



# Koneohjausprosessi suunnittelusta lopputuotantoon

Alexi Lappalainen

Opinnäytetyö, AMK

Huhtikuu 2025

Insinööri (AMK), Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma

**Lappalainen Aleks**

## **Koneohjausprosessi suunnittelusta lopputuotantoon**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Huhtikuu 2025, 23 sivua

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

### **Tiivistelmä**

Uudenmaan infrapalvelut toimi toimeksiantajana kehittämistyössä, jonka tavoitteena oli laatia selkeä ja käytännönläheinen ohjeistus koneohjausmallien esiin tulleista haasteista ja niiden hyödyntämisestä työmailla. Tarkoituksena oli erityisesti tukea aloittelevia työnjohtajia koneohjaukseen liittyvissä tehtävissä. Lisäksi pyrittiin antamaan suunnittelijoille näkökulmaa työmailla esiintyviin haasteisiin, joita esiintyi erityisesti suunnitelmien siirrossa ja tulkinnessa.

Toteutus tapahtui yhdistämällä suunnitteluaineistojen tarkastelu, työmaahavainnot sekä toimeksiantajayrityksen työnjohdon kokemukset. Aineistoa analysoitiin temaattisesti, ja tarkastelu keskittyi erityisesti niihin tilanteisiin, joissa työnjohto kohtasi epäselvyyksiä mallien sisällössä tai yhteensopivuudessa järjestelmien kanssa.

Tuloksissa ilmeni, että koneohjausmallien tehokas hyödyntäminen työmailla vaati sekä teknistä tarkkuutta että ymmärrystä suunnitelma-aineiston rakenteesta ja järjestelmistä. Työnjohdon rooli osoittautui keskeiseksi erityisesti tiedonsiirron hallinnassa ja mallien tulkinnessa kenttäolosuhteissa. Esille nousi myös suunnittelun ja työnjohdon välinen yhteistyön tarve erityisesti mallien viimeistelyssä ja tarkistamisessa. Johtopäätöksissä korostui tarve systemaattiselle perehdytykselle, toimiville tiedonsiirtokäytännöille sekä suunnittelun ja toteutuksen välisen vuorovaikutuksen vahvistamiselle. Koneohjauksen onnistunut hyödyntäminen nähtiin osana laajempaa kehitystä kohti digitaalisempaa ja tehokkaampaa maanrakennusprosessia, jossa selkeä roolitus ja toimiva tiedonhallinta tukivat työmaan onnistumista kaikissa vaiheissa.

### **Avainsanat (asiasanat)**

Maanrakennus, Koneohjaus, Työnjohto, Mallinnus

**Lappalainen Aleks**

### **Machine control process from design to final delivery**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, April 2025, 23 pages

Degree Program in Construction and Civil Engineering Technology. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

Uudenmaan Infrapalvelut acted as the commissioning company in a development project aimed at creating a clear and practical guide addressing common challenges related to machine control models and their utilization on construction sites. The primary goal was to support novice site managers in tasks involving machine control. Additionally, the intention was to provide designers with insight into challenges encountered on-site, particularly those related to the transfer and interpretation of design files.

The implementation combined the examination of design materials, on-site observations, and the practical experiences of the commissioning company's site management. The collected data was analyzed thematically, focusing particularly on situations where site management encountered ambiguities in the content of the models or in their compatibility with various systems.

The results indicated that effective use of machine control models on-site required not only technical accuracy but also a thorough understanding of the structure of design data and the systems involved. The role of site management proved to be crucial, especially in managing data transfer and interpreting models under field conditions. The findings also highlighted the importance of collaboration between design and site management, particularly in finalizing and verifying the models before use.

The conclusions emphasized the need for systematic onboarding, functional data transfer practices, and strengthened interaction between design and implementation. Successful utilization of machine control was viewed as part of a broader shift toward a more digital and efficient earthworks process, where clearly defined roles and effective information management supported success at every stage of the project.

### **Keywords/tags (subjects)**

Earthworks, Machine control, Site management, Design modeling

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>5</b>
1.1	Työn tausta.....	6
1.2	Yrityksen esittely .....	7
1.3	Määritelmät ja lyhenteet.....	7
<b>2</b>	<b>Aiheen kuvaus</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Koneohjaus</b> .....	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Novatron</b> .....	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>3D-win</b> .....	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Ympyrämalliajattelu</b> .....	<b>11</b>
6.1	Malli ja sisältö.....	12
6.2	Mallien siirto työmaalle .....	13
6.3	Koneiden käyttö ja tiedon hyödyntäminen työmaalla .....	14
6.4	Luovutusaineiston dokumentointi .....	14
<b>7</b>	<b>Esimerkkejä esiin tulleista tapauksista</b> .....	<b>15</b>
7.1	Sijaintitieto koordinaatit hukassa.....	17
7.2	Merkatut kohdistuspisteet taustakartassa .....	18
7.3	Geoidimallin käyttäminen.....	18
<b>8</b>	<b>Tulokset</b> .....	<b>19</b>
<b>9</b>	<b>Pohdinta</b> .....	<b>20</b>
9.1	Tulevaisuuden näkymät ja kehitystarpeet.....	21
	<b>Lähteet</b> .....	<b>23</b>

## Kuviot

Kuvio 1	Kuvitteellinen ympyrämalli koneohjauksessa käytettävien suunnitelmien kiertokulun hahmottamiseksi .....	11
Kuvio 2	Havainnekuva mallista koneen näyttöpäätteellä.....	13
Kuvio 3	Havainnekuva malleista eri tasoilla .....	14
Kuvio 4	Karkea esimerkki, jossa karttapalvelusta haetaan esim rakennuksen nurkkakoordinaatit, jotta malli pystytään asettamaan työmaalla oikeaan sijaintiin.....	17

# 1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheen valinta tehtiin yhteistyössä toimeksiantajayrityksen kanssa ja valinta osoit-  
tautui molempien osapuolten näkökulmasta ajankohtaiseksi ja tarpeelliseksi. Yrityksessä oli tun-  
nistettu selkeä tarve jäsentää ja kehittää jonkinlainen opas havainnollistamaan koneohjausmallien  
kiertokulkua suunnittelusta työmaalle ja edelleen luovutusaineistoksi tilaajalle. Toimeksiantajalta  
saatu idea tarjosi konkreettisen lähtökohdan analysoida koko prosessia käytännönläheisesti juuri  
niiden haasteiden ja havaintojen kautta, joita yrityksen työmailla oli ilmennyt aloittelevan työnjoh-  
tajan näkökulmasta.

Opinnäytetyön tekijällä oli puolestaan ajatus oppaan rakentamisesta, joka tukisi työnjohtajia kone-  
ohjauksen parissa. Ajatus lähti liikkeelle yrityksessä esiin tulleista ongelmakohdista, jotka liittyivät  
usein mallien siirtoon, tiedostomuotoihin ja työnjohdon epävarmuuteen erityisesti kokemuksen  
puutteen takia. Näiden tarpeiden pohjalta muodostui yhteinen tavoite tuottaa selkeä ja käytän-  
nönläheinen tuotos, joka toimii erityisesti aloittelevan työnjohtajan tukena, mutta jonka parissa  
myös kokeneempi käyttäjä voi päivittää osaamistaan. Tärkeänä periaatteena oli se, että opas olisi  
selkeä ja helposti omaksuttavissa myös henkilöille, joilla ei ole syvällistä teknistä taustaa koneoh-  
jauksen järjestelmistä.

Laajempaan tavoitteeseen oli myös tarjota suunnittelijoille näkökulmaa niihin ongelmiin, jotka tois-  
tuvat suunnitelmissa ja joita toimeksiantajayrityksen työmailla oli kohdattu. Monet näistä virheistä  
tai puutteista ovat helposti korjattavissa jo suunnitteluvaiheessa, kun tieto liikkuu tehokkaammin  
kentältä suunnittelupöydälle. Tarkoituksena olikin lisätä ymmärrystä siitä, miten suunnitteluratkai-  
sut vaikuttavat käytännön toteutukseen koneohjausympäristössä toimeksiantajan arjessa.

Kolmantena keskeisenä tavoitteena nähtiin työnjohdon motivoiminen koneohjauksen hyödyntä-  
miseen osana päivittäistä työmaan ohjausta. Ala on siirtymässä yhä vahvemmin digitaalisiin ratkai-  
suihin, ja koneohjauksen mallien hyödyntäminen vahvistaa asemaansa työmaiden arjessa. Tämän  
työn toivottiin osaltaan tukevan yrityksen sisäistä osaamista ja kehitystä kohti sujuvampaa, malli-  
pohjaista tuotantoprosessia.

## 1.1 Työn tausta

Maanrakennusalalla koneohjausteknologia on vakiinnuttanut paikkansa tärkeänä osana nykyaikaista työmaatoimintaa. Koneohjauksen avulla työmaan eri prosesseja voidaan tarkentaa ja tehostaa, mikä vähentää virheitä ja parantaa työn laatua. Urakoitsijan ja tilaajan välisessä tiedonsiirrossa koneohjaus tarjoaa mahdollisuuden seurata työn etenemistä reaaliaikaisesti ja varmistaa, että toteutus vastaa suunnitelmaa. Toimeksiantajayrityksessä on tunnistettu selkeä tarve kehittää omaa osaamista koneohjauksen hyödyntämisessä, jotta työmaiden tehokkuus ja laatu säilyvät kilpailukykyisinä.

Erityisesti aloittelevat työnjohtajat toimeksiantajalla saattavat kohdata haasteita koneohjauksen perusteiden omaksumisessa ja suunnitelmien tulkitsemisessa, koska heidän käytännön kokemuksensa työmaaympäristöstä on usein vielä rajallinen. Vaikka kouluttautuminen asian parissa tarjoaa teknistä tietopohjaa, se ei aina kata riittävän syvällisesti koneohjauksen käytännön sovelluksia, eri ohjelmistoja tai tiedonsiirron toimintamalleja työmaan ja suunnittelun välillä. Lisäksi suunnitelmien tulkinta vaatii ymmärrystä eri tiedostomuotojen (esim. DXF, GT, DWG, LandXML) sisällöstä, tiedon rakenteesta sekä siitä, miten eri mallit konkretisoituvat koneohjauksessa. Mikäli tähän liittyvä koulutus tai perehdytys on puutteellista, se voi johtaa epävarmuuteen päätöksenteossa ja työn ohjauksessa. Tämä epävarmuus saattaa näkyä työmaan toiminnan hidastumisena, virheiden lisääntymisenä tai tarpeettomana yhteydenpitona suunnittelijoihin ja koneenkuljettajiin, mikä kuormittaa kaikkia osapuolia.

Satunnaisesti työmaalle saatuihin suunnitelmiin saattaa sisältyä mallinnusta haittaavia virheitä tai epähuomioita, joita työnjohdon tulee korjata ennen mallien lisäämistä palvelimelle. Tämä korostaa tarvetta selkeästi ja helposti ymmärrettävällä oppaalla, jonka avulla toimeksiantajayrityksen työnjohtaja pystyy etenemään edessä olevan ongelman kanssa ja hahmottamaan paremmin mallinnuksen kiertokulkua.

Työn toivotaan toimivan tukena paitsi aloitteleville työnjohtajille, myös suunnittelijoille ja muille alan toimijoille, jotka ovat kiinnostuneita koneohjauksen hyödyntämisestä. Samalla sen tavoitteena on innostaa perehtymään tarkemmin koneohjauksen tarjoamiin mahdollisuuksiin ja siten edistää omaa kehittymistä aiheen parissa.

## 1.2 Yrityksen esittely

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Uudenmaan infrapalvelut, joka on maanrakentamiseen erikoistunut yritys. Se on perustettu vuonna 2008. Henkilöstö koostuu noin 30–50 toimialan osaajasta ja pääosin yritys vaikuttaa Uudenmaan alueella. Palveluihin ja osaamiseen maanrakentamisen lisäksi kuuluu myös rakennustekniset työt, sekä viher- ja ympäristörakentaminen niin saneeraus kuin uudiskohteissa. Yrityksen asiakkaina toimivat kunnat, rakennusliikkeet ja taloyhtiöt. Hallinnollinen puoli koostuu toimitusjohtajan lisäksi kahdesta laskentapäälliköstä, sekä taloushallinnon osastosta, johon tällä hetkellä kuuluu kaksi henkilöä. Henkilöstö työnjohtopuolella koostuu työpäälliköistä, työmaapäälliköistä, kuljetuspäälliköistä, sekä työnjohtajista, jotka vaikuttavat työmailla päivittäin. Myös projekti-insinööri, sekä projektiassistentti vaikuttavat suoraan työnjohdon taustalla.

## 1.3 Määritelmät ja lyhenteet

Topografinen malli: Kolmiulotteinen esitys maaston muodoista ja korkeuseroista.

3D-Win: Maanmittauksen ja infrarakentamisen ohjelmisto mittausdatan käsittelyyn ja mallintamiseen.

AutoCAD: Suunnitteluohjelmisto, jota käytetään teknisten piirustusten ja 3D-mallien luomiseen.

Kaivuutaso: Suunniteltu korkeus, johon maan kaivaminen tulee ulottaa.

Alin yhdistelmäpinta: Rakenteen alin pintakerros, joka yhdistää eri rakennekerrokset toisiinsa.

LandXML: Avoin tiedostomuoto, jota käytetään infrarakentamisen ja maastomallien tietojen siirtoon.

DXF-tiedostot: tiedostomuoto vektorigrafiikan tallentamiseen ja siirtämiseen eri ohjelmistojen välillä.

Taustakartta: Koneessa havainnollistamisen avuksi luotu malli, josta näkee esim katualueen rajat tai putkilinjat.

Geoidimalli: Maapallon teoreettinen muoto, jota käytetään korkeusarvojen määrittämiseen tarkasti.

GNSS (Global Navigation Satellite System): Yleisnimitys satelliittipaikannusjärjestelmille, kuten GPS, GLONASS ja Galileo, joita käytetään tarkkaan paikannukseen koneohjauksessa.

KKJ: Aikaisemmin Suomessa käytetty kartastokoordinaattijärjestelmä.

## 2 Aiheen kuvaus

Opinnäytetyö toteutettiin käytännönläheisenä, jonka tavoitteena oli havainnollistaa ja selkeyttää koneohjausmallien kiertokulkua suunnittelusta työmaalle ja edelleen luovutusaineistoksi tilaajalle. Työn menetelmällinen lähestymistapa painottui käytännön esimerkkien ja työmaalla kerätyn kokemustiedon yhdistämiseen, sillä koneohjauksen maailmassa korostuvat toimintatapojen ja aineistojen käyttö. Aineistoa kerättiin analysoimalla käytössä olevia suunnittelutiedostoja (DWG, DXF, LandXML), havainnoimalla mallien siirtoa ja hyödyntämistä työmaalla sekä tunnistamalla tyypillisiä ongelmakohtia, jotka ovat ilmi tulleita toimeksiantajan työmaiden arjessa. Aineiston käsittelyssä hyödynnettiin temaattista analyysiä, jossa toistuvat haasteet kuten väärät geoidimallit, puutteelliset sijaintitiedot ja kohdistuspisteiden puute nostettiin esiin kehittämistarpeina. Näiden havaintojen pohjalta työssä muotoiltiin konkreettisia suosituksia ja opastusta erityisesti aloittelevien työjohtajien tueksi. Työn rajaus painottui toimeksiantajayrityksen toimintaympäristöön, mikä mahdollistaa käytännönläheisen mutta ei täysin yleistettävissä olevan näkökulman. Aineiston yhdistäminen omaan kokemukseen ja havainnointiin mahdollisti syvällisen ymmärryksen koneohjausprosessin haasteista ja kehityskohteista.

Luotettavuuden osalta työssä hyödynnettiin useita eri näkökulmia. Suunnitteluasiakirjat, työmaan käytännöt ja käyttäjäkokemukset. Koska työ perustuu pitkälti empiiriseen havaintoaineistoon, tuloksia ei voida yleistää koko alaa koskeviksi, mutta ne antavat realistisen kuvan yhdestä organisaatiosta ja sen toimintaympäristöstä. Monipuolinen aineisto kuitenkin varmistaa sen, että esiin nostetut ongelmat ovat käytännön työssä todellisia ja niihin puuttuminen voi aidosti parantaa työmaan sujuvuutta. Samalla työ tarjoaa lähtökohdan laajemmalle jatkokehittämiselle esimerkiksi koulutuksen, ohjeistuksen ja suunnitteluprosessien yhtenäistämisen osalta.

## 3 Koneohjaus

Koneohjaus on teknologia, joka parantaa maanrakennusprosessien tehokkuutta, tarkkuutta, turvallisuutta ja tuottavuutta. Se opastaa koneenkuljettajaa saavuttamaan tavoitetason nopeasti ja tarkasti, mikä vähentää työaikaa huomattavasti. Lisäksi se parantaa työturvallisuutta, koska kuljettajan ei tarvitse poistua ohjaamosta eikä mittaajan tai perähenkilön tarvitse liikkua välittömässä läheisyydessä kaivannossa.

Koneohjausjärjestelmät eivät toimi pelkästään koneen fyysisen ohjauksen varassa, vaan ne vaativat toimiakseen monipuolisia ja kehittyneitä ohjelmistoja. Nämä ohjelmistot ovat keskeisessä roolissa erityisesti mittaus- ja suunnittelutiedon hallinnassa, tiedon siirtämisessä koneille sekä työmaan valvonnassa ja koordinoinnissa. Koneohjauksen sovellukset sisältävät esimerkiksi 3D-mallinnusohjelmia, tiedonsiirtoalustoja ja reaaliaikaista seuranta mahdollistavia työkaluja. Koneohjauksen sovelluksilla voidaan käsitellä suuria määriä mittausdataa ja luoda tarkkoja digitaalisia malleja, jotka ohjaavat koneita työmaalla. Sovellusten avulla voidaan myös päivittää suunnitelmia ja valvoa työn edistymistä reaaliajassa. Lisäksi sovellukset tukevat erilaisia tiedostomuotoja ja integraatioita, mikä helpottaa eri järjestelmien välistä yhteensopivuutta. Opinnäytetyön tilaajan koneohjauksessa käyttämät ohjelmistot ovat Novatronin kehittämät ratkaisut sekä laajasti käytetty 3D-Win-ohjelmisto. Näillä ohjelmilla voidaan luoda ja muokata tarkkoja 3D-malleja, joita koneohjausjärjestelmät käyttävät työmaalla. (Mitä on koneohjaus?)

## 4 Novatron

Novatron on suomalainen yritys, joka on erikoistunut koneohjausjärjestelmien ja maanrakennuksen digitalisointiratkaisujen kehittämiseen. Yritys on toiminut alalla jo vuosikymmeniä ja on vakiinnuttanut asemansa yhtenä johtavista koneohjausjärjestelmien toimittajista Suomessa ja kansainvälisesti. Novatronin tarjoamat järjestelmät mahdollistavat maanrakennus- ja infraprojektien tarkemman ja tehokkaamman toteutuksen hyödyntämällä satelliittipaikannusta, digitaalisia 3D-malleja ja reaaliaikaista datansiirtoa. Novatronin koneohjausjärjestelmät koostuvat useista komponenteista, kuten ohjausyksiköstä, paikannuslaitteista, antureista ja ohjelmistoista, jotka integroituvat saumattomasti toisiinsa. Ohjausyksikkö on kuljettajan käyttöliittymä, joka näyttää työmaan suunnitelmat ja ohjaa konetta ennalta määriteltyjen 3D-mallien mukaisesti. Järjestelmä hyödyntää tarkkaa GNSS-paikannusta, joka mahdollistaa koneen ja työvälineiden sijainnin määrittämisen senttimetritarkkuudella. Lisäksi järjestelmään voidaan liittää kaltevuus- ja kallistusanturit, jotka mahdollistavat entistä tarkemman maanmuokkauksen ja kaivuutyön. Novatronin ratkaisut ovat tunnettuja niiden avoimuudesta ja yhteensopivuudesta eri konevalmistajien laitteiden kanssa. Avoin järjestelmä mahdollistaa tiedon sujuvan siirron eri ohjelmistojen ja työmaan eri toimijoiden välillä. Tämä parantaa projektinhallintaa, vähentää virheitä ja nopeuttaa päätöksentekoa. Lisäksi Novatron tarjoaa pilvipohjaisia ratkaisuja, joiden avulla suunnitelmat ja mittauksien tiedot voidaan jakaa reaaliajassa eri työmaiden ja toimijoiden välillä. Novatronin järjestelmät tukevat sekä

2D- että 3D-malleja, joiden avulla työmaiden tarkkuus ja tehokkuus voidaan maksimoida. 2D-järjestelmät ovat hyödyllisiä yksinkertaisemmissa projekteissa, kuten peruskaivuutöissä, kun taas 3D-mallit mahdollistavat monimutkaisempien rakenteiden, kuten tierakenteiden, siltarakenteiden ja pohjatöiden, tarkan toteutuksen. 3D-mallien käyttö vähentää työmaalla tehtävien manuaalisten mittausten tarvetta ja minimoi materiaalihukan. Novatron panostaa voimakkaasti jatkuvaan kehitykseen ja koulutukseen. Yritys tarjoaa asiakkailleen kattavia koulutuspalveluita, joiden avulla käyttäjät voivat hyödyntää järjestelmien täyden potentiaalin. Novatron myös kehittää aktiivisesti uusia ohjelmistoja ja laitteistoratkaisuja vastaamaan alan kasvavia vaatimuksia. (Novatron 2024)

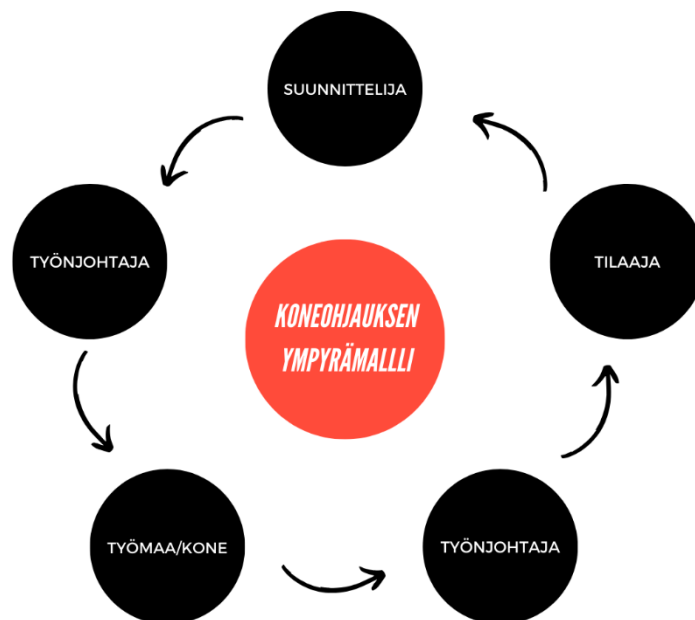
## 5 3D-win

3D-Win on monipuolinen maanmittauksen ja infrarakentamisen ohjelmisto, joka on suunniteltu mittausdatan käsittelyyn, analysointiin ja visualisointiin. Ohjelmisto on laajasti käytössä suomalaisessa infra- ja maanrakennussektorissa, ja se tarjoaa käyttäjilleen kattavat työkalut tarkkojen mittausten ja suunnitelmien hallintaan. 3D-Winin avulla voidaan käsitellä eri tietolähteistä saatua mittausdataa, kuten laserkeilauksia, GPS-mittauksia ja takymetrimittauksia, ja muuntaa ne käytännöllisiksi 3D-malleiksi, joita voidaan hyödyntää sekä suunnittelussa että koneohjauksessa. Ohjelmiston avulla käyttäjät voivat suorittaa erilaisia laskentoja ja analyyskejä, kuten tilavuuslaskentaa, pintamallien luontia ja korkeusprofiilien tarkastelua. Nämä työkalut ovat erityisen tärkeitä infrarakentamisen projekteissa, joissa tarvitaan tarkkaa tietoa maaperän muotojen ja materiaalmäärien suunnitteluun. 3D-Win mahdollistaa myös erilaisten topografisten mallien luomisen, joiden avulla voidaan arvioida esimerkiksi veden valumissuuntia ja maaston muotoja ennen rakennustöiden aloittamista. Yksi 3D-Winin suurimmista eduista on sen yhteensopivuus useiden eri tiedostomuotojen kanssa. Ohjelmisto tukee muun muassa LandXML-, DXF- ja DWG-tiedostoja, joiden avulla suunnitelmia voidaan siirtää helposti eri järjestelmien välillä. Tämä tekee siitä joustavan työkalun, joka voidaan integroida osaksi monimutkaisempia suunnittelujärjestelmiä ja koneohjausratkaisuja. 3D-Winin käyttöliittymä on suunniteltu käyttäjäystävälliseksi, ja se tarjoaa laajan valikoiman visualisointityökaluja, joiden avulla käyttäjä voi hahmottaa mittaus- ja suunnittelutietoa kolmiulotteisesti. Tämä helpottaa suunnittelupäätösten tekemistä ja parantaa työn tarkkuutta työmaalla. Käyttäjät voivat esimerkiksi tarkastella suunnitelmia eri näkökulmista, muokata malleja lennosta ja vertailla eri suunnitelmaversioita keskenään. Ohjelmistoa käytetään erityisesti tie- ja katuverkoston rakentamisessa, vesihuoltohankkeissa sekä suurissa infraprojekteissa, joissa vaaditaan tarkkaa suunnittelua ja mittausdataa. Lisäksi 3D-Winiä käytetään paljon maanmittauksen eri

osa-alueilla, kuten kiinteistönmuodostuksessa ja kaavoituksessa. Ohjelmiston jatkuva kehitys on tärkeä osa sen suosiota, ja sen valmistaja julkaisee säännöllisesti päivityksiä, jotka parantavat sen toiminnallisuutta ja lisäävät uusia ominaisuuksia. Lisäksi 3D-Win tukee uusimpia paikannus- ja mittausteknologioita, mikä varmistaa sen ajantasaisuuden ja toimivuuden tulevaisuuden tarpeisiin. Kaiken kaikkiaan 3D-Win on olennainen työkalu modernille maanmittaus- ja infrarakennus- alalle. Sen monipuoliset ominaisuudet ja laaja yhteensopivuus eri järjestelmien kanssa tekevät siitä tehokkaan ratkaisun mittaus- ja suunnittelutiedon hallintaan. (3D-Win-paikkatiedon monitoimityökalu)

## 6 Ympyrämalliajattelu

Koneohjaus on nykyajan maanrakennuksen keskeinen osa, jossa tarkat digitaaliset mallit varmistavat tehokkaan työmaan toiminnan. Alla olevassa kuvassa esitetty kuvitteellinen koneohjauksen ympyrämalli havainnollistaa, miten tieto kulkee eri toimijoiden välillä koko hankkeen elinkaaren ajan. Malli kuvaa prosessin jatkuvaa kehää, jossa suunnitelmat, toteutus ja luovutusaineisto muodostavat toisiaan täydentävän kiertokulun.



Kuvio 1 Kuvitteellinen ympyrämalli koneohjauksessa käytettävien suunnitelmien kiertokulun hahmottamiseksi.

Koneohjausprosessin lähtökohta on suunnitteluvaihe, jossa suunnittelija luo pohjan, jota pystytään hyödyntämään koneohjausmalleina. Näissä malleissa huomioidaan maaston muoto, rakennettavat rakenteet ja työmaan erityisvaatimukset. Suunnittelijan tuottaman tiedon tarkkuus on ratkaisevaa, sillä virheet suunnitteluvaiheessa voivat aiheuttaa merkittäviä ongelmia myöhemässä toteutusvaiheessa. Tilaaja vastaanottaa suunnitelmat ja hyväksyy ne ennen siirtämistä työmaalle. Tilaaja voi olla julkinen taho, rakennusliike tai muu organisaatio, joka vastaa hankkeen toteutuksesta ja laadunvarmistuksesta. Suunnitelmien tulee vastata tilaajan vaatimuksia, ja mahdolliset puutteet tai epäselvyydet ratkaistaan ennen kuin aineisto siirtyy seuraavaan vaiheeseen. Työnjohtajan rooli on varmistaa, että suunnitelmat, joista koneohjausmallit luodaan ovat käyttökelpoisia ja että työmaa pystyy hyödyntämään niitä tehokkaasti. Työnjohtaja tarkistaa mallien yhteensopivuuden työmaan laitteistojen kanssa ja huolehtii, että työntekijät ymmärtävät niiden käytön. Jos suunnitelmissa ilmenee virheitä tai epäselvyyksiä, työnjohtaja toimii yhteyshenkilönä mallien mahdollisten tekijän tai suunnittelijan välillä.

Työmaalla havaitut poikkeamat, muutokset ja tarkennukset raportoidaan takaisin työnjohtajalle ja suunnittelijalle. Tämä takaa, että lopullinen toteutus vastaa suunnitelmia ja että mahdolliset ongelmat voidaan ratkaista ennen hankkeen valmistumista. Kerätty toteumatieto tallennetaan ja siirretään lopulta tilaajalle luovutusaineistona, mikä mahdollistaa tietojen hyödyntämisen tulevaisissa hankkeissa. Koneohjauksen ympyrämalli korostaa, että prosessi ei ole lineaarinen vaan jatkuva kierto, jossa jokainen vaihe vaikuttaa seuraavaan. Kun tieto liikkuu tehokkaasti eri toimijoiden välillä, työmaiden laatu paranee, kustannukset pysyvät hallinnassa ja projektien aikataulut lyhenevät. Tulevaisuudessa yhä kehittyneemmät koneohjausjärjestelmät ja automaatiot voivat tehostaa prosessia entisestään, jolloin koneohjausmallien merkitys vain kasvaa.

## **6.1 Malli ja sisältö**

Koneohjausmalli tarkoittaa tyypillisesti pintamallia tai viiva-aineistoa, jota kaivinkoneenkuljettaja voi seurata koneessa olevalta näyttöpäätteeltään. Näitä malleja on monenlaisia, ja ne voidaan laatia eri käyttötarkoituksiin. Mallien laajuus voi vaihdella yksittäisen kaivannon esittämisestä aina koko työmaan kattaviin kokonaisuuksiin.

Mallien luominen on yleensä maanmittausalan asiantuntijoiden vastuulla, ja niiden tuottamiseen käytetään alan ohjelmistoja, kuten 3D-Win ja AutoCAD. Koneohjausmallit voidaan luoda monenlaisista lähtötiedoista, kuten tiegeometrioista, poikki- ja pituusleikkauskuvista, kartoitusaineistosta sekä suunnitelmakuvista. Nämä lähtötiedot voivat olla joko digitaalisessa muodossa tai perinteisinä paperidokumentteina. Koneohjausmallit tulisi luoda aina projektin todellisiin koordinaatteihin. Mallien tarkka sijainti varmistetaan hyödyntämällä työmaan asemapiirustusta tai tontinkäyttösuunnitelmaa. Rakennuskohteissa sijainnin täsmällinen kohdistaminen voidaan tehdä esimerkiksi tontin rajapyykkien ja niiden määritettyjen koordinaattien avulla. (Kärnä 2021, 14.) Malli toteutetaan yhdistelemällä taso- ja poikkileikkauskuvien sisältöä lisäämällä suunnitelmien mukaisille tiedoille x-, y- ja z-koordinaatit (Koneohjausmalli 2025).

## 6.2 Mallien siirto työmaalle

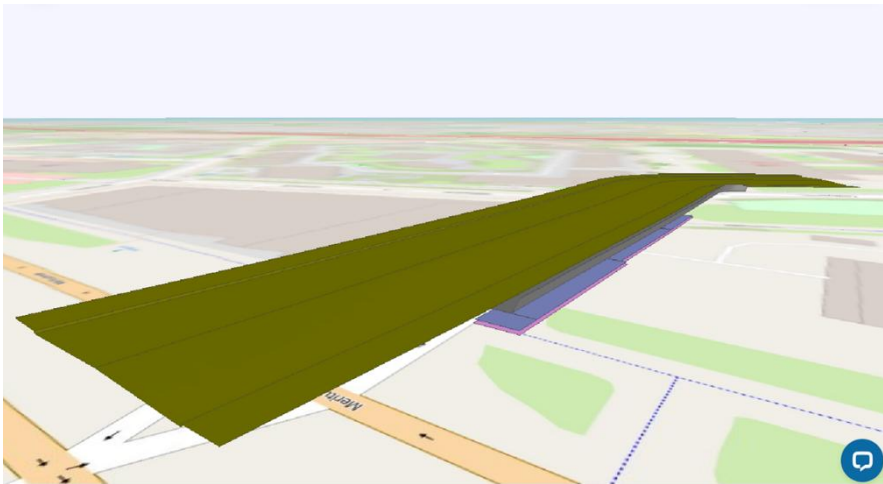
Malli pystytään siirtämään työkoneelle näkyviin manuaalisella tai langattomalla tavalla. Manuaalisessa tavassa aineisto tallennetaan muistitikulle, josta viemällä koneessa olevan näyttöpäätteen USB-porttiin saadaan aineisto ladattua koneen järjestelmään. Langattoman tiedonsiirron avulla tiedostot ja suunnitelmat voidaan siirtää suoraan internetin kautta tai hyödyntää palvelun tarjoajan pilvipalvelua. Kyseinen menetelmä mahdollistaa kuljettajan keräämän toteumatiedon reaaliaikaisen lähettämisen työnjohdolle, joka helpottaa mahdollista loppuaineiston keräämistä ja myös tilannetiedon seuranta. Langattomassa tiedonsiirrossa on etuna se, että kaikki osapuolet saavat haltuunsa ajantasaisen suunnitelmaversioon, joka on erityisen hyödyllistä hankkeissa missä suunnitelmat muuttuvat usein. (Novatron, 2024)



Kuvio 2 Havainnekuva mallista koneen näyttöpäätteellä.

### 6.3 Koneiden käyttö ja tiedon hyödyntäminen työmaalla

Kaivutason ja sijainnin tiedot esitetään kuljettajalle reaaliaikaisesti koneohjausjärjestelmän näytöllä. Näytöltä voidaan tarpeen mukaan piilottaa ylimääräiset kaivuutasot, jolloin näkyviin jäävät vain kyseisessä työvaiheessa tarvittavat pinnat ja pisteet. Tarkemmittauksia eri korkoasemista voidaan suorittaa kaivinkoneella viemällä kauhanhuulen keskipiste haluttuun kohtaan ja tallentamalla sen koordinaatit järjestelmään. Mittaustulokset voidaan siirtää välittömästi palvelimelle internettyhteyden kautta. (Nieminen 2011, 36.)



Kuvio 3 Havainnekuva malleista eri tasoilla.

Oheisessa kuvassa järjestyksessä alhaalta ylöspäin:

- Kaivuutaso (punainen)
- Paalulaatan alapinta (sininen)
- Alin yhdistelmäpinta (vihreä)

### 6.4 Luovutusaineiston dokumentointi

Koneohjausjärjestelmän avulla voidaan tallentaa toteumatietoa valmiista rakenteesta. Toteumapisteiden ottaminen korkeusasemista ja linjauksista tukee työn laadunvarmistusta ja mahdollistaa esimerkiksi toteutuneiden määrien laskennan urakoissa. Pisteiden ottaminen riittävässä määrin ja oikeista kohdista on tärkeää. (Toteumamalli 131, 2021)

Myös maan alle jäävistä rakenteista, kuten putkista ja kaapeleista, voidaan tallentaa toteumapisteitä, jolloin erillistä mittausta ennen rakenteiden peittämistä ei välttämättä tarvita. Vaikka lähtökohta on noudattaa suunnitelmia, syystä tai toisesta ne usein saattavat muuttua. Pisteiden ottamisella päästään nopeasti käsiksi toteutuneeseen rakenteeseen ja pystytään vertailemaan toteumaa alkuperäiseen suunnitelmaan. Tämä nopeuttaa ja tehostaa työskentelyä niin työmaalla kuin suunnittelijoiden ja tilaajan kanssa asioidessakin. On kuitenkin hyvä huomioida, että kaikilla työmailla koneohjauksella tallennettuja toteumapisteitä ei hyväksytä tarketiedoiksi, joten asia kannattaa varmistaa tilaajalta etukäteen.

Aineisto voidaan luovuttaa esim DWG, LandXML tai pdf muodossa eteenpäin. Yksi yleisimmistä luovutusmuodoista on CAD-pohjaiset tiedostot, joita käytetään suunnitelmien ja toteumamallien esittämiseen. DWG- ja DXF-tiedostot ovat AutoCAD-ohjelmiston tukemia formaatteja, joihin voidaan tallentaa toteutunut maastonmuoto, rakenteiden sijainnit sekä korkeusasemat. LandXML-tiedostot ovat erityisen hyödyllisiä, sillä ne sisältävät tarkkaa tietoa maastomalleista, linjauksista ja korkeuskäyristä. Tämä formaatti on laajasti käytössä koneohjauksessa ja tietomallipohjaisessa suunnittelussa. Toimeksiantajarytyksessä huolellisesti tuotettu luovutusaineisto on ollut hyödyksi erityisesti tilanteissa, joissa on jouduttu palaamaan työmaan toteutukseen pitkän ajan jälkeen.

## **7 Esimerkkejä esiin tulleista tapauksista**

Työmaalle toimitetaan suunnittelijan laatima DXF-suunnitelmatiedosto, jota on tarkoitus käyttää koneohjausjärjestelmässä maanrakennustyön ohjaamiseen. Tämä voi olla alkuperäinen suunnittelijan laatima versio tai työmaalla muokattu versio, johon on tehty paikallisia tarkennuksia. Suunnitelmassa määritellään muun muassa kaivantojen ja täyttöjen tarkat sijainnit ja korkeudet. Mikäli suunnitelma on laadittu puutteellisesti tai virheellisesti, seurauksena voi olla merkittäviä virheitä, jotka vaikuttavat työn tarkkuuteen, laatuun ja kustannuksiin.

Yksi yleisimmistä virheistä on korkeustietojen epätarkkuus tai virheellisyys. Mikäli suunnitelmassa on käytetty väärää geoidimallia, GPS:n tuottamat ellipsoidiset korkeudet eivät vastaa ortometrisia korkeuksia. Esimerkiksi, jos suunnitelmassa on hyödynnetty FIN2005N00-mallia, mutta työmaalla pitäisi käyttää FIN2023N2000-mallia, korkeuserot voivat olla jopa useita senttimetrejä (Maanmittauslaitos 2024). Tämä voi johtaa esimerkiksi liian syviin tai mataliin kaivantoihin, jotka vaikuttavat esimerkiksi kaapelien tai putkien oikeaan asentoon ja peittokerroksiin.

Toinen yleinen ongelma on koordinaattijärjestelmien yhteensopivuus. Mikäli suunnitelma on laadittu ETRS-GK25-koordinaatistossa, mutta koneohjausjärjestelmä noudattaa esim. vanhaa KKK-koordinaatistoa, voi seurauksena olla, että koneet kaivavat tai täyttävät maata väärään paikkaan. Tämä voi johtaa vakaviin rakennusvirheisiin, kuten kuivatusrakenteiden epäonnistumiseen. Myös rakennekerrosten puutteet voivat aiheuttaa ongelmia. Esimerkiksi, jos tien rakennekerroksista puuttuu yksi suunnitelmassa määritellyistä kerroksista tai paksuudet on ilmoitettu väärin, lopputulos voi olla käyttökelvoton tai alttiimpi vaurioille.

Lisäksi on huomioitava, että suunnitelmissa saatetaan käyttää väärää korkeusjärjestelmää, esimerkiksi N60:n sijasta N2000:ta tai päinvastoin. N60-järjestelmä perustuu vanhempaan korkeuskiintopisteverkkoon, kun taas N2000 on tarkempi ja perustuu modernimpaan mittausmenetelmään. Näiden järjestelmien ero voi johtaa jopa useiden senttimetrien korkeuseroihin, mikä vaikuttaa merkittävästi maanrakennustöiden tarkkuuteen (Siimekselä 2021, 13-14). Tämän seurauksena voi olla huomattavia korkeuseroja, jotka aiheuttavat väärää tasauksia ja kaatoja. Esimerkiksi, jos katu- ja kaadot eivät ole oikea suuntaisia, sadevesi voi ohjautua väärään paikkaan, mikä voi aiheuttaa vaurioita rakenteille tai jopa tulvia. Samoin, jos tietomallista puuttuvat kriittiset elementit, kuten kuivatusrakenteet, lopputulos ei välttämättä toimi oikein.

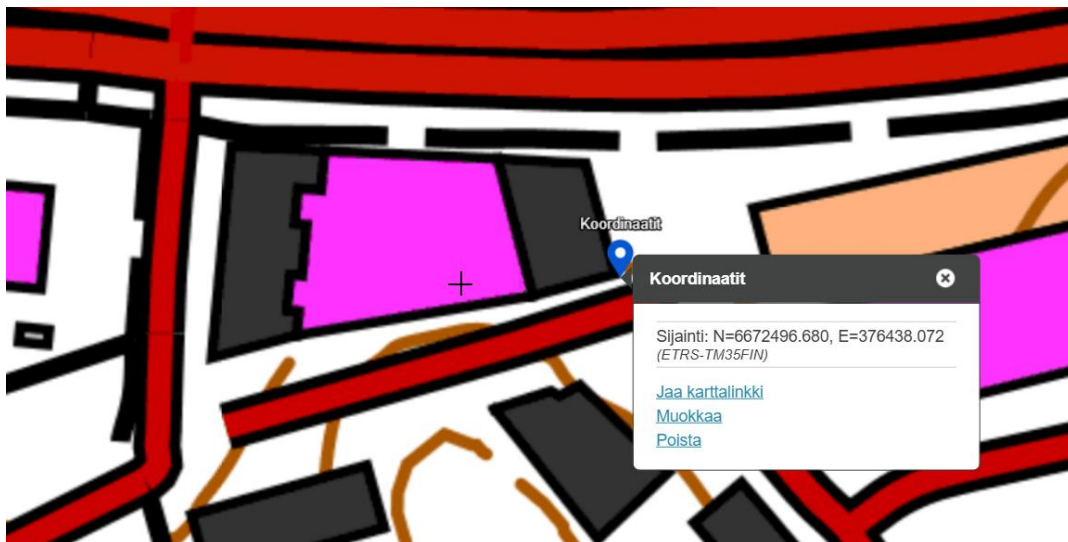
Virheiden välttämiseksi on tärkeää varmistaa, että suunnitelma on laadittu oikeassa koordinaattijärjestelmässä ja että geoidimalli vastaa työmaan vaatimuksia. Ennen koneohjauksen hyödyntämistä tulisi suorittaa testimittauksia, joissa varmistetaan, että suunnitelma ja todellisuus vastaavat toisiaan. On myös suositeltavaa pitää suunnittelijoiden ja työmaan henkilöstön välinen yhteys tiiviinä ongelmien eteen tullessa, jotta mahdolliset epäselvyydet voidaan selvittää ennen toteutusta. Oikeilla toimenpiteillä voidaan välttää merkittäviä lisäkustannuksia ja aikatauluviivästyksiä. Esimerkiksi, työmaan mittausryhmä voi verrata suunnitelman korkeusarvoja GNSS-mittauksiin ennen toteutusta, jolloin mahdolliset virheet havaitaan ajoissa. Lisäksi oikean geoidimallin varmistaminen ennen suunnitelmien vientiä koneen palvelimelle estää jo etukäteen suurempien virheiden tapahtumista. Suunnitteluvaiheessa voidaan myös käyttää automaattisia tarkistusohjelmia, jotka havaitsevat epä johdonmukaisuuksia korkeusjärjestelmissä ja rakenteiden sijoittelussa, vähentäen näin inhimillisten virheiden riskiä.

## 7.1 Sijaintitieto koordinaatit hukassa

Kun suunnittelumalli toimitetaan DXF-muodossa ilman asianmukaista sijaintitietoa esimerkiksi koordinaatit puuttuvat tai malli ei ole oikeassa paikassa, voi seurauksena olla merkittäviä haasteita koneohjauksen kannalta. Tyypillisesti tällainen malli on piirretty paikalliseen koordinaatistoon tai origo on asetettu satunnaisesti suunnitteluohjelmassa, jolloin mallin paikka ei vastaa todellista maailmaa.

Koneohjausjärjestelmät tarvitsevat mallin, joka sijaitsee oikeassa koordinaatistossa (esimerkiksi ETRS-GK-koordinaateissa), jotta koneet osaavat hahmottaa oman sijaintinsa suhteessa suunnitelmaan. Jos DXF-tiedosto ei sisällä tätä tietoa tai se on väärin asetettu, malli ei aukea oikein koneessa tai se näkyy täysin väärässä paikassa. Tämä johtaa tilanteeseen, jossa koneen käyttäjä ei voi hyödyntää mallia työn ohjauksessa. Pahimmillaan työt viivästyvät tai joudutaan turvautumaan manuaaliseen mittaukseen ja merkintään.

Lisäksi työnjohtajan voi olla vaikea huomata puuttuvaa sijaintitietoa ajoissa, jos hänellä ei ole kokemusta tarkistaa koordinaattijärjestelmän oikeellisuutta tai vertailla sitä muihin aineistoihin, kuten mittauspisteisiin tai taustakarttoihin. Näin yksinkertainen virhe voi aiheuttaa turhaa säätöä ja kuormittaa sekä työmaan että suunnittelun resursseja



Kuvio 4 Karkea esimerkki, jossa karttapalvelusta haetaan esim rakennuksen nurkkakoordinaatit, jotta malli pystytään asettamaan työmaalla oikeaan sijaintiin.

## 7.2 Merkatut kohdistuspisteet taustakartassa

Ajoittain saatuihin suunnitelmiin ei ole merkattu kohdistuspisteitä. Taustakartan kohdistuspisteet tarkoittavat pisteitä, joiden avulla kartta saadaan sijoitettua oikeaan paikkaan koordinaattijärjestelmässä. Pisteet varmistavat taustakartan vastaavan todellista sijaintia, jolloin koneohjausjärjestelmä voi näyttää sijainnin ja joissain tapauksissa korkeuden oikein.

Mikäli DXF-suunnitelmassa ei ole kohdistuspisteitä, mallia ei voida luotettavasti sijoittaa todelliseen maailmaan, jolloin syntyy epävarmuutta siitä, mihin suunnitelma tarkalleen sijoittuu. Tämä johtaa usein tarpeeseen tehdä manuaalisia mittauksia ja kohdistuksia työmaalla, joka on verrattain hidasta. Erityisesti mallia käsitteleville työnjohtajille tämä voi aiheuttaa haasteita, mikäli ei huomata kohdistuspisteiden puuttumista ajoissa tai ei tiedetä, miten malli pitäisi kalibroida paikalleen.

## 7.3 Geoidimallin käyttäminen

Satunnaisissa suunnitelmissa on havaittu eri geoidimallin käyttöä. Väärän geoidimallin käyttäminen johtaa siihen, että korkeusasemat poikkeavat todellisista arvoista. Kaikissa suunnitelmissa tätä ei ole huomioitu/merkattu näkyviin.

Jos DXF-suunnitelmassa oleva korkeusasematieto ei ole yhteensopiva käytettävän geoidimallin kanssa, seurauksena voi olla merkittäviä virheitä. Korkeuspoikkeamat voivat olla useita kymmeniä senttejä, mikä on kriittistä erityisesti maanrakennustöissä, joissa esimerkiksi kaivantojen tai tasosten tarkkuusvaatimukset ovat usein alle 5 cm.

Koneohjausjärjestelmä ei osaa tulkita mallia oikein, jos korkeus perustuu väärään korkeusjärjestelmään, eikä mallin ja koneen GPS-järjestelmän välillä ole yhteistä viitepintaa. Työmaan toiminta hidastuu, koska korkeusvirheet joudutaan korjaamaan manuaalisesti mittauksilla tai työn eteneminen pysähtyy virheen syyn selvittämiseen. Luovutusaineistossa väärä korkeusdata voi johtaa siihen, että työ ei täytä suunnittelustandardeja tai tilaajan vaatimuksia, mikä voi vaikuttaa esimerkiksi urakan hyväksymiseen tai laadunvarmistukseen.

## 8 Tulokset

Opinnäytetyön tarkastelu paljastaa, että koneohjauksen hyödyntäminen ei ole pelkästään tekninen suoritus, vaan monitasoinen prosessi, jossa jokaisella toimijalla on oma, kriittinen roolinsa. Vaikka käytössä olevat järjestelmät ja ohjelmistot ovat kehittyneet huomattavasti, koneohjauksen onnistunut hyödyntäminen työmaalla riippuu edelleen vahvasti ihmisten osaamisesta, ennakkoinnista ja roolituksen selkeydestä.

Koneohjausprosessin eri vaiheiden analysointi osoitti, että mallit kulkevat suunnittelijalta työmaalle pääosin suunnitellusti, mutta prosessi ei ole saumaton. Esiin nousi kohtia, joissa tieto joko vääristyy, hukkuu tai vaatii korjausta ennen käyttöä. Vaikka tekninen mallinnus olisi sinänsä oikeanlainen, sen hyödyntäminen käytännössä voi epäonnistua, jos mallin sisältö ei suoraan kohtaa työmaan tarpeita.

Eriyisen kriittiseksi vaiheeksi osoittautui mallien viimeistely ja tarkistus ennen siirtoa koneelle. Usein tiedostoon on jäänyt elementtejä, joita koneen tulisi tulkita muttei sen suuren kuormituksen takia pysty. Toimeksiantajayrityksen työnjohto joutuu tällöin tekemään tulkintaa tai jopa uudelleenkäsittelemään mallin, mikä aiheuttaa ajanhukkaa ja lisää virhemahdollisuuksia. Tämä kertoo siitä, että mallit eivät ole välttämättä "konevalmiita", vaikka ne teknisesti olisivat käyttökelpoisia. Yksi keskeinen havainto oli, että työnjohdon ja suunnittelun välinen vastuunjako ei ole aina selkeä. Suunnittelija olettaa usein mallin olevan valmis sellaisenaan, kun taas työnjohto näkee työnsä alkavan siitä, missä suunnittelijan rooli päättyy. Käytännössä tämä johtaa tilanteisiin, joissa oletusten varassa siirretään malleja eteenpäin ilman tarkkaa varmistusta siitä, että kaikki tarvittavat tiedot ovat mukana tai että ne ovat oikein.

Tämä näkyy erityisesti aloittelevan työnjohtajan tekemisessä. Järjestelmiä on totuttu käyttämään, mutta epävarmuus kasvaa, kun vastaan tulevat virheet vaativat syvempää teknistä ymmärrystä, johon ei välttämättä ole vielä kokemuksen tuomaa varmuutta. Tällöin mallien virheiden syyt jäävät helposti havaitsematta tai ne tulkitaan väärin, mikä voi johtaa epämääräisiin selkkauksiin työmaalla tai tarpeettomiin yhteydenottoihin suunnitteluun.

Mielenkiintoinen havainto liittyy tiedon muotoon ja siihen, miten mallit muuttuvat eri vaiheissa. Työmaalla tarvittava tieto ei ole aina identtinen sen kanssa, mitä suunnittelussa tuotetaan. Tämä asettaa koneohjaukselle erityisiä haasteita. Mallien täytyy olla sekä tarkkoja että helposti muokattavia. Toisaalta tämä vaatii teknisesti osaavaa työnjohtoa, mutta myös järjestelmien välistä yhteensopivuutta. Usein tämä jää kuitenkin saavuttamatta, jolloin työmaa joutuu toimimaan kompromissein joko käyttäen vajavaista mallia tai turvautumaan manuaalisiin ratkaisuihin.

Yksi kiinnostavimmista teemoista liittyy siihen, kuinka paljon työmaalla luotetaan koneohjausjärjestelmän antamaan tietoon. Luottamus ei muodostu pelkästään järjestelmän tarkkuudesta vaan siitä, kuinka hyvin käyttäjä ymmärtää mallin alkuperän ja tiedon kulun. Jos malli on toimitettu ilman kontekstietoa esimerkiksi ilman tietoa käytetystä koordinaatistosta aiheuttaa se paljon epävarmuutta.

Työnjohdolla on tässä ratkaiseva rooli. Heidän kykynsä tulkita mallia ja sen alkuperää vaikuttaa suoraan siihen, miten työmaalla pystytään malleja hyödyntämään. Kun mallit ovat selkeitä ja dokumentaatio kunnossa, syntyy tehokas kokonaisuus työmaan maaliin saattamiseksi. Mikäli tästä tingitään saattaa työmaan tehokkuus kärsiä. Toki täysin ei pidä unohtaa työmaahenkilöstön ammattipätevyyttä ja ongelmaratkaisukykyä, mikäli malleja ei ole saatavilla. Toimeksiantajayrityksen monet pienemmät työmaat saatetaan tehokkaasti maaliin ilman koneohjauksen suomia apuja.

## 9 Pohdinta

Koneohjaus on muuttanut merkittävästi maanrakennustyömaiden toimintamalleja, erityisesti suunnitelmatiedon käsittelyssä ja hyödyntämisessä. Perinteisesti työmaan toteutus perustui yksittäisiin suunnitelma-aineistoihin, joiden käytettävyys ja ajantasaisuus saattoivat vaihdella. Tiedonkulku suunnittelijan, työnjohdon ja työmaan välillä oli usein yksisuuntaista ja katkonaista. Tämä vaikeutti suunnitelmien tulkintaa ja johti helposti tilanteisiin, joissa toteutus ei vastannut alkuperäistä suunnitelmaa.

Koneohjaus tuo rakenteellisen muutoksen tähän ketjuun, kun suunnitelma-aineisto muuntuu digitaaliseksi malliksi, jota voidaan käyttää suoraan työkoneissa. Erityisen merkittäväksi nousee niin sanottu "ympyrämalli", jossa suunnitelmat liikkuvat prosessinomaisesti suunnittelijalta työnjohtajalle, ja edelleen työmaalle. Työmaalla tapahtuva toteutus tuottaa toteumatietoa, joka palautuu takaisin työnjohtajalle ja lopulta tilaajalle osaksi luovutusaineistoa.

Tämä prosessi muodostaa jatkuvan kierron, jossa jokainen osapuoli toimii vuorollaan sekä tiedon vastaanottajana että tuottajana. Työnjohdon rooli yrityksessä tässä ketjussa on keskeinen. Työnjohtaja toimii suunnitelmien teknisenä tarkastajana ja käytännön soveltajana, joka varmistaa aineiston yhteensopivuuden työmaan kaluston ja ohjelmistojen kanssa. Mahdolliset suunnitelmissa esiintyvät virheet, kuten virheelliset koordinaattijärjestelmät tai geoidimallit, havaitaan usein juuri työnjohtovaiheessa ennen mallien siirtoa koneille. Koneohjauksen hyödyntäminen edellyttää siten työnjohdolta riittävää osaamista ja valmiuksia toimia linkkinä suunnittelun ja toteutuksen välillä. Rooli on muuttunut suunnitelmien välittäjästä aktiiviseksi tiedonhallinnan asiantuntijaksi. On osattava tulkita suunnitelmien alkuperää, varmistaa mallien yhteensopivuus ja reagoida nopeasti mahdollisiin poikkeamiin.

Koneohjaus mahdollistaa myös toteumatiedon keräämisen suoraan työmaalta. Näin laadunvarmistuksen tueksi saadaan aineistoa, joka voidaan toimittaa tilaajalle osana luovutusvaihetta. Toteumatiedon avulla voidaan todentaa toteutuksen vastanneen suunnitelmaa ja havaita mahdolliset poikkeamat. Tämä parantaa jälkikäteen tehtävää analysointia ja antaa tilaajalle mahdollisuuden hyödyntää tietoa tulevissa hankkeissa.

## **9.1 Tulevaisuuden näkymät ja kehitystarpeet**

Opinnäytetyön kirjoittamisen aikana ja jo ennen lähteitä etsiessä nousi selkeästi esiin tarve yhtenäiselle, helposti ymmärrettävälle ohjeistukselle, joka tukee erityisesti aloittelevia työnjohtajia koneohjausprosessin eri vaiheissa. Koneohjauksen hyödyntäminen edellyttää ymmärrystä mallien sisällöstä, tiedostomuodoista sekä suunnitelmien teknisistä vaatimuksista. Selkeä dokumentaatio ja yrityksen sisäiset ohjeet helpottavat työnjohdon työskentelyä sekä varmistavat suunnitelma-aineiston laadun ennen mallien siirtoa työmaalle.

Yhtä lailla toimeksiantajayrityksessä on syytä pohtia, toteutetaanko koneohjausmallit omana työnä vai hankitaanko ne ulkopuolisilta asiantuntijoilta. Ulkoistaminen voi varmistaa mallien laadun ja vähentää virheiden riskiä, mutta samalla osaamisen kehittäminen organisaation sisällä mahdollistaa itsenäisemmän toiminnan tulevissa hankkeissa. Molempiin vaihtoehtoihin sisältyy kustannuksia ja hyötyjä, jotka tulisi arvioida strategisesti.

Koneohjaus ei ole ainoastaan tekninen ratkaisu, vaan se kytkeytyy laajempaan toimintatapojen muutokseen, jossa tiedon hallinta, työn laatu ja prosessien läpinäkyvyys korostuvat. Jatkossa suunnitelmätiedon hallinnan merkitys tulee edelleen kasvamaan, ja koneohjausjärjestelmät tarjoavat tehokkaan alustan tämän tiedon hyödyntämiseen. Ympyrämalli toimii tässä kokonaisuudessa perustana, jonka avulla varmistetaan, että tieto siirtyy saumattomasti kaikille osapuolille ja palaa takaisin mahdollisen jatkuvuuden varmistamiseksi.

## Lähteet

Novatron Oy. n.d. Mitä on koneohjaus?. Viitattu 3.12.2024. <https://novatron.fi/xsite-koneohjaus/3d-koneohjauksen-perusteet/>

Novatron Oy. n.d. Novatron 2024. Viitattu 3.12.2024. <https://novatron.fi/meista/tarinamme/>

3D-Win, n.d. 3D-Win-paikkatiedon monitoimityökalu. Viitattu 3.12.2024. <https://novatron.fi/tuotteet/ohjelmistot/3d-win-paikkatiedon-monitoimityokalu/>

Kärnä, J. 2021. Koneohjauksen hyödyntäminen maanrakennusyrityksessä. Opinnäytetyö, AMK. Savonia ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Viitattu 10.3.2025. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/501363/Karna\\_Juho.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/501363/Karna_Juho.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Koneohjausmalli. 2025. Tuotteet ja palvelut. 3D-Koppi. Viitattu 10.3.2025. <https://www.3dkoppi.fi/koneohjausmalli/>

Koneohjauksen hyödyntäminen pienemmillä työmailla. 2024. Novatron Oy. Viitattu 10.3.2025. <https://novatron.fi/koneohjauksen-hyodyntaminen-pienemmilla-tyomailla/>

Nieminen, J. 2011. Koneohjaus maanrakennustyössä. Opinnäytetyö, AMK. Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta Rakennustekniikka Maa- ja kalliorakentaminen. Viitattu 10.03.2025. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27378/Nieminen\\_Juha-Matti.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27378/Nieminen_Juha-Matti.pdf?sequence=1)

Toteumamalli. 2021. Yleiset Inframallivaatimukset. Building smart Finland Viitattu 10.3.2025. <https://drive.buildingsmart.fi/s/AAELrj83NbrHae2>

Maanmittauslaitos. 2024. Maanmittauslaitos julkaisi uuden geoidimallin, joka tekee satelliittipaikkannuksesta 30 prosenttia tarkempaa. Viitattu 18.03.2025. <https://www.maanmittauslaitos.fi/ajankohtaista/maanmittauslaitos-julkaisi-uuden-geoidimallin-joka-tekee-satelliittipaikkannuksesta-30>

Siimekselä, T. 2021. GNSS-mittalaitteen käyttö työnjohdon työtehtävissä katu- ja viherrakentamisissa. Opinnäytetyö, AMK. Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma. Viitattu 18.03.2025. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/497518/Siimeksel%C3%A4\\_Tero.pdf?isAllowed=y&sequence=2](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/497518/Siimeksel%C3%A4_Tero.pdf?isAllowed=y&sequence=2)