnäyttöön liittyviä kustannuksia, sillä mallin avulla maastossa tapahtuvia kaapelinnäyttöjä voitaisiin vähentää. Lisäksi tarkat mallit vähentäisivät kaapelivahinkoja.

Opinnäytetyö on tehty opinnäytteen kirjoittajan nykyisen työnantajan Ostromap Oy:n toimeksiannosta, yhteistyössä Keypro Oy:n kanssa. Ostromap Oy toimii laajasti maanmittauksen ja koneohjauksen kentällä, ja Keypro Oy on yksi keskeisimmistä johtotiedon hallinnoijista Suomessa. Opinnäytetyön kirjoittaja työskentelee koneohjausmallien parissa.

Degree Programme in Land Surveying
Bachelor of Engineering

Author	Tomi Nokelainen	Year	2021
Supervisor	Janne Matilainen		
Commissioned by	Ab Ostromap Oy		
Subject of thesis	Utilizing Machine Control Systems in Construction Sites Cable Positioning		
Number of pages	33		

The goal of this thesis was to research the best ways to utilize machine control systems in construction sites' cable positioning today. Machine control systems are in use in many construction sites, but they are not often utilized with cable information. Cable information is very essential for construction sites' safety and for avoiding excessive cost from cable damages. This thesis was commissioned by Ostromap Oy and in co-operation with Keypro Oy. Ostromap Oy operates on the wide field of land surveying and machine control and Keypro Oy is one of the main operators for cable information in Finland.

The research problem of this thesis was how to create a simple, user-friendly, and easily updateable model for machine control from cable information. The answer to this problem was sought by researching machine control systems' and cable information's current use and challenges. Different ways of modelling cable information for machine control were demonstrated.

According to the outcome of the thesis the greatest challenges for cable information models are inaccuracy of cable location data and lack of standards for machine control systems. Currently the best way to model cable information is as a background model, because it does not distract the use of other machine control models. In the future warning models should be developed, which would automatically warn the machine operator when the machine is in the cable danger zone. If precise machine control models from cable information will be available in future it will dramatically reduce the expenses of cable positioning. Reasons for this would be the decrease of on field cable positioning and cable damages.

Key words

Machine Control, Cable Information, Cable Positioning

SISÄLLYS

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	5
1 JOHDANTO	6
2 TEORIATAUSTA	7
2.1 Tietomallinnus rakentamisessa.....	7
2.2 Koneohjausjärjestelmä.....	8
2.2.1 Koneohjauksen mallit ja formaatit.....	12
2.3 Verkkoinfrastruktuuri	14
2.3.1 Verkkoinfrastruktuurin rakentamista ja käyttöä koskevat lait ja määräykset.....	15
2.3.2 Verkkoinfrastruktuurin sijaintitietopalvelut	16
2.3.3 Esimerkki sijaintitietopalvelusta	17
3 KONEOHJAUS JA JOHTOTIEDOT	20
3.1 Johtotietojen luokittelu	21
3.2 Johtojen dokumentointi	22
3.3 Johtotietojen mallintaminen	23
3.4 Haasteet	27
4 TULOKSET JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSET	29
5 POHDINTA	31
LÄHTEET	32

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

3D-Win	Novatron Oy:n omistama maanmittausalan ohjelmisto.
BIM	Building Information Model, rakentamisen tietomalli.
DWG, DXF	CAD-pohjaisia tiedostoformaatteja.
GNSS	Global Navigation satellite system. Satelliittipaikannusjärjestelmä, joka hyödyntää eri maiden satelliitteja.
RTK	Real Time Kinematic. Satelliittipaikannuksessa käytetty menetelmä.
VRS	Virtual Reference Station System. Virtuaalista tukiasemaa käyttävä satelliittipaikannusjärjestelmä.
XML	LandXML-tiedostoformaatti, jota käytetään yleisesti koneohjausjärjestelmien malleissa.

1 JOHDANTO

Koneohjausjärjestelmät ovat tärkeä osa nykyaikaista työmaiden hallintaa ja tietomallintamista. Koneohjauksella pidetään työkoneiden työmaasuunnitelmat helposti ajan tasalla ja saadaan koneiden toiminta tarkemmaksi. Lisäksi säästetään kustannuksissa, sillä maastossa tapahtuvaa mittausta tarvitaan vähemmän. Koneohjausjärjestelmä on monella rakennustyömaalla kaivinkoneurakoitsijalle välttämätön työkalu.

Toinen tärkeä osa rakennustyömaiden sujuvaa organisointia ja turvallisuutta on verkkoinfrastruktuurin sijaintitiedot ja kaapelinnäyttö. Työmaan johtojen sijainnin määrittäminen on tärkeää, jotta vältetään kaapelivahingoilta sekä niistä aiheutuvista vaaratilanteista ja kustannuksista. Vielä nykyään kaapelinnäyttö tapahtuu pääasiassa maastossa merkitsemällä, eikä koneohjausta juuri hyödynnetä.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, mitä mahdollisuuksia koneohjauksen ja johtoverkon sijaintitietojen yhdistämiseen on tällä hetkellä ja mitä haasteita siihen liittyy. Tutkimusongelmana on, miten johtotiedosta saataisiin mahdollisimman selkeä, käyttökelpoinen ja helposti päivitettävä malli koneohjaukseen. Ongelmaan vastataan seuraavien tutkimuskysymyksien avulla:

- Mikä on kaapelinnäytön ja -kartoituksen tilanne nykyhetkellä?
- Millaista johtotietoa on saatavilla?
- Mitkä ovat koneohjauksen haasteet ja mahdollisuudet?
- Mitä eri tapoja koneohjauksen ja johtotiedon yhdistämiseen on tällä hetkellä?

Opinnäytetyö tehdään opinnäytetyön kirjoittajan nykyisen työnantajan Ostromap Oy:n toimeksiannosta. Ostromap Oy toimii laaja-alaisesti maanmittausalalla. Mukana yhteistyössä on myös Keypro Oy, joka on yksi keskeisistä johtotietojen hallinnoijista Suomessa. Opinnäytetyön kirjoittaja työskentelee Ostromap Oy:ssä koneohjausmallien parissa. Lisäksi kirjoittajalla on muutaman vuoden työkokemus johtotietojen dokumentoinnista.

2 TEORIATAUSTA

Tässä luvussa avataan opinnäytetyön teoriataustaa tietomallinnuksesta, koneohjauksesta sekä verkkoinfrastruktuurista. Teoria on taustana koneohjauksen ja johtotiedon yhdistämiselle, jota käsitellään luvusta 3 alkaen.

2.1 Tietomallinnus rakentamisessa

Rakentamisen tietomallintaminen eli BIM (Building Information Model) tarkoittaa laajassa merkityksessä kaiken rakentamiseen ja infrastruktuurin ylläpitämiseen liittyvän tiedon digitalisoimista (EU BIM Task Group 2017, 8). Suppeassa merkityksessä se tarkoittaa esimerkiksi yksittäisen rakennustyömaan suunnitelmien digitaalista 3D-mallintamista niin, että malli sisältää kaiken rakentamiseen tarvittavan tiedon. Mallissa on tieto niin rakennuksen eri osista ja rakenteista kuin esimerkiksi LVI-suunnitelmista, rakennusmateriaaleista sekä niiden käyttöiästä. (buildingSMART Finland, Infra-toimialaryhmä 2019, 14.) Sähköiset suunnitelmat ovat käytössä kaivinkoneissa, suunnittelijoilla, mittajilla, työnjohtajilla ja koko työmaalla. Suunnitelmia ylläpidetään ja päivitetään digitaalisesti.

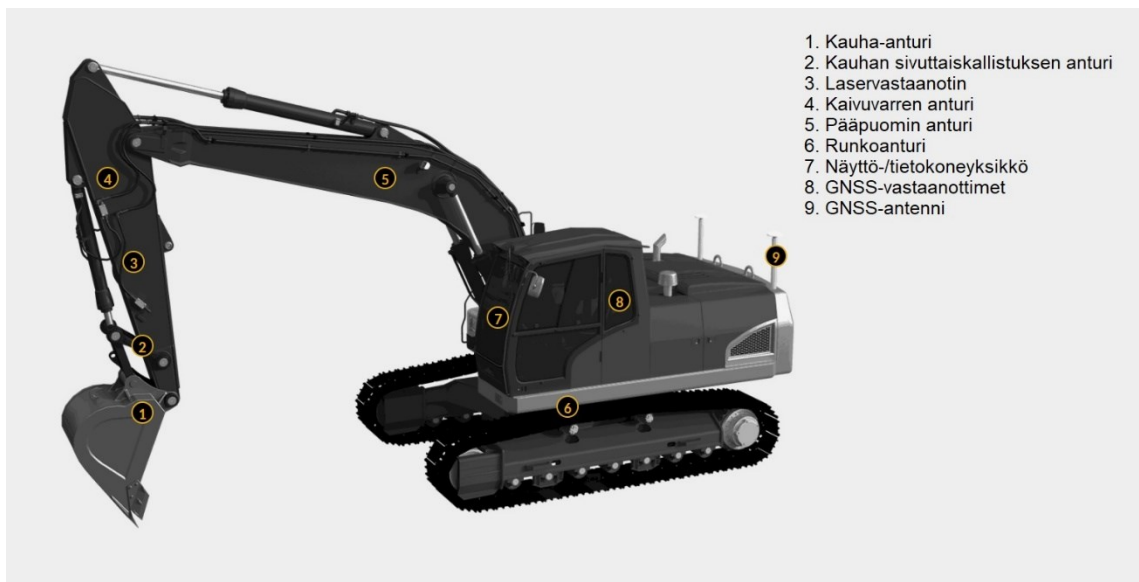
Tietomallinnuksen tarkoituksena on yhtenäistää ja automatisoida toimintaa koko infrastruktuurin toimialalla niin kansainvälisesti kuin kotimaassa. Tietomallinnuksen ja digitalisaation myötä rakennusosalalle toivotaan suuria taloudellisia säästöjä, kun useat työvaiheet nopeutuvat ja helpottuvat digitalisaation myötä. (EU BIM Task Group 2017, 8–11.) Yhtenä suurena toimijana infrastruktuurin digitalisoinnin ja tietomallintamisen kehittämisessä on kansainvälinen buildingSMART-organisaatio. Se on laaja, eri alojen ammattilaisista koostuva yhteisöfoorumi, jonka tavoitteena on kehittää ja yhtenäistää tietomallipohjaista suunnittelua ja toteutusta eri rakentamisen osa-aloilla. (buildingSMART International 2021.) Lisäksi inframallinnusta ohjaavat maiden omat lait ja säädökset sekä kansalliset ja kansainväliset standardit.

Suomessa buildingSMART Finland on laatinut tietomallintamiselle Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019/1 -ohjeen sekä InfraBIM-nimikkeistön. YIV 2019/1 -ohjeen tarkoituksena on ohjata ja yhdenmukaistaa inframallintamista Suomessa.

(buildingSMART Finland, Infra-toimialaryhmä 2019, 6.) Ohjeet ovat laajasti käytössä niin julkisten kuin yksityisten toimijoiden hankkeissa (buildingSMART Finland 2021). InfraBIM-nimikkeistön tehtävä on luoda yhtenevä kooditus- ja nimeämistapa kaikille mallinnuksessa käytettäville malleille. Lisäksi YIV 2019/1 antaa ohjeet mallinnuksessa käytettävistä tiedostoformaateista. (buildingSMART Finland, Infra-toimialaryhmä 2019, 35 ja 39.) BuildingSMART Finland on lisäksi ollut mukana luomassa Yleiset tietomallivaatimukset 2012 -ohjetta ja ajaa nyt näiden ohjeiden päivittämistä (buildinSMART Finland 2020).

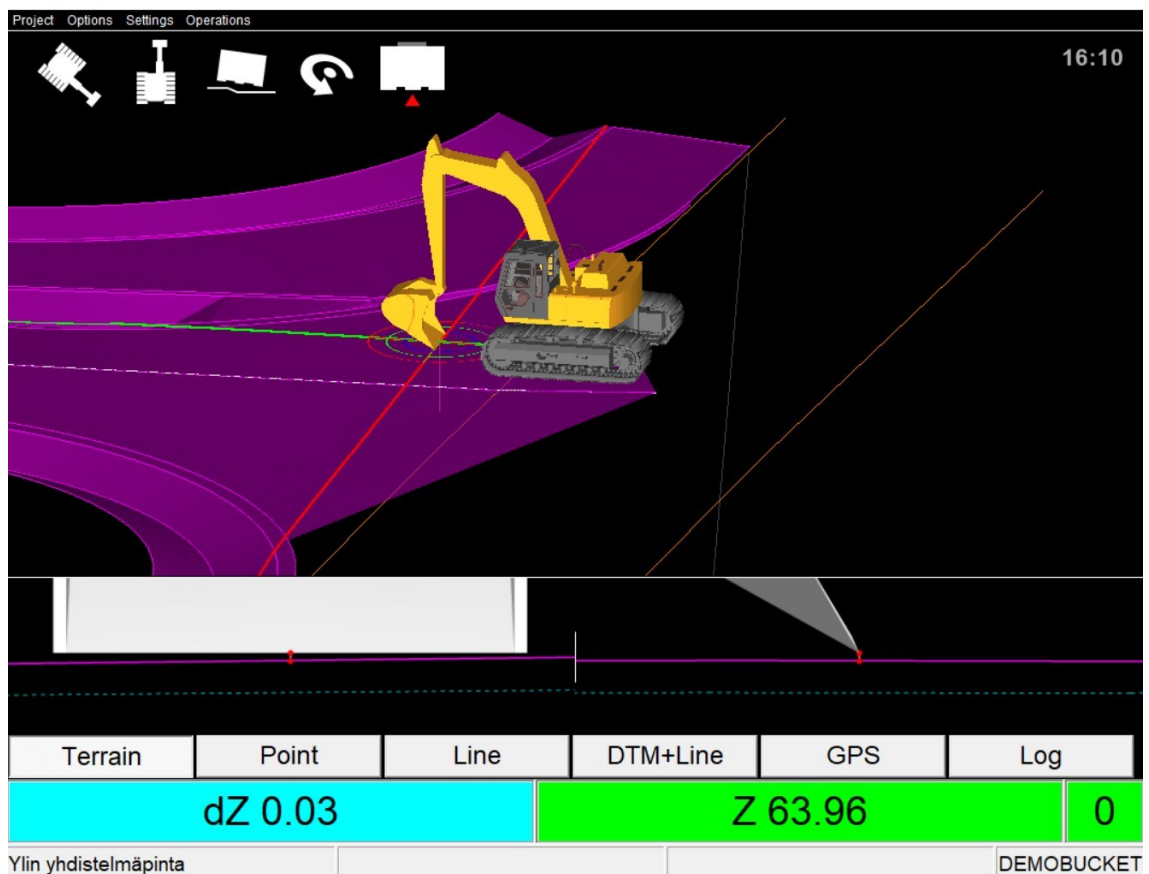
2.2 Koneohjausjärjestelmä

Koneohjaus on yksi osa rakentamisen digitalisoimista ja tietomallintamista. Koneohjauksella tarkoitetaan työkoneiden tietokonepohjaista hallintaa, jossa koneen suhdetta rakennettavan kohteen malliin voidaan seurata reaaliajassa. (Laukkanen 2017.) Koneohjausta käytetään yleisesti kaivinkoneissa, mutta se on mahdollista liittää myös muihin työkoneisiin, kuten tiehöyliin. Koneohjausjärjestelmän pääosat ovat tietokone, laser- ja satelliittivastaanottimet sekä liikkuvuusanturit (Kuvio 1). Lisäksi koneohjaukseen tarvitaan ohjaukseen sopiva tietokoneohjelmisto sekä digitaaliset mallit rakennettavasta kohteesta.



Kuvio 1. Kaivinkoneen koneohjausjärjestelmän osat. (Novatron 2021.)

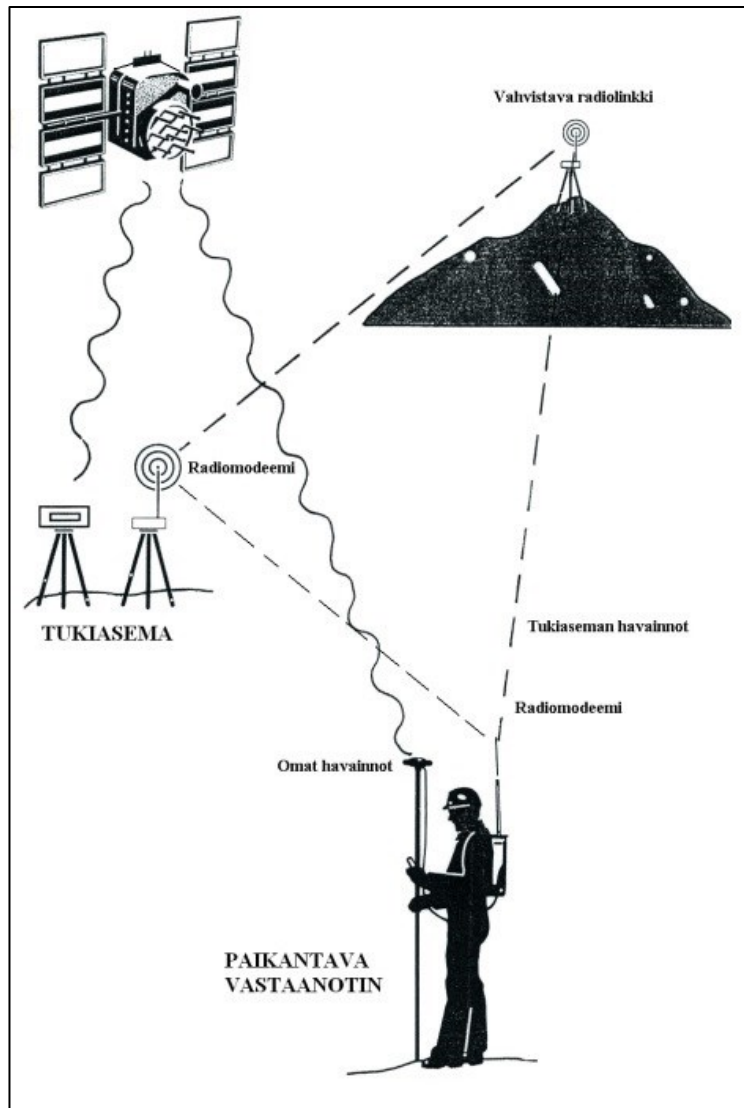
Käytännössä koneohjaus toimii seuraavasti opinnäytteen kirjoittajan työkokemuksen perusteella Ostromap Oy:ssä: Aluksi työmaasuunnitelmien pohjalta tehdään digitaalinen malli, joka sisältää kohteiden sijainnin koordinaatit (x- ja y-koordinaatti) ja korkeustiedon (z-koordinaatti). Malli toimitetaan työkoneeseen, johon on asennettu koneohjauslaitteisto joko pilvipalvelun kautta tai muistitikulla. Jos kone on yhteydessä pilvipalveluun, mallit voidaan päivittää suoraan koneeseen. Kun malli on saatu koneeseen, kuljettaja näkee mallin oman koneensa näytöllä. Lisäksi kuljettaja näkee näytöltään tiedon koneen kauhan liikkeistä, esimerkiksi kuinka lähellä mallia kauha on (Kuvio 2). Näin kuljettaja voi ohjata konettaan mallin mukaisesti. Lisäksi kuljettaja voi kartoittaa koneella toteumatietoja tai esimerkiksi uusia kaapeleita ja putkilinjoja. Kuljettajan näkymää voidaan vaihdella, riippuen käytettävästä järjestelmästä. Kuljettaja voi vaihdella ja valita malleja, joihin koneen sijaintia verrataan, tai esimerkiksi muuttaa kauhan mittauskohtaa.



Kuvio 2. Kuvakaappaus Novatronin koneohjaussimulaattorista. Simulaattorin näkymä vastaa kaivinkoneen näyttöyksikön näkymää.

Kaivinkoneen kauhan liikkeiden seuranta tapahtuu kauhassa, puomissa ja rungossa olevien liikesensoreiden avulla. Lisäksi koneen sijaintia seurataan joko satelliittipaikannuksen taikka takymetri- tai laserohjauksen avulla. Satelliittipaikannuksessa sijainti perustuu korjattuun sijaintitietoon satelliiteista. Takymetri tai laserohjauksessa koneen sijainti määritetään tunnetun pisteen avulla. Koneen ohjaus tapahtuu kuitenkin yleensä manuaalisesti, mutta esimerkiksi tiehöylissä terän automaattinen ohjaus on mahdollista. (Ostromap Oy 2021.)

Yleisesti koneohjauksessa on käytössä RTK-GNSS-paikannus. GNSS (Global Navigation Satellite System) on satelliittipaikannusjärjestelmä, joka hyödyntää eri maiden satelliitteja. Käytävissä olevia satelliittijärjestelmiä ovat esimerkiksi yhdysvaltalainen GPS, venäläinen GLONASS ja eurooppalainen Galileo. (Maanmittauslaitos 2021.) RTK (Real Time Kinematic) tarkoittaa suhteelliseen mittaukseen perustuvaa menetelmää, jossa satelliittien lähettämän sijaintitiedon virheet korjataan käyttämällä maanpäällistä tukiasemaa, eli vertailupistettä. Tunnetussa sijainnissa oleva tukiasema on yhteydessä satelliittivastaanottoon joko radiomodeemin tai matkapuhelinverkon kautta, ja näin mittalaite laskee sijainnin tarkkuutta sekä satelliittisignaalin että tukiaseman lähettämän signaalin avulla (Kuvio 3). Radiomodeemilla tukiaseman toimintasäde on maksimissaan noin kymmenen kilometriä. RTK-mittauksella mittauksen tarkkuus voidaan saada avoimessa maastossa pariin senttimetriin, mutta esimerkiksi puuston ja rakennusten katvealueet vaikuttavat merkittävästi sijainnin ja korkeuden tarkkuuteen. (Laurila 2012, 299–320.)



Kuvio 3. RTK-mittauksen periaate. (Laurila 2012, 320.)

RTK-mittauksen yhteydessä puhutaan usein myös VRS-järjestelmästä. VRS (Virtual Reference Station System) tarkoittaa RTK-mittauksen periaatteeseen perustuvaa järjestelmää, jossa fyysisen tukiaseman sijasta käytetään virtuaalista tukiasemaa. VRS-järjestelmään kuuluvat palveluntarjoajan kiinteä tukiasemaverkko, internetpalvelin sekä käyttäjän satelliittipaikannin. Mittauksen alkaessa käyttäjän paikannin lähettää matkapuhelinverkkoa käyttäen tiedot palvelimelle, jolloin palvelin laskee kiinteiden tukiasemien ja käyttäjän paikantimen lähettämän datan avulla virtuaalisen tukiaseman sijainnin. Varsinainen mittaus tapahtuu satelliittisignaalin ja tämän virtuaalisen tukiaseman lähettämän korjausdatan avulla. VRS-järjestelmän etuna on, ettei käyttäjä tarvitse erillistä tukiasemaa. Suomessa VRS-palvelua tarjoaa esimerkiksi Trimblen Trimnet sekä Leican SmartNet. (Laurila 2012, 320–322.)

Avoimessa maastossa GNSS-mittaukseen perustuva koneohjaus tarjoaa riittävän tarkkuuden infrarakentamiseen. Yleiset inframallivaatimukset vaativat koneohjaukselta sijainnin suhteen enimmillään ± 50 millimetrin tarkkuutta ja korkeuden suhteen ± 20 millimetrin tarkkuutta rata- ja tierakenteiden osalta. Työkoneet tulisi tarkistaa tarkkuusvaatimusten suhteen vähintään kerran viikossa takymetri- tai GNSS-mittauksella. Lisäksi tukiaseman sijainti tulisi tarkistaa takymetrillä vähintään kerran kuukaudessa. Tukiaseman tarkkuusvaatimus on ± 20 millimetriä. Jos koneet tai tukiasema eivät täytä vaatimuksia, ne tulee kalibroida uudelleen. (buildingSMART Finland, Infra-toimialaryhmä 2019, 118–119 ja 123.)

2.2.1 Koneohjauksen mallit ja formaatit

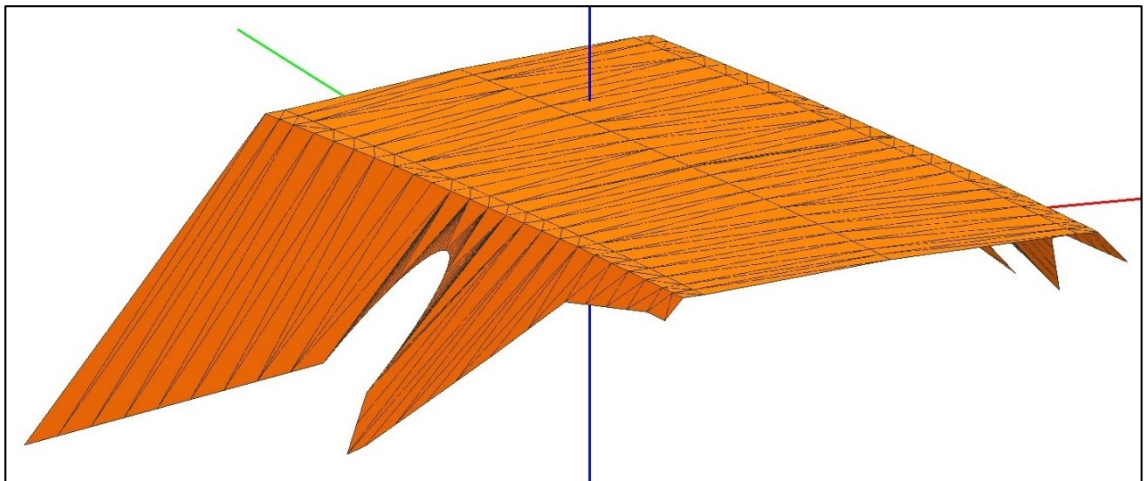
Koneohjausohjelmistoja ja -laitteita tarjoavia valmistajia on useita, ja koneohjausjärjestelmien hinta on arviolta 10 000–40 000 euroa, mikä riippuu järjestelmän ominaisuuksista. Suomessa käytetyimmät koneohjausjärjestelmät ovat Leican iCON3D ja MC1, Novatronin Xsite PRO3D, Trimblen Earthworks ja Topconin 3D-MC. Muita Suomessa käytössä olevia koneohjausjärjestelmiä tarjoavat esimerkiksi L5 ja HMPStronic. Monella laitevalmistajalla on myös oma pilvipalvelu, jota käyttämällä mallit saadaan siirrettyä suoraan työkoneisiin ja koneiden tekemät kartoitukset tallennettua palvelimelle.

Laajaa työmaiden ja koneohjauksen hallintaa sekä pilvipalvelua tarjoaa myös InfraKit. Infrakitin avulla voidaan hallinnoida työmaan kaikkia suunnitelmia ja kartoituksia aina lähtötiedoista tarkemittauksiin ja aineiston luovutukseen. Infrakit pyrkii yhteistyöhön ainakin Novatronin, Leican, Trimblen ja Topconin koneohjauksen kanssa. (InfraKit 2021.)

Koneohjauksessa voidaan käyttää useita erilaisia malleja, jonka valintaan vaikuttavat rakennettavat kohteet. Mallit tehdään yleensä kaksiulotteisten DWG-formaatissa olevien suunnitelmien pohjalta. Lisäksi apuna käytetään muita suunnitelmia, esimerkiksi tien pituusleikkauksia, joista saadaan poimittua oikeat korkeustiedot malliin. Opinnäytetyön kirjoittaja käyttää työssään 3D-Win-ohjelmaa mallien tekoon, sillä sen työkalut ja ominaisuudet on suunniteltu monipuoliseen mallien suunnitteluun ja mittaustiedon käsittelyyn. Lisäksi ohjelma lukee ja kirjoittaa monia eri tiedostoformaatteja.

Mallin rakentaminen aloitetaan kääntämällä suunnitelmat koordinaatistoon esimerkiksi kiinteistörajojen mukaan. Kiinteistörajat voi ladata Maanmittauslaitoksen avoimien aineistojen latauspalvelusta. Suunnitelmat voidaan kääntää myös kartoittajan tekemän kartoituksen perusteella, jos kiinteistörajoja ei voida käyttää. Maanmittauslaitoksen aineisto on yleensä ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa, mutta koordinaattijärjestelmä on helppo vaihtaa suunnitelman vaatimaan järjestelmään 3D-Win-ohjelmalla. Kun suunnitelmat on saatu koordinaatistoon, voidaan malli rakentaa suunnitelmasta poimittujen elementtien mukaan. Korkeudet täytyy yleensä lisätä manuaalisesti, mutta tiedot oikeista koroista ovat suunnitelmassa.

Rakennettavan kohteen eri rakenteita kuvaavia malleja kutsutaan pintamalleiksi, sillä ne yleensä kuvaavat rakenteen ylä- tai alapintaa. Esimerkiksi rakennuksen perustuksista tehdään yleensä anturan alapinnan malli, kun taas tien rakennekerroksista tehdään yleensä yläpinnan mallit. Pintamallit muodostuvat kolmioverkosta. Jokaisen kolmion kulmapisteillä on koordinaatit ja korkeus, joten yhdessä ne muodostavat kolmeulotteisen mallin (kuvio 4). Kolmioverkko muodostetaan viivojen ja pisteiden avulla, joiden sijainti ja korkeus ovat suunnitelman mukaisia. Pintamallille annetaan yleensä InfraBIM-nimikkeistöä vastaava pintatunnus, joka kertoo, mitä rakennepintaa malli esittää.



Kuvio 4. Tien yläpintaa kuvaava pintamalli. Malli on rakennettu tien keskilinan, laitojen ja luiskien viivojen mukaan.

Viivamalleilla kuvataan viivamaisia kohteita, kuten putkilinjoja. Geometriat ovat myös viivamaisia malleja, mutta ne sisältävät tiedon tien pysty- ja vaakageometriasta ja sen muutoskohdista. Pistemalleilla voidaan kuvata pistemäisiä kohteita,

kuten kaivoja tai valopylväitä. Piste- ja viivamalleilla on sekä sijainti- että korkeustieto. Lisäksi eri kohteita voidaan erotella toisistaan koodeilla, väreillä tai muilla ominaisuustiedoilla.

Apumallit ja taustakuvat ovat yleensä kaksiulotteisia suunnitelmakarttoja, joiden tarkoitus on auttaa koneen kuljettajaa hahmottamaan rakennustyömaan kokonaisuutta. Taustakuvat ovat yleensä nollakorossa, eli niillä on vain oikeat koordinaatit, mutta oikea korkotieto puuttuu.

Eri valmistajien koneohjausjärjestelmien käyttöliittymissä ja tiedostoformaateissa on jonkin verran eroa, vaikka perusperiaate on sama. Pintamalleissa formaattina käytetään yleisesti LandXML-formaattia, joka on Yleisten inframallivaatimusten mukainen tiedonsiirtoformaatti (buildingSMART Finland, Infra-toimialaryhmä 2019, 34–35). XML-formaattia käytetään lisäksi geometrioissa tai viivamalleissa. Taustakuvissa käytetään yleisesti joko DWG- tai DXF-formaattia, jotka ovat CAD-pohjaisia tiedostoformaatteja. DXF-formaattia voidaan käyttää myös viivamalleissa joissain koneohjausjärjestelmissä. Pistemäisissä malleissa voidaan käyttää Geonic- (.gt) tai SBG Geo (.geo) -formaatteja, joka riippuu järjestelmästä. (Fagerholm 2020.)

2.3 Verkkoinfrastrukturi

Verkkoinfrastruktuurilla tarkoitetaan yhteiskunnan toimintaan keskeisesti liittyviä verkostomaisia rakenteita, kuten energia-, tietoliikenne-, vesihuolto- ja liikenneverkkoja. Näillä verkkoinfrastruktuurin osa-aloilla toimii useita eri toimijoita, ja jokaisella verkolla on omat erityispiirteensä. (Melama & Lehenberg 2018, 2.) Verkkoinfrastruktuurin rakentamista ja käyttöä pyritään ohjaamaan lainsäädännöllä ja määräyksillä, jotta eri verkostojen hallinnasta saataisiin yhtenäisempää.

2.3.1 Verkkoinfrastruktuurin rakentamista ja käyttöä koskevat lait ja määräykset

Tietoyhteiskuntakaari (917/2014 1:1 §) säättää sähköisten palveluiden tarjonasta ja käytöstä, ja sen tarkoituksena on taata sähköisten palveluiden saatavuus sekä viestintäverkon ja -palveluiden riittävä laatu koko Suomen alueella. Vahvan tietoverkon rakentamista koko Suomen alueelle edistää myös laki laajakaistarakentamisen tuesta (1262/2020 1 §). Tämä laki on kumonnut aikaisemman laajakaistarakentamisen tuesta haja-asutusalueilla annetun lain (1186/2009).

Sähköverkon rakentamista ja hallinnointia säättää sähkömarkkinalaki (588/2013). Laissa säädetään muun muassa sähköverkon laatuvaatimuksista ja toimintavarmuuden parantamisesta (Sähkömarkkinalaki 6:51–52 § ja 17:119 §). Laki on lisännyt sähköverkon maakaapelointia viime vuosina (Pelkonen 2019).

Laki julkisen hallinnon turvallisuusverkkotoiminnasta säättää yhteiskunnan toiminnan kannalta kriittisten viranomaisverkkojen rakentamisesta ja ylläpidosta. Lain tarkoitus on taata viranomaisverkkojen toiminta kaikissa olosuhteissa. (Laki julkisen hallinnon turvallisuusverkkotoiminnasta 10/2015 1:1.1 §.) Viranomaisverkkoja hallinnoi valtio-omisteinen Erillisverkot-konserni, johon kuuluu useita eri yhtiöitä, joilla jokaisella on omat vastuutoimialansa (Erillisverkot 2021).

Keskeisin verkonrakentamista, verkon käyttöä ja verkkotietojen hallintaa koskeva ohje on laki verkkoinfrastruktuurin yhteisrakentamisesta ja -käytöstä (276/2016). Verkkojen yhteisrakentamisella ja -käytöllä tarkoitetaan verkkotoimijoiden yhteistyövelvollisuutta muiden toimijoiden kanssa. Laissa säädetään myös keskitetystä tietopisteestä, joka tarkoittaa keskitettyä verkostoinformaation hallinnoijaa. (Laki verkkoinfrastruktuurin yhteisrakentamisesta ja -käytöstä, 3–5 §.)

Verkkoinfrastruktuuria ja sen rakentamista koskee myös Liikenne- ja viestintävirasto Traficomın määräys 71/2020 M, joka perustuu lakiin verkkoinfrastruktuurin yhteisrakentamisesta ja -käytöstä. Määräys vahvistaa edellä mainittua lakia keskitettyyn tietopisteeseen toimitettavien tietojen osalta. Määräyksen tarkoitus on varmistaa verkkoinfrastruktuurin dokumentoinnin riittävä tarkkuus ja tietojen yhtenäisyys. (Traficom 71/2020 M 1:1–2 §.) Määräyksessä annetaan tarkat ohjeet,

mitä tietoja eri verkkotyypeistä on toimitettava keskitettyyn tietopisteeseen. Yleisesti toimitettavia tietoja ovat esimerkiksi verkkotyyppi, rakennusvuosi, sijaintitieto, suunniteltu asennussyvyys sekä kartoitettu korkeus- tai syvyystieto, jos se on saatavilla. Lisäksi määräyksessä määritetään 1.1.2021 alkaen dokumentoitujen verkkojen sijainti- ja korkeustiedon tarkkuus. Taajama-alueilla sijaintitiedon on oltava vähintään ± 10 senttimetrin tarkkuudella. Taajaman ulkopuolella riittää sijainnin osalta ± 50 senttimetrin tarkkuus. Korkeuden tai syvyystiedon tulee olla vähintään ± 10 senttimetrin tarkkuudella. (Traficom 71/2020 M 4:9–12 § ja 6:15 §.)

2.3.2 Verkkoinfrastruktuurin sijaintitietopalvelut

Verkkoinfrastruktuurin sijaintitietopalvelut toimivat verkkoinfrastruktuurin yhteisrakentamista ja -käyttöä määrittävän lain ja Traficomien määräyksen (71/2020 M) mukaisena keskitettynä tietopisteenä. Sijaintitietopalveluiden toimenkuvana on hallinnoida eri johdonomistajilta saamia verkostojen sijainti- ja ominaisuustietoja. Tarvittaessa sijaintitietopalvelu toimittaa tiedot verkoista ja niiden sijainnista näyttöpalvelua tekeville yrityksille, jotka suorittavat maastonäytön sitä tarvitseville kaivu-urakoitsijoille. (Nivajärvi 2021.) Yleensä maastonäyttö suoritetaan rakennusurakan alussa.

Johtojen sijainnin määrittäminen on tärkeää työmaan turvallisuuden kannalta sekä johdon katkeamisesta seuraavien kustannusten välttämiseksi. Esimerkiksi keski- tai suurjännitesähkökaapelin katkeaminen voi olla hengenvaarallista. Sen sijaan valokuitujen korjaaminen on hidasta ja kallista. Varsinkin tärkeän runkovalokuidun katkeaminen voi viedä tietoliikenneyhteydet monelta yritykseltä, jolloin vaikutukset voivat olla laajat ja kalliit.

Suomessa on kolme suurta verkkoinfrastruktuurin sijaintitietopalvelua, joista kaksi, Verkkoselvitys.fi ja Kaivulupa.fi, ovat yksityisiä ja kolmas, Johtotietopankki, on valtio-omisteinen. Lisäksi monella energia- ja tietoliikenneverkko-omistajalla on omia näyttöpalveluitaan. Myös monet kaupungit ja kunnat hallinnoivat sekä näyttävät johtoverkkoja omalla alueellaan.

Johtotieto Oy on osa Suomen valtion omistamaa Erillisverkot-konsernia. Johtotieto Oy:n Johtotietopankki hallinnoi muun muassa DNA:n, Elisan, Fortumin ja

Gasumin verkkoja sekä valtion omia, kuten Puolustusvoimien, kaapeleita. Verkkoselvitys.fi on Geomatikk Finland Oy:n tarjoama sijaintitietopalvelu ja Kaivulupa.fi Keypro Oy:n tarjoama sijaintitietopalvelu. Palvelut hallinnoivat eri yhtiöiden verkkotietoja mutta ovat aloittaneet vasta yhteistyön, johon kuuluu selvityspyynnöiden välitys molemmille yhtiöille (Verkkoselvitys.fi 2021).

2.3.3 Esimerkki sijaintitietopalvelusta

Esimerkkinä sijaintitietopalvelusta toimii Keypro Oy:n Kaivulupa.fi-palvelu, mutta kaapelinnäyttöpyynnön tilaaminen noudattaa samaa kaavaa myös muissa palveluissa. Peruskaavana kaapelinnäytöissä on, että kaivaja tilaa näytön sijaintitietopalvelusta antamalla urakan tiedot. Sijaintitietopalvelu välittää näyttöpyynnön ja alueella olevien johtojen tiedot kaapelinnäyttöurakoitsijalle, joka on tehnyt kaapelinnäyttösopimuksen kaapelinomistajan kanssa. Näyttöurakoitsija suorittaa maastonäytön sovittuna ajankohtana. Kaivu-urakoitsija saa kaapeleista myös taustakuvan. Tarvittaessa, etenkin jos urakka-alue on suuri ja urakka pitkäkestoinen, joudutaan samalle urakka-alueelle tilaamaan useita näyttöjä.

Kaivulupa.fi-palvelusta kaapelinnäytön tilaaminen tapahtuu seuraavasti: Kaivu-urakoitsija kirjautuu Kaivulupa.fi-palveluun omilla verkkotunnuksillaan. Hän etsii kaivualueen osoitteen perusteella. Tämän jälkeen varsinainen urakka-alue rajataan kartalle joko alueena tai viivana. Lisäksi annetaan urakan tiedot, kuten urakan alkamisajankohta, kaivun kesto ja kaivussyvyys. (Kuvio 5.)



ETUSIVU KAIVAJALLE JOHDONOMISTAJALLE URAKOITSIJALLE TIETOA PALVELUSTA

Vaihe 2/4 Tarkenna tiedot ja rajaa kaivualueesi kartalle

Petronellantie, 99870 Inari

Osoitelisätiedot:

Petronellantie 13

Johtoselvityksesi syy:

☒ Maankaivu (Kaivutyö alkaa kahden viikon sisällä)

☐ Suunnittelu

☐ Palvelun testaus

Kaivun alkamisajankohta (pakollinen):

20.4.2021 8.00

Kaivun kesto:

2 ☐ tuntia ☒ vuorokautta

Syvyys metreinä maanpinnasta:

1,5

Työn laatu ja lisätiedot, yhteyshenkilöt (Pakollinen):

Sadevesiviemärin uusiminen.

Liitteet:

[Sela](#)

☐ Lähetä johtoselvityspyyntöni käsiteltäväksi myös Verkkoselvitys.fi-johtoselvityspalveluun.

[Näytä tulokset](#)

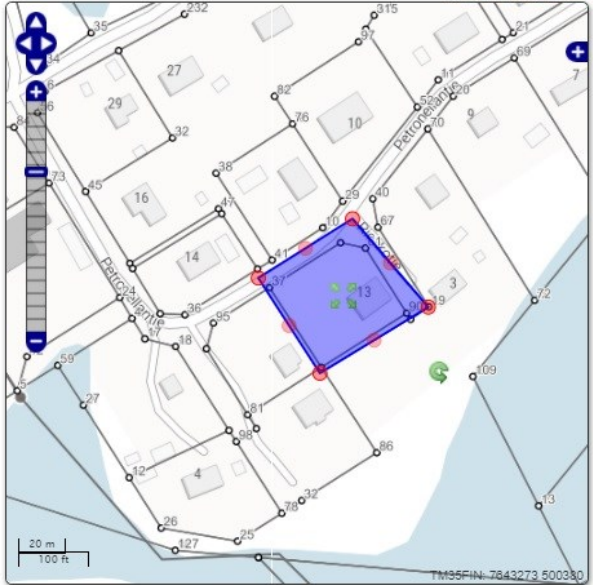
Piirtotyökalu:

☒ Alue

☐ Viiva, leveys 25 metriä

- Muokkaa aluetta siirtämällä kulmapisteitä
- Voit siirtää aluetta raahaamalla keskipisteestä
- Voit pyörittää aluetta alueen ulkopuolella olevasta tartuntapisteestä

[Muuta kartan kokoa](#)



Alueen pinta-ala: 2823 m²

Piirrä kaivualue viiva- tai aluetyökalulla. Rajatun alueen tulee käsittää kaivettava alue kokonaisuudessaan. Käytä viivatyökalua pelkästään linjamaisen kaivureitin piirtämiseen, muussa tapauksessa käytä aluetyökalua. Huomioi, että kaivualueen kokoa ei voi kasvattaa liitetiedostoilla. Mikäli kaivualueesi koko ylittää sallitun, lähetä kaivuilmotus liitetiedostoineen palvelulinjaan: johtoselvitys@keypro.fi tai soita 0800 133 544



Keypro.fi
AVAIN VERKKOTIETOON

Keypro Oy | johtoselvitys@keypro.fi
Horsmakuja 8 A 3 | 01300 Vantaa | FINLAND

1 kuki ja johtoselvitykset
0800 133 544
arkisin kello 07.00–17.00

Kuvio 5. Kaapelinnäytön tilaaminen Kaivulupa.fi-palvelusta.

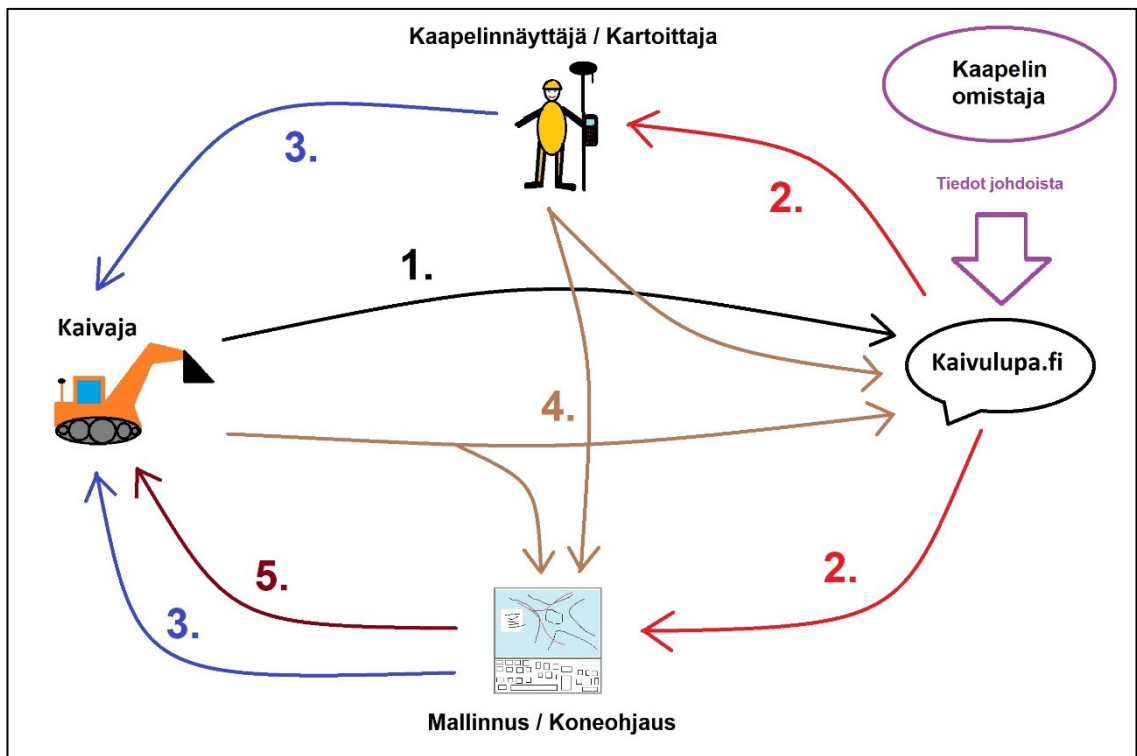
Kun urakan tiedot on annettu, päästään tarkastelemaan tuloksia. Kartalla näkyvät alueella mahdollisesti olevat johdot. Lisäksi listassa on lueteltuna alueella toimivat yritykset, joilta tarvitsee tilata mahdollisesti oma näyttö, koska näitä johtoja ei ole Kaivulupa.fi-palvelussa. Tulosten tarkastelun jälkeen tehdään varsinainen kaapelinnäyttötilaus halutulle päivämäärälle. Samalla tilaaja saa sähköpostiinsa PDF-tulosteen urakka-alueen kaapeleista. Maksuttoman näytön voi tilata minimissään kolmen vuorokauden varoitusajalla. Tätä nopeammat näyttötilaukset ovat maksullisia.

Varsinainen maastonäyttö tapahtuu näyttöurakoitsijan tekemänä. Kun kaapelinnäyttö on tilattu Kaivulupa.fi-palvelusta, tieto näytön tarpeesta tulee myös näyttöurakoitsijalle. Kaapelinnäyttäjä saapuu näyttöpaikalle sovittuna ajankohtana, jolloin myös kaivu-urakoitsijan on hyvä olla paikalla. Kaapelinnäyttäjä etsii urakka-alueella olevat johdot kaapelinhakulaitteilla ja merkkää ne maahan maalimerkein. Kaapelinhakulaite paikantaa johdot erilaisten signaalien avulla, ja johtojen sijainti saadaan tarkasti merkittyä. Kaivulupa.fi-palvelun avulla kaapelinnäyttöjä tekee usea eri näyttöurakoitsija. Myös Ostromap Oy tekee maastonäyttöjä Kaivulupa.fi-palvelun avulla.

Sijaintitietopalvelun ylläpidosta ja kaapelinnäytön kustannuksista vastaa yleensä johtoverkon omistaja. Yksittäisen kaapelinnäyttökustannus on noin 100 euroa työmaakäynniltä. Suurilla työmailla kaapelinnäytön kustannukset saattavat nousta kalliimmiksi. (Nivajärvi 2021.) Kaapelinnäytöstä aiheutuu vuosittain suuret kustannukset johtojen omistajille.

3 KONEOHJAUS JA JOHTOTIEDOT

Tässä luvussa avataan, mitä mahdollisuuksia ja haasteita koneohjauksen ja johtotietojen yhdistämisessä on. Vielä ei ole käytössä automaattista palvelua, josta urakoitsija saisi automaattisesti toimivat koneohjausmallit johtotiedoista tilatesaan kaapelinnäyttöä. Sen sijaan johtotiedot vaativat manuaalista käsittelyä ja muutaman välikäden ennen päätymistään koneohjausmalliksi. Tämän luvun asiasisällöt perustuvat kirjoittajan työkokemukseen koneohjauksessa ja kaapeli-dokumentoinnissa sekä yhteistyöhön Keypro Oy:n kanssa. Lisäksi erilaisia mallintamistapoja on testattu.



Kuvio 6. Johtotiedon kulku kaapelinnäytössä ja koneohjauksessa.

Tällä hetkellä koneohjauksen ja johtotiedon yhdistäminen onnistuisi yllä olevassa kuvassa esitetyllä tavalla (Kuvio 6):

1. Kaivaja saa urakan ja ilmoittaa Kaivulupa.fi-palveluun kaapelinnäyttötarpeesta.
2. Kaivulupa.fi toimittaa tiedon kaapelinnäyttötarpeesta ja johtotiedoista kaapelinnäyttäjälle sekä koneohjausmallien tekijälle.
3. Kaapelinnäyttaja käy tekemässä mahdollisen maastonäytön, ja mallintaja toimittaa johtotiedoista tehdyn koneohjausmallin kaivajalle.

4. Kaivaja ja kartoittaja toimittaa uusien johtojen kartoitustiedot mallintajalle ja Kaivulupa.fi-palveluun.
5. Mallintaja päivittää uudet johdot koneohjausmalliin ja toimittaa päivitetyn mallin kaivajalle.

Edellä esitetty toimintamalli on jo jossain määrin käytössä kirjoittajan työpaikalla Ostromap Oy:ssä. Johtotietoja hyödynnetään koneohjauksessa lähinnä taustakuvana. Jo taustakuvana kaapelitiedot helpottavat, mutta ne eivät aina anna tarkkaa informaatiota johdosta, sen sijainnista ja ominaisuuksista. Näin taustakuva ei myöskään poista maastossa tapahtuvan kaapelinnäytön tarvetta.

3.1 Johtotietojen luokittelu

Johtotietoja voidaan luokitella monella eri tavalla, mikä riippuu siitä, mitä ominaisuutta halutaan korostaa. Luokittelu voi tapahtua esimerkiksi seuraavien ominaisuuksien perusteella:

- johtotyyppin mukaan: sähkö-, valokuitu- vai puhelikaapeli, maakaasu- vai kaukolämpöputki
- johtotyyppin sisäinen luokittelu esimerkiksi sähkökaapeleissa: pienjännite, keskijännite, suurjännite
- tiedon tarkkuuden mukaan, eli onko johtotiedon sijaintitarkkuus esimerkiksi $\pm 0,2$ m, $\pm 1,0$ m vai $\pm 10,0$ m
- johdon tärkeyden mukaan: tärkeät valokuidut (esimerkiksi sairaala), keski- ja suurjännitesähkökaapelit tai kaasuputket (hengenvaara).

Luokittelumahdollisuuksien määrä antaa vaihtoehtoja haluttujen ominaisuuksien korostamiseen, mutta se luo myös haasteen tietojen mallinnukselle. Koneohjausmallissa täytyisi saada kuljettajan kannalta tärkeät asiat esille ja visualisoinnista mahdollisimman selkeä, joten kaikkea tietoa ei voida tuoda näkyviin. Koneen kuljettajan kannalta tärkeimmät johtotiedon ominaisuudet ovat sijainti, sijainnin tarkkuus ja johtotyyppi.

Erityisen hankalaa luotettavan mallin tekeminen on, jos johtojen sijaintitiedon tarkkuus on heikko. Sijainti- ja syvyystieto sekä niiden tarkkuus ovat tärkeässä

asemassa, jos koneohjauksella pyritään vähentämään maastossa tapahtuvaa kaapelinnäyttöä.

Korkeustiedon haasteena on, että kaapeleista voi olla kartoitettu joko korkeustieto eli z-koordinaatti tai syvyystieto eli, kuinka syvällä maassa kaapeli on (Traficom 2020, 5–9). Jos kyseessä on syvyystieto, pitäisi mallintajan pystyä muuttamaan syvyystieto z-koordinaatiksi, jotta koneohjaus pystyisi hyödyntämään tietoa. Tällöin mallintaja tarvitsisi maanpinnan korkeuden alueesta, jolla kaapeli sijaitsee. Maapinnan tarkkaa korkeusmallia ei puolestaan ole yleensä helposti saatavilla. Epätarkka korkeus ei hyödytä koneohjauksessa vaan aiheuttaa riskin kaapelivahingolle. Korkotieto ei olekaan välttämätön tieto koneohjaukselle, sillä kaapelit voidaan kaivaa esiin sivusta, jolloin korkeustietoa ei tarvita.

Korkeutta tärkeämpi tieto on johdon sijainti. Jos johtojen sijaintitarkkuus on hyvä, jo pelkästä johtotaustakuvasta on apua koneen kuljettajalle. Jos taas sijaintitiedot ovat epätarkat tai sijainnin tarkkuus vaihtelee paljon, ei mallistakaan voi saada tarkkaa. Traficomien määräys (71/2020 M) lisää tulevaisuudessa uusien johtoreittien dokumentoinnin tarkkuutta, mutta vanhojen johtoreittien sijainnin tarkkuudesta ei välttämättä ole hyvää tietoa. Tällä hetkellä johtotietoja on monenlaisia ja monella eri tarkkuudella dokumentoituja.

3.2 Johtojen dokumentointi

Uusien johtoreittien kaivu-urakoissa käytetään nykyisin vähän koneohjausta. Syynä tähän on, ettei tilaaja yleensä vaadi koneohjausta kaapeliurakoissa, toisin kuin esimerkiksi isoissa tieurakoissa. Siksi kaapelireittien kaivamiseen erikoistuneiden kaivu-urakoitsijoiden ei ole kannattanut sijoittaa koneohjausjärjestelmiin, jotka ovat iso investointi verrattuna kaapelikaivussa käytettävien koneiden hintaan.

Kaapelointiurakoissa koneohjauksesta olisi kuitenkin hyötyä etenkin kartoituksessa. Koneohjauksen tarkkuus riittää Traficomien vaatimaan tarkkuuteen johtoreittien dokumentoinnissa. Lisäksi kaapelit voitaisiin kartoittaa heti kaivun yhteydessä, jolloin myös kaapelin korkeus olisi mahdollista saada tarkasti ennen kuin kaivanto peitetään. Lisäksi koneohjauksella voi helposti seurata kaapelointisuunnitelmia ja kaivaa niiden mukaan.

Tällä hetkellä yleensä kartoittaja kartoittaa uudet johtolinjat. Usein kartoittaja ei voi olla jatkuvasti työmaalla kartoittamassa, vaan kartoitus tapahtuu jälkikäteen, kun kaapelit on jo peitetty. Tällöin kaapelin korkeutta on hankala kartoittaa, mutta kaapelinhakulaitteita apuna käyttäen voidaan usein kartoittaa johtojen syvyystieto. Joskus kaapeleita saatetaan kartoittaa pelkän kaivu-uran perusteella ilman hakulaitteita, mutta tällöin dokumentoinnin sijaintitarkkuus on huono.

Muiden rakennushankkeitten yhteydessä kaivettavia uusia johtolinjoja kartoitetaan usein koneohjauksella, jos työmaan koneissa on ohjausjärjestelmä. Tämä vähentää kartoittaja työtä. Työmaan aikana kaivetut ja kartoitetut uudet johdot voidaan myös lisätä koneohjausmalliksi, jolloin niiden takia ei tarvitse tilata kaapelinnäyttöä työmaan myöhemmissä vaiheissa.

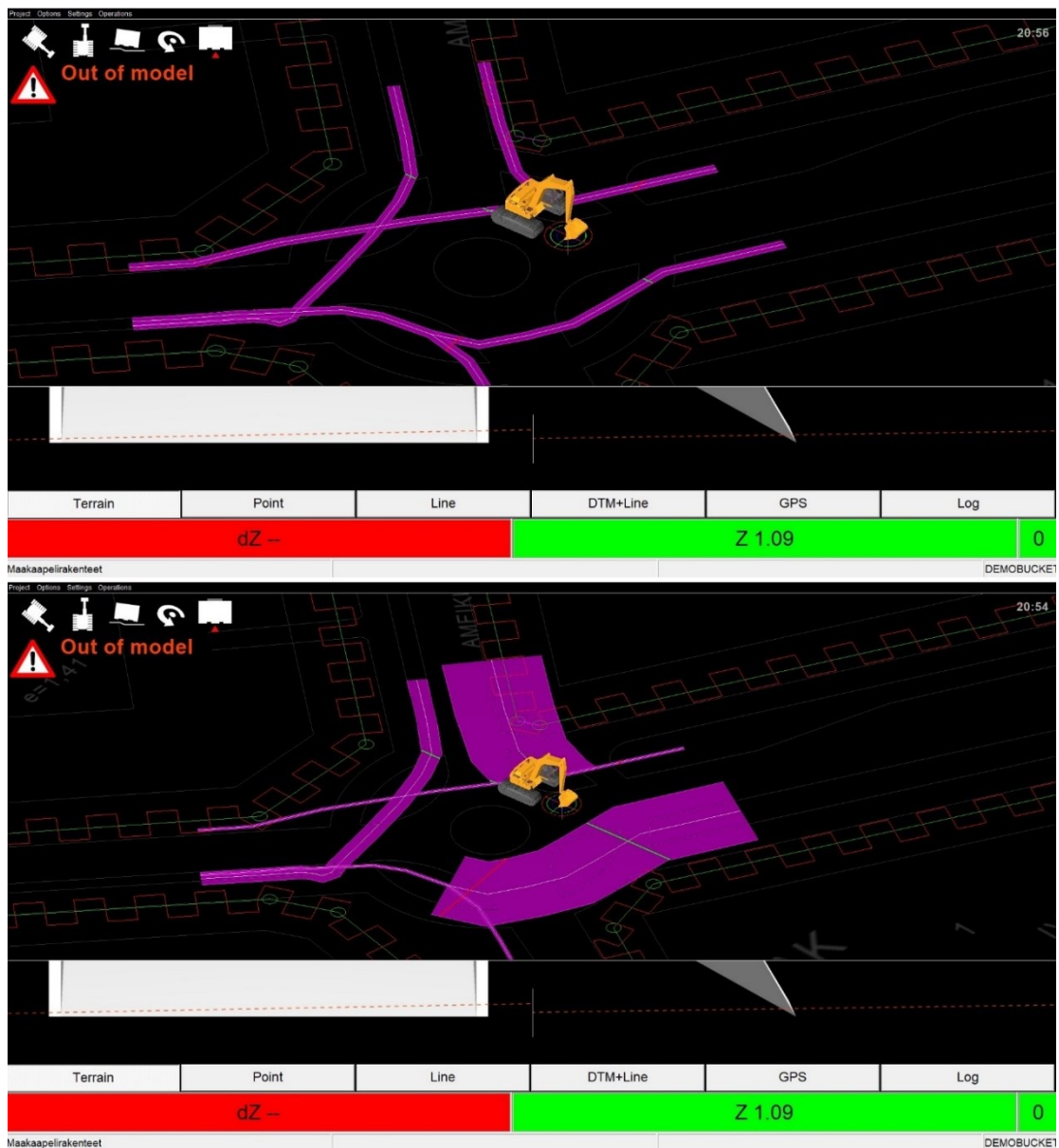
Sekä uusien että vanhojen johtojen kartoitus heti urakan alkaessa olisi yksi tapa saada tarkat johtomallit koneohjauksen käyttöön. Kun kaapelit on piirretty maahan, joko kaapelinnäyttäjä tai kone voisi kartoittaa ne, jolloin sijaintitieto saataisiin tarkaksi. Tämän jälkeen kartoitukset voidaan toimittaa mallintajalle, joka muokkaa kartoituksen malliksi koneeseen. Tämä tarkoittaa, että kaapelinnäyttö on tehtävä työmaan alussa, mutta varsinkin isoilla ja pitkäkestoisilla työmailla se voisi vähentää jatkonäyttöjen tarvetta.

3.3 Johtotietojen mallintaminen

Keypro Oy:n johtotietojen haku ja aineiston lataus tapahtuu KeyCom-järjestelmän kautta. Aineistoa pystyy hakemaan esimerkiksi karttarajauksella. Aineisto on valmiiksi koordinaatistossa, ja sen voi ladata DXF- tai DWG-formaatissa. Näin aineisto on helposti hyödynnettävissä koneohjausmalliksi. Suurempi kysymys on, onko johdoista ylipäättään mahdollista tehdä malli, joka on selkeä, informatiivinen eikä häiritse muiden mallien käyttöä.

Johtotietoja voidaan käyttää koneohjauksessa taustakuvana, viivamallina tai pintamallina. Jos johtotiedot esitetään pintamallina, täytyy viivamainen kohde saada ensin muutettua niin, että pinta saadaan muodostettua esimerkiksi kahden viivan väliin. Tämä voidaan tehdä kopioimalla johtoa kuvaava viiva molemmiin puolin esimerkiksi 50 senttimetrin päähän alkuperäisestä johtolinjasta. Tällöin viivan alue olisi metrin levyinen. Pintamallissa voi myös ajatella, että jokaisen johdon

alue on yhtä leveä kuin johdon sijaintitiedon tarkkuus. Tällä voisi pyrkiä havainnollistamaan alueita, joilla täytyy kaivaa varovasti, sillä kaapelin sijainnista ei ole tietoa. Tällöin ± 20 senttimetrin tarkkuudella kartoitettu kaapeli muodostaisi 40 senttimetriä leveän alueen ja 5 metrin tarkkuudella kartoitettu kaapeli 10 metriä leveän alueen. Tällöin malli saattaa mennä sekavaksi, sillä alueet menevät toistensa päälle. (Kuvio 7.) Samaa periaatetta voisi käyttää myös visualisoimassa esimerkiksi kaapelin tärkeyttä. Vaarallisilla ja tärkeillä kaapeleilla olisi leveämpi malli, kun taas pienillä yksittäisillä talojohdoilla kapeampi.

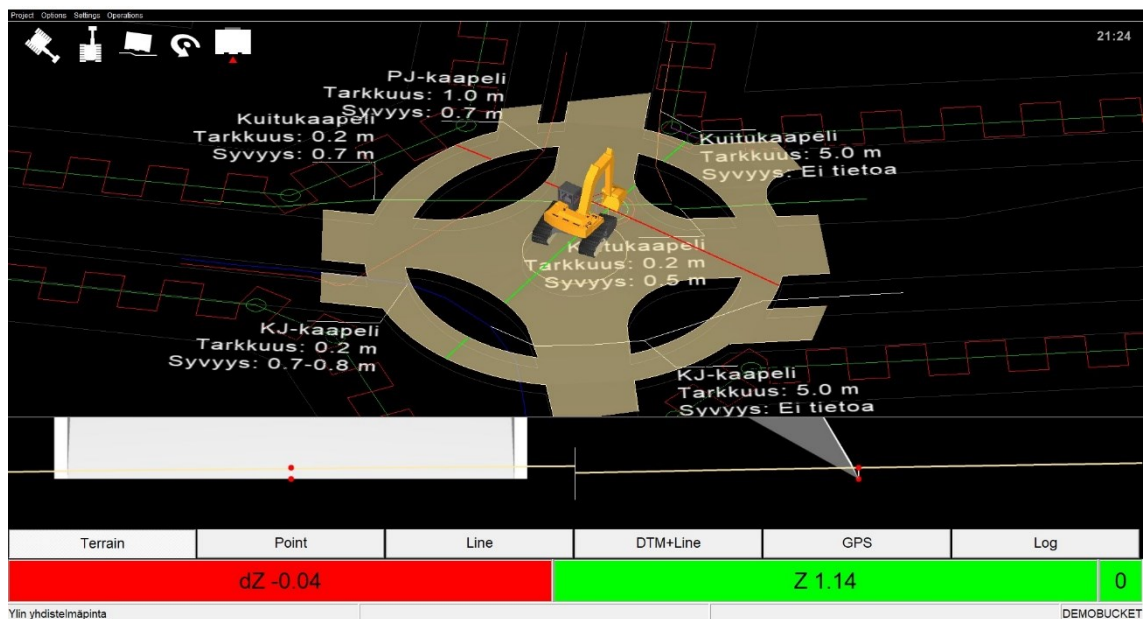


Kuvio 7. Johtopintamallit Novatronin koneohjausjärjestelmässä. Ylemmässä kuvakaappauksessa johdot mallinnettu metrin levyisenä mallina. Alemmassa kuvakaappauksessa johdot on mallinnettu sijaintitarkkuuden perusteella.

Pintamalleja voi olla koneohjausjärjestelmässä aktiivisena vain yksi. Tämä tarkoittaa, että ohjausjärjestelmä näyttää kauhan etäisyyttä vain aktiiviseen malliin nähden. Joissain järjestelmissä voi olla myös muita malleja näkyvissä, mutta jos ne eivät ole aktiivisena, ne ovat ikään kuin taustakuvana. Yleensä kaivaja pitää aktiivisena mallia, johon hän kaivaa. Tällöin kone ei reagoi johdoista tehtyyn pintamalliin, vaan kuljettajan on huolehdittava, onko hän johtomallin päällä vai ei. Kaikissa järjestelmissä muiden pintamallien seuraaminen samalla ei ole mahdollista, vaan kuljettajan täytyy käydä valitsemassa malli, jonka hän haluaa nähdä. Tällöin johtotietopintamallista ei ole juuri apua, jos kaivetaan esimerkiksi leikkausmallin mukaan. Johtopintamallista voi olla hyötyä, jos johtoja halutaan kaivaa esille varsinkin, jos johtojen sijainti ja korkeustiedot ovat hyvät. Tällöin konekuskki voi kaivaa riittävän lähelle haettua kaapelia, minkä jälkeen kaapelin saa lapiolla helposti esiin.

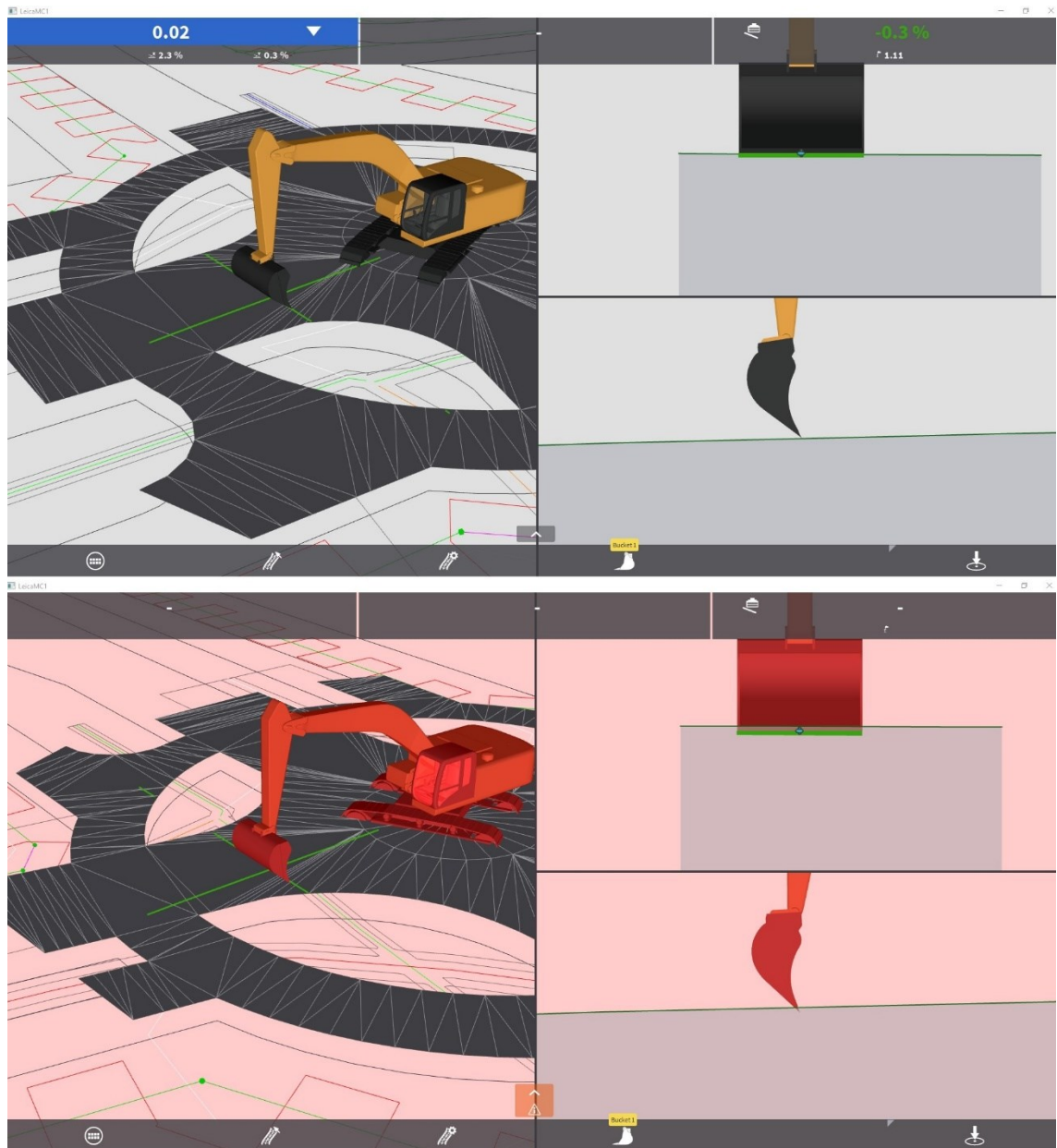
Viivamallina eri johtoja voidaan erotella esimerkiksi väreillä ja koodeilla. Jotta esimerkiksi väreillä voitaisiin ilmaista eri kaapelityyppejä, värikoodaukseen täytyisi sopia selvät periaatteet, jotka ovat myös kuljettajien tiedossa. Joissain järjestelmissä, kuten Novatronilla, viivamallista voidaan myös valita yksittäinen viiva, johon koneen liikkeitä verrataan. Johtotietoviivamallissa on myös sama ongelma kuin pintamallissa, eli kone vertaa liikkeitään vain aktiiviseen malliin. Tällöin, jos johtoviivamalli ei ole aktiivisena, koneen kuljettajan on seurattava, onko hän viivan päällä vai ei.

Taustakuvissa voidaan viivojen ja pisteiden lisäksi esittää tekstiä. Tekstillä voidaan tuoda johdoista esiin lisäinformaatiota, jota olisi muuten vaikea esittää. Tekstissä voidaan kertoa esimerkiksi johtotyyppi, kartoitustarkkuus ja mahdollinen johdon syvyys. Taustakuvat on tarkoitettu toimimaan koneohjauksen taustana, joten ne eivät häiritse muiden kaivumallien käyttöä samanaikaisesti. (Kuvio 8.) Tämän vuoksi johtojen esittäminen taustakuvana on informatiivisin ja helpoin tapa mallintaa johtotiedot koneohjaukseen. Kuljettaja joutuu kuitenkin seuraamaan, onko kone johtojen päällä.



Kuvio 8. Johtotiedot taustakuvana Novatronin koneohjausjärjestelmässä. Eri johdot on esitetty erivärisinä viivoina. Lisäksi tekstillä on lisätty johtojen informaatiota. Taustakuva ei estä kaivupintamallien (harmaa) käyttöä.

Leican koneohjausjärjestelmissä voidaan asettaa myös varoitusmalleja. Vanhemmassa iCON3D-järjestelmässä varoitusmallin tulee olla suljetulla viivalla rajattu alue (Leica 2019a, 9–10). Uudemmassa MC1-järjestelmässä kuljettaja voi asettaa viivamallille tietyn varoetäisyyden, jolloin kone hälyttää koneen kauhan mennessä tämän varoitusalueen sisäpuolelle (Leica 2019b, 7). Tällöin koneen kuljettajan ruutu menee punaiseksi verrattuna normaaliin koneohjausnäkömään (Kuvio 9). Varoitusmalli on toimivan oloinen ratkaisu, sillä se varoittaa, vaikka itse varoitettava malli ei olisi näkyvissä. Tällöin muita malleja voidaan käyttää vapaasti, mutta silti ohjausjärjestelmä vahtii varoitusmallia taustalla.



Kuvio 9. Varoitusmalli Leican MC1-ohjausjärjestelmässä. Kun koneen kauha menee varoitusalueen sisään, muuttuu kuljettajan näkymä punaiseksi.

3.4 Haasteet

Suurimpana haasteena toimivalle johtotiedon koneohjausmallille on johtotietojen sijainnin ja korkeustiedon tarkkuus. Traficomien määräys (71/2020 M) lisää tulevaisuudessa uusien johtoreittien dokumentoinnin tarkkuutta, mutta vanhojen johtoreittien tarkkuuteen se ei vaikuta. Lisäksi määräys jättää edelleen auki, dokumentoidaanko johdoista syvyys vai korkeus.

Haasteena yhtenäiselle johtotietomallille on myös koneohjausjärjestelmien erilaisuus. Mallien formaateissa on eroavaisuuksia: esimerkiksi Novatronin järjestelmässä taustakuvat ovat DXF-formaatissa, kun taas Topconin järjestelmä lukee DWG-formaattia. Lisäksi Topconin järjestelmän käyttöä helpottaa, jos taustakuviissa kaikki koodit ovat samat, jolloin eri elementtejä ei voida erotella nimen tai koodin perusteella. Myös viivamallien ja pistemallien formaatit poikkeavat eri järjestelmissä, ja ne toimivat vähän eri tavoin, mikä riippuu järjestelmästä.

Koneohjauksen satelliittipaikannuksen tarkkuus voi myös olla haasteena. Etenkin pahoissa katvealueissa, korkeiden talojen läheisyydessä ja puustoisilla alueilla satelliittipaikannuksen tarkkuus voi heittää paljon. Tällöin kaivaminen pelkän mallin varassa ilman kaapelinnäyttöä on riskialtista.

Johtotiedot ovat myös yhteiskunnan huoltovarmuuden ja maanpuolustuksen kannalta turvallisuuskysymys. On tärkeää, että kaivajat saavat tiedon maassa olevista johdoista, mutta samalla Suomen puolustuksen ja yhteiskunnan toimivuuden kannalta kriittisiä johtotietoja pitäisi yrittää suojella joutumasta väärin käsiin. (Aukia 2018.) Tämä asettaa haasteen etenkin, kun ajatellaan tulevaisuuden automatisoidumpaa sijaintitietopalvelua. Kuinka valvotaan, että kriittiset johtotiedot eivät joudu väärin käsiin samalla, kun kaivajille tarjotaan helppoa ja nopeaa sijaintitietopalvelua?

4 TULOKSET JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Tämän työn tutkimusongelmana oli, miten johtotiedosta saataisiin mahdollisimman selkeä, käyttökelpoinen ja helposti päivitettävä malli koneohjaukseen. Vastausta ongelmaan haettiin seuraavien kysymyksien avulla: Mikä on kaapelinnäytön ja -kartoituksen tilanne nykyhetkellä? Millaista johtotietoa on saatavilla? Mitkä ovat koneohjauksen haasteet ja mahdollisuudet? Mitä eri tapoja koneohjauksen ja johtotiedon yhdistämiseen on tällä hetkellä?

Keskeisin asia johtojen sijaintitiedossa ja sen mallintamisessa on sijainnin tarkkuus. Lopulliseen sijaintitarkkuuteen vaikuttavat monet tekijät, kuten dokumentoinnin laatu, koneohjauksen toiminta ja mallien tarkkuus. Jos dokumentoinnin tarkkuus saadaan hyväksi, silloin myös mallit on mahdollista saada tarkaksi. Silloin koneen kuljettajan täytyy huolehtia vain, että koneen ohjausjärjestelmä toimii.

Yksi tapa ratkaista johtotiedon sijainnin epätarkkuus ja vähentää kaapelinnäytön tarvetta isoilla työmailla, olisi kartoittaa kaikki työmaan johtoreitit heti ensimmäisen maastonäytön yhteydessä. Tällöin työmaan johdoista saataisiin riittävällä tarkkuudella oleva aineisto, joka voidaan tallentaa koneohjausmalliksi. Tällöin jatkonäyttöjä ei välttämättä enää tarvita, vaikka työmaa olisi pitkäkestoinen ja näyttömerkit häviäisivät maastosta.

Johtotietoa on monenlaista, ja se on mahdollista mallintaa koneohjaukseen pintana, viivana tai taustakuvana. Koneen kuljettaja kuitenkin tarvitsee johtotietoja lähinnä välttääkseen vahingoittamasta kaapeleita ja putkia. Tämän vuoksi kuljettajalle paras tapa johtotiedon esittämiseen koneohjauksessa olisi malli, joka ei häiritse muiden mallien käyttöä mutta joka varoittaa kaapeleista riittävällä tarkkuudella.

Tällä hetkellä johtotiedot taustakuvana tarjoaa ehkä parhaan vastineen tähän. Taustakuvassa johdot saadaan näkyviin ilman, että se häiritsee varsinaisen kaivumallin käyttöä. Taustakuva ei kuitenkaan varoita johdoista ja jää usein muiden mallien taakse piiloon. Niinpä edelleen kuljettajan täytyy itse seurata, milloin hän on lähestymässä vaarallista kaivualuetta.

Tulevaisuudessa koneohjausjärjestelmien valmistajien toivoisi panostavan varoitussmalleihin, jotka varoittavat automaattisesti, kun kone tulee liian lähelle varoitavaa kohdetta. Tällöin kuljettaja voi pitää vain tarvittavat mallit näkyvissä, eikä hänen tarvitse yrittää huomata johtoja muiden mallien alta. Yhdessä tarkkojen johtotietojen kanssa varoitusmalli olisi lähellä tilannetta, jossa kaapeleiden maastonäyttöä ei enää tarvita.

Jotta tulevaisuudessa päästäisiin lähemmäs automatisoitua koneohjauksen ja johtotiedon yhdistämistä, olisi koneohjausjärjestelmissä tapahduttava jonkinlaista yhtenäistymistä. Olisi kaikkien etu, jos järjestelmät saataisiin etenkin mallien ja formaattien toiminnan osalta standardoitua niin, että samanlaisia malleja voitaisiin suoraan käyttää eri järjestelmissä. Tämä helpottaisi mallintajan työtä mutta lisäksi mahdollistaisi johtotietopalvelun, joka automaattisesti tarjoaisi sopivan johtotietomallin koneohjausjärjestelmiin.

5 POHDINTA

Tarkkojen johtotietojen pohjalta tehdyt tarkat koneohjausmallit toisivat säästöjä niin johtojen omistajille kuin urakoitsijoille. Jos johtotiedot voidaan tarjota tarkkana koneohjausmallina, kalliiden maastonäyttöjen tarve vähenee. Lisäksi hyvä koneohjausmalli ohjaa konetta tarkemmin kuin maahan piirretty maalimerkki, jolloin myös kaapelivahingoista johtuvat kustannukset laskisivat. Jos tulevaisuudessa koneohjausjärjestelmiin saadaan lisättyä varoitustoimintoja ja johtotietojen tarkkuus paranee, koneohjaus tarjoaisi halvemman ja tarkemman tavan työmaiden johtojen selvitykseen, kuin nykyinen maastossa tapahtuva selvittely.

Jatkotutkimuksena voisi perehtyä koneohjauksen hyödyntämiseen uusien kaapelireittien kaivamisessa käytännön projekteissa. Tutkimuksessa voisi tutustua, kuinka esimerkiksi kaapelointisuunnitelmat toimivat käytännössä koneohjauksessa ja millaisia etuja koneohjaus tuo kaapelikartoitukseen. Myös tutkimus koneohjausjärjestelmien kehittämiseksi, etenkin varoitussmallien osalta olisi hyödyllistä.

LÄHTEET

Aukia, J-P. 2018. Kaapelien sijaintitiedot olennaisia kokonaisturvallisuudelle. Erve Uutiset-verkkomedia 6.6.2018. Viitattu 24.5.2021. https://johtotietopankki.fi/yritys/ajankohtaista/kaapelien_sijaintitiedot_olennaisia_kokonaisturvallisuudelle.108.news.

buildingSMART Finland 2020. YTV2020 – Julkilausuma 14.12.2020.

buildingSMART Finland 2021. Toiminnassa mukana. Viitattu 12.5.2021. <https://buildingsmart.fi/toiminnassa-mukana/>.

buildingSMART Finland, Infra-toimialaryhmä 2019. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019/1.

buildingSMART International 2021. What we do. Viitattu 30.3.2021. <https://www.buildingsmart.org/about/what-we-do/>.

Erillisverkot 2021. Tietoa meistä. Viitattu 31.3.2021. <https://www.erillisverkot.fi/erillisverkot/>.

EU BIM Task Group 2017. Handbook for the Introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector.

Fagerholm, F. 2020. Koneohjausjärjestelmät ja formaatit. Ostromap Oy:n sisäinen julkaisu.

Infrakit 2021. Tuote. Viitattu 14.5.2021. <https://infrakit.com/fi/tuote/>.

Laki julkisen hallinnon turvallisuusverkkotoiminnasta 13.1.2015/10.

Laki laajakaistarakentamisen tuesta 30.12.2020/1262.

Laki laajakaistarakentamisen tuesta haja-asutusalueilla 22.12.2009/1186 (kumottu).

Laki verkkoinfrastruktuurin yhteisrakentamisesta ja -käytöstä 22.4.2016/276.

Laukkanen, J. 2017. Kuinka koneohjaus auttaa maanrakennuksen käytännön töissä? – Pahuksen hyvä asia. Koneviesti 12.01.2017. Viitattu 4.5.2021. <https://www.koneviesti.fi/tekniikkaa-tietoa/artikkeli-1.174489>.

Laurila, P. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. 4. uudistettu painos. Jyväskylä. Rovaniemen ammattikorkeakoulun julkaisusarja D nro 3.

Leica 2019a. Leica iCON 3D – Mallinnus. Espoo: Leica Geosystems Oy.

Leica 2019b. Leica MC1 Excavate – Mallinnus ja toiminta. Espoo: Leica Geosystems Oy.

Maanmittauslaitos 2021. Satelliittipaikannus. Viitattu 4.5.2021. <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/satelliittipaikannus>.

Melama, H. & Lehenberg, J. 2018. Verkkoinfrastruktuurin käsitelmä. Sitowise.

Nivajärvi, J. 2021. VS: Opinnäytetyö, kommentteja. Sähköposti tomi.nokelainen@ostromap.fi 17.5.2021. Tulostettu 17.5.2021.

Novatron 2021. Mitä on koneohjaus? Viitattu 7.4.2021. <https://novatron.fi/mita-on-koneohjaus/>.

Ostromap Oy 2021. Mitä on koneohjaus? Viitattu 4.5.2021. https://ostromap.fi/wp-content/uploads/2018/01/mita-on-koneohjaus_v2.pdf.

Pelkonen, J. 2019. Säävarman sähköverkon rakentaminen on aikataulussa Suomessa – jatkossa vaikeusaste kasvaa. YLE 25.9.2019. Viitattu 6.4.2021. <https://yle.fi/uutiset/3-10985718>.

Sähkömarkkinalaki 9.8.2013/588.

Tietoyhteiskuntakaari 7.11.2014/917.

Traficom 2020. Määräys 71/2020 M.

Verkkoselvitys.fi 2021. Geomatikk ja Keypro yhteistyöhön sijaintiselvityspyyntöjen välityksessä. Viitattu 14.5.2021. <https://verkkoselvitys.fi/fi/uutiset-fi/geomatikk-ja-keypro-yhteistyohon-sijaintiselvityspyyntojen-valityksessa/>.