

Joonas Koli

Koneohjausjärjestelmän käyttöönotto maanrakennusyrityksessä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

3.11.2016

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Joonas Koli Koneohjausjärjestelmän käyttöönotto maanrakennusyrityksessä 50 sivua + 1 liitettä 3.11.2016
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Infrarakentaminen
Ohjaaja(t)	Lehtori Mika Räsänen Tekninen johtaja Harri Virtanen
<p>Insinööriyössä tutkittiin koneohjausjärjestelmän käyttöönottoa maanrakennusliikkeessä, sekä ennalta löydettiin vastaukset muutamaan peruskysymykseen, jotka tulevat vastaan siirryttäessä koneohjausjärjestelmän käyttöönottoon. Tällaisia ratkaistavia asioita olivat oikean järjestelmän valinta, tietomallin luonti, sekä korjausdatan hankinta järjestelmälle. Tietoa tutkimukseen saatiin tutkimalla internet-julkaisuja aiheesta, sekä haastattelemalla eri palvelujen tarjoajia, sekä tutustumalla heidän tarjoamaan aineistoon.</p> <p>Koneohjausjärjestelmä on vahvasti nostanut päätään maanrakennusalalla, ja löytyy nykyään varmasti jokaisen alan johtavan yrityksen ainakin osista kaivinkoneista. Menestyville yrityksille alalla kuin alalla on tärkeää pysyä oman alansa kehityksen rattaiden mukana. Koneohjausjärjestelmällä saadaankin kustannussäästöjä laajalti eri osa-alueilta, ja on näin ollen vahva valtti kilpailijoihin nähden.</p> <p>Koneohjausjärjestelmästä saatiin kattavaa tietoa, ja se on työn tuloksena nyt varsin tuttu ja tehokkaasti hyödynnetty järjestelmä yrityksessä. Isoja toimijoita koneohjausjärjestelmien tarjoajien osalla Suomessa on kaksi; Scanlaser sekä Novatron. Ominaisuuksiltaan ja vahvuuksiltaan järjestelmät ovat hyvin tasavertaisia keskenään.</p> <p>Työn lisäksi tilaajalle luovutettiin koulutus suunnitelma koneohjausjärjestelmän koulutuksesta henkilöstölle.</p>	
Avainsanat	Koneohjaus, maanrakennus, kaivinkone, kehittäminen

Author(s) Title	Joonas Koli Commissioning of Excavation Machine Control in Excavation Company
Number of Pages Date	50 pages + 1 appendices 3 November 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Infrastructural Engineering
Instructor(s)	Mika Räsänen, Senior Lecturer Harri Virtanen, Technical Director
<p>This bachelor's study researched the commissioning of an excavator control system in an excavation company. Answers were also found to the main questions regarding the use of the system. The crucial steps were choosing the right system, creation of the BIM and receiving RTK. Information for this research was gathered by searching the internet, interviewing people from excavator control companies, and analyzing the material they produce.</p> <p>The usage of excavator control systems has highly increased in the excavating industry. This system can be found at least in a few excavators of any of the leading excavation companies. It is important for any successful company to keep up-to-date with the development, regardless of the industry. Economic savings are achieved by using the system, which is why the system provides a huge advantage for companies over their competitors.</p> <p>This thesis contains a vast amount of information and knowledge about the system. That is why the system is now well known in the company and is utilized effectively. There are currently two companies providing excavator control systems in Finland: Scanlaser and a Finnish company called Novatron. These two companies are reasonably equal in quality and strength.</p> <p>In addition to this project, a training program for the new control system was created for the company's staff.</p>	
Keywords	Excavation Machine Control, Excavation, Excavator

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Opinnäytetyön tausta	1
1.2	Opinnäytetyön tavoite, tutkimuskysymykset ja rajaus	2
1.3	Tutkimusmenetelmät	3
2	Koneohjaus	4
2.1	Koneohjauksen periaatteet ja toiminta	4
2.2	Koneohjauksen käyttökohteet sekä käyttöhyödyt	8
2.3	Koneohjauksen osat ja niiden toiminta	10
2.3.1	Satelliittivastaanottimet	10
2.3.2	GPS-yksikkö	11
2.3.3	Radio/GSM-vastaanotin	11
2.3.4	Näyttöpäätte	12
2.3.5	Anturit	13
2.4	GPS-mittaus	13
2.4.1	Esimerkki paikanmäärittämisestä	14
2.4.2	Satelliittipaikannuksen virheet	15
2.5	Korjausdata	16
2.5.1	Työmaatukiasema	17
2.5.2	RTK	18
2.5.3	VRS	18
3	Koneohjauksen käyttöönotto ja henkilöstön koulutus	21
4	Tietomallinnus	22
4.1	Tietomallintamisen hyödyt	22
4.2	Koneohjausmallin luominen, case Siuntio	26
4.2.1	Tietomallien siirtäminen koneohjausjärjestelmään	29
4.3	Tietomallintaminen infra-alalla	30
4.3.1	Infra FINBIM	33
5	Järjestelmän hankinta	37
5.1	Vartenotettavat vaihtoehdot	37

5.2	Valittu järjestelmä ja valintaan vaikuttaneet tekijät	38
5.2.1	Scanlaserin vahvuudet	38
5.2.2	Novatronin vahvuudet	38
6	Millä ohjelmalla tietomallinnus kannattaa tehdä vai tulisiko se ulkoistaa	41
7	Mitä kautta korjausdata kannattaisi hankkia	43
7.1	Vaihtoehtojen vertailua	43
8	Päätelmät	45
9	Yhteenveto	47
	Lähteet	48

Sanasto

GLONASS	GLONASSILLA tarkoitetaan Venäjän luomaa satelliittipaikannusjärjestelmää
GNSS	GNSS-laitteistolla tarkoitetaan vastaanottimia, jotka tukevat useampaa satelliittipaikannusjärjestelmää, esimerkiksi vastaanottamalla GPS ja GLONASS signaaleja
GPS	GPS eli Global Positioning Systemillä tarkoitetaan Yhdysvaltojen luomaa satelliittipaikannusjärjestelmää.
GSM	GSM:llä tarkoitetaan matkapuhelinverkkoa, jossa voi lähettää ja vastaanottaa datapuheluita, tekstiviestejä, sekä käyttää pakettidatapalveluita.
RTA	Maarakennusliike Raimo T.A Virtanen Oy.
Inframalli	Yleisesti käytetty kuvaamaan infra-alalla käytettyä tietomallia.
Koneohjausjärjestelmä	Kaivinkoneen ohjausjärjestelmä, joka mahdollistaa kaivinkoneenkuljettajan seuraamaan kauhan liikettä 2- tai 3-ulotteisissa suunnitelmissa
RTK	Real Time Kinematic on paikanmääritysmenetelmä, jossa käytetään kahta vastaanotinta. Toinen on tunnetulla paikalla ja toisella määritetään fyysistä sijaintia.
Takymetri	Takymetrillä tarkoitetaan mittalaitetta, joilla pystytään määrittämään piste kolmiulotteisessa koordinaatistossa maaston, taikka mittaamaan pisteen kolmiulotteiset koordinaatit maastosta.

Tasolaser	Tasolaseri on rakennusalalla käytössä oleva työkalu, johon kuuluu sekä laserlähetin, että laservastaanotin. Tasolaserilla pystytään määrittelemään korkoeroja, sekä kallistuksia.
Tietomalli	Tietomallilla tarkoitetaan rakennuksen koko elinkaaren mitausta digitaalista kokonaisuutta, johon kaikki rakennuksen oleellinen tieto on tallennettuna.
Tietomallinnus	Yksinkertaisimmillaan 2D-suunnitelmien tuomista yhteen kolmiulotteiseen suunnittelumalliin
Toteutumapiste	Toteutumapisteellä tarkoitetaan toteutunutta pistettä esim. maanleikkauksissa. Piste voidaan mitata, joko esim. taky-metrillä tai koneohjausjärjestelmällä varustetulla kaivinkoneella. Tästä pisteestä voidaan laskua suunnitellun ja toteutuneen pisteen erotus.

1 Johdanto

Työ tehdään toimeksiantona Maarakennusliike Raimo T.A. Virtanen Oy:lle, myöhemmin tekstissä RTA. Yritys on Hyvinkäältä käsin toimiva rakennusliike, jonka toimiala on voimakkaasti keskittynyt maanrakennusurakointiin. Yrityksen toimialueena on pääosin Hyvinkään ja Riihimäen seutu sekä lähikunnat, ja myös vahvasti pääkaupunkiseutu. Tärkeimpiä asiakkaita ovat rakennusliikkeet, ja suuri osa RTA:n liikevaihdosta tulee rakennushankkeiden perustus- ja pohjatöistä.

1.1 Opinnäytetyön tausta

Koneohjausjärjestelmä on kaivinkoneeseen asennettava uuden teknologian järjestelmä, jolla pyritään lisäämään työryhmän tehokkuutta ja pienentämään työryhmän resursseja ja vähentämään materiaalihukkaa.

RTA:lla niin kuin monella muulla yrityksellä on tarkoitus pysyä kehityksen mukana ja alansa huipulla. Lisämotivaationa tälle työlle on toiminut yleisesti alalla lisääntynyt keskustelu ja mielenkiinto koneohjausjärjestelmää kohtaan. Koneohjausjärjestelmällä yleisesti mielletään saatavaksi kustannushyötyjä mm. laskevista työresursseista, mittamieskuluista, materiaalikustannuksista, sekä polttoainekuluista. Tästä päädyttiinkin yhteisymmärryksessä siihen tulokseen, että koneohjausta koskeva aihe olisi oiva valinta opinnäytetyölle.

Koneohjausjärjestelmät käyttävät tietomalleja havainnollistaakseen suunnitelmia kaivinkoneenkuljettajalle. Tietomalli on yksinkertaistettuna 3D-suunnitelma perinteisen 2D-suunnitelman sijasta. Valtion rahoittaman Infra FINBIM hankkeen tavoitteena on, että vuoteen 2025 mennessä kaikki suunnitelmat infrapuolella tultaisiin tilaamaan tietomalleina suoraan. Tämän johdosta voidaankin todeta, että koneohjausjärjestelmät ovat tulleet maanrakennusalalle jäädäkseen.

1.2 Opinnäytetyön tavoite, tutkimuskysymykset ja rajaus

Yrityksen toiveena on, että opinnäytetyön kautta saataisiin yritykselle koneohjausjärjestelmän hallitseva henkilö, jolla on tietotaitoa toimia avustavana tahona kaikissa koneohjaukseen liittyvissä asioissa, sekä ratkoa ongelmia liittyen koneohjausjärjestelmään. Työn edetessä RTA:lle on hankittu ja otettu käyttöön ensimmäisen koneohjausjärjestelmä. Tämä työ tulee samoin olemaan oleellinen tuki yritykselle myös uusien kyseiseen teknologiaan liittyvissä hankinnoissa ja käyttöönotoissa.

Edellä mainittujen asiantuntijatehtävien lisäksi ajankohtaiseksi tulee myös muutama pienempi kysymys, johon opinnäytetyön sekä hankinnan ja käyttöönoton yhteydessä tulee löytää vastaus. Nämä kysymykset toimivat myös opinnäytetyötä ohjaavina tutkimuskysymyksinä ja ovat seuraavat:

- Mikä järjestelmä on paras tilaajayritykselle?
- Millä ohjelmalla mallinnus kannattaa tehdä ja mallinnuksen mahdollinen ulkoistus?
- Mitä kautta korjausdata kannattaa hankkia?

Opinnäytetyössä tullaan myös tekemään pieni katsaus tietomallien nykytilanteeseen, sekä suomalaiseen innovaatiotyöryhmään Infra FINBIM:iin. Infra FINBIM on suurilta osin julkisesti rahoitettu työpaketti, jolla pyritään lisäämään tietomallien käyttöä infra-alalla.

Koneohjausjärjestelmästä on olemassa eri koordinaattien mukaan mittaavia järjestelmiä, erilaisia koordinaatteja ovat x, y ja z -akselit. 1D-järjestelmällä, laitteisto mittaa vain z-, eli korkeusakselin mukaan, 2D:ssä laitteisto mittaa korkeuden ja kohtisuoran etäisyyden mukaan haluttuun pisteeseen. Tämä työ on rajattu käsittelemään 3D-järjestelmiä, niiden toiminnallisuutta ja niistä saatuja hyötyjä.

3D-koneohjausjärjestelmiä on saatavilla monenlaisiin erilaisiin infra-alan työkoneisiin, kuten esimerkiksi kaivinkoneisiin, pyöräkuormaajiin taikka puskutraktoreihin. Tässä työssä aihe on rajattu käsittelemään järjestelmän hyödyntämistä kaivinkoneissa, ja kuten aikaisemmin jo mainittu, työmaaolosuhteet on rajattu koskemaan suurempien talotyömaiden maanrakennustöitä.

Vaikka työn tarkoituksena onkin lisätä osaamista koneohjausjärjestelmistä ja työssä puhutaan myös kaivinkonekuljettajien koulutuksesta, niin ei silti työn tarkoitus missään mielessä ole olla kaivinkonekuljettajien käyttökoulutus. Tämä siitä syystä, että koneohjausjärjestelmän tuottaja itse kouluttaa kaivinkonekuljettajat niin perusteellisesti järjestelmän asennuksen yhteydessä, ja toimittaa järjestelmän hankkivalle yritykselle kattavan käyttöoppaan. Tästä syystä koneohjausjärjestelmän käyttö kaivinkoneenkuljettajan näkökulmasta sivuutetaan lähes täysin.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimus tullaan tekemään suurilta osin koneohjausjärjestelmään perehdyttäessä kirjallisuustutkimuksena sekä perehtymällä verkossa julkaistuun aineistoon. Koneohjausjärjestelmän hankintaan sekä muiden tutkimuskysymyksien osalta tullaan peilaamaan yrityksen tarpeita ja palvelujen tarjoajien vaihtoehtoja ja sopivuutta näihin tarpeisiin vertailemalla eri palveluja/tuotteita keskenään löytääkseen sopivimman vaihtoehdon.

2 Koneohjaus

2.1 Koneohjauksen periaatteet ja toiminta

3D-koneohjauksella tarkoitetaan järjestelmää, jossa kaivinkoneenkuljettaja pystyy seuraamaan kaivinkoneen ja kauhan liikettä reaaliajassa suhteessa käytettäviin suunnitelmiin. Kuljettaja seuraa näitä liikkeitä kaivinkoneen hyttiin asennettavasta näyttöpäätteestä. Näyttöpäätteen näkymää on havainnollistettu kuvassa 1.



Kuva 1. Kuvassa on näkymä koneohjausjärjestelmän näyttöpäätteeltä. Vasemmalla ylhäällä punaisella taustalla näkyy, paljonko tarvitsee vielä leikata maata päästäkseen tavoitetasoon suhteessa huulilevyn vasempaan reunaan, oikealla ylhäällä sama tieto suhteessa huulilevyn oikeaan kulmaan. [11]

Seuratakseen kaivinkoneen kauhan liikkeitä näytöltä täytyy olla kolmiulotteinen tietomalli, joka syötetään koneohjausjärjestelmään. Yleisesti suunnitelmat infra-puolella tulevat vielä kaksiulotteisina, joten alkuperäiset suunnitelmat täytyy mallintaa kaksiulotteisista kolmiulotteisiksi. Yleisesti tämän suorittaa joko maanrakennusurakoitsijan mittamies tai ulkopuolinen tietomallinnusta tarjoava yritys.

Kaivinkone paikantaa itsensä käyttäen kahta kaivinkoneeseen asennettua satelliittiantennia. Antennit saavat määritettyä paikkatietonsa GNSS-satelliittiverkosta. Saatu paik-

katieto korjataan käyttäen RTK- taikka VRS-tukiverkkoa taikka työmaalla mahdollisesti sijaitsevaa tukiasemaa. Sekä satelliittiantennien, että tukiaseman on kumpienkin tunnistettava vähintään neljä samaa satelliittia [1]. Tukiasemalla voi olla jopa 10 kilometrin kantama, tämä antaa mahdollisuuden usean lähekkäisen työmaan käyttöä samaa työmaatukiasemaa.

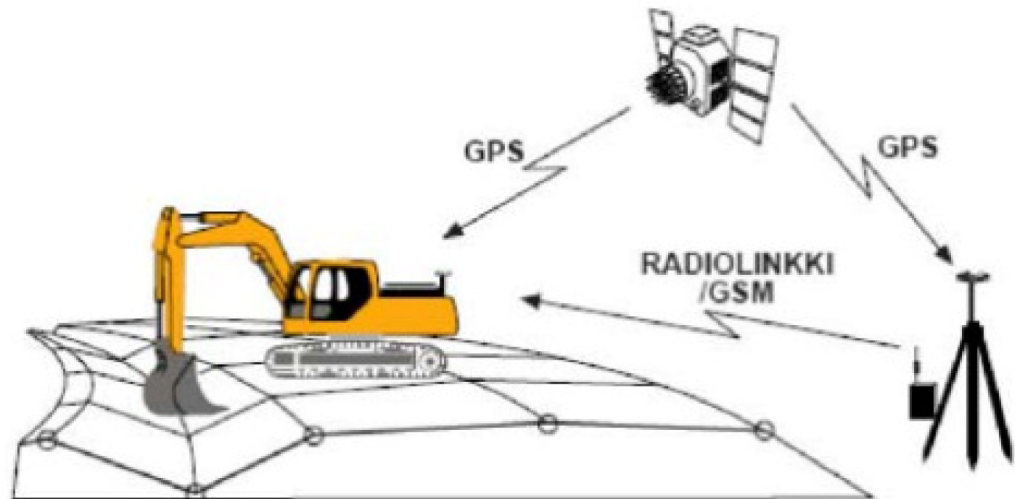
RTK-korjausdata toimii seuraavasti. Kaivinkoneen liikkuvan vastaanottimen (ts. koneeseen asennetun satelliittiantennin) vaikutusalueella on vähintään viisi kiinteästi asennettua tukiasemaa eli GNSS-vastaanotinta, kiinteiden vastaanottimien suurin sallittu etäisyys toisistaan on 70kilometriä [2]. Nämä tukiasemat ovat tunnetuilla paikoilla, eli niiden tarkat paikkakoordinaatit ovat tiedossa. Tukiasemat ovat mitattu paikoilleen esim. käyttämällä takymetriä. Kun liikkuva vastaanotin määrittää omaa paikkatietoaan satelliittien avulla, saadaan paikkatieto, jonka virhemarginaali on liian suuri tarkan työn laadun saavuttamiseksi. GNSS-virheet, johtuvat monesta syistä, joita ovat mm. ionosfääristä aiheutuva virheet, satelliittien ratatietovirheet, satelliittien kellovirheet, multipath-heijastumavirheet, alailmakehästä aiheutuvat virheet ja laskenta- ja pyöristysvirheet [3].

Paikkatiedoista saadaan tarpeeksi tarkat korjausdatan avulla seuraavasti. Kuten jo sanottu kiinteiden tukiasemien tarkat paikkakoordinaatit ovat tiedossa. GNSS-satelliitit havaitsevat kiinteän tukiaseman, näin saadaan tukiaseman havaitut koordinaatit, jotka siis sisältävät GNSS-satelliiteille tyypilliset virheet. Tukiaseman tunnettuja paikkatietoja, verrataan satelliittien saamiin havaittuihin paikkatietoihin ja näiden erotuksena saadaan satelliittien virhe. Tätä satelliittien virheen korjausta kutsutaan RTK-korjausdataksi. Kaivinkoneen liikkuvan vastaanottimen paikkaa määrittäessä virheelliset paikkatiedot korjataan RTK-korjausdatalla ja näin päästään työsuunnitelmien edellyttämään tarkkuuteen.

RTK-korjausdatan saaminen koneeseen edellyttää RTK-vastaanottimen. Korjausdata tukiasemalta vastaanottimeen voidaan lähettää radio- tai GSM-modeemia apuna käyttäen. Korjausdataa lähetetään yhtenäen jatkuvasti ja se päivittyy kaivinkoneeseen reaaliajassa.

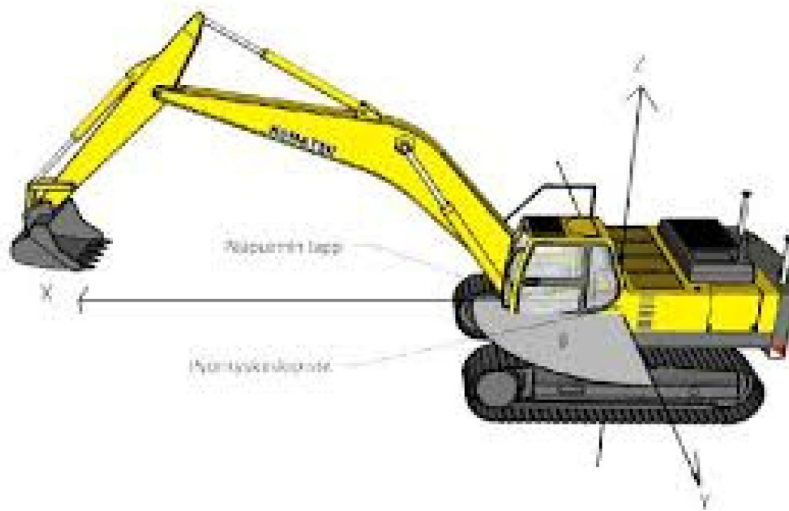
Kuvassa 2 nähdään, kuinka koneohjausjärjestelmällä varustettu kaivinkone kommunikoi satelliitin ja tukiaseman kanssa, sekä tukiaseman ja satelliitin välinen kommunika-

tio. Kuvan oikeassa alareunassa oleva jalusta voidaan ajatella olevan kiinteä työmaatukiasema taikka yksi RTK-tukiverkon tukiasemista.



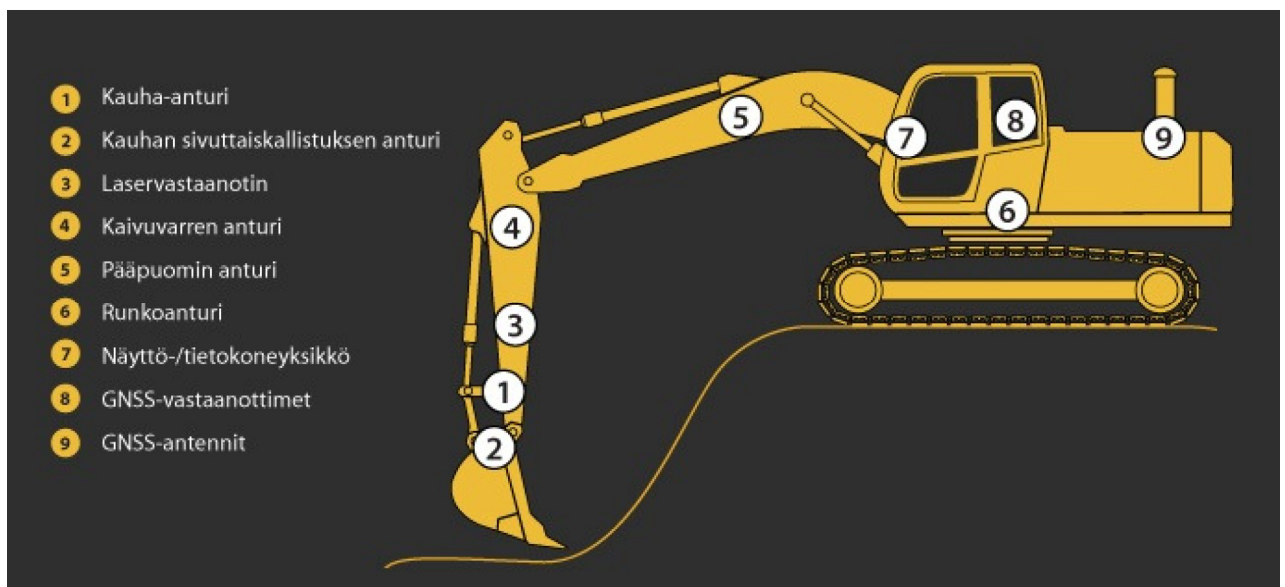
Kuva 2. Koneohjausjärjestelmällä varustetun kaivinkoneen kommunikointi satelliitin ja tukiaseman kanssa, sekä tukiaseman ja satelliitin välinen kommunikaatio. [13]

Edellä mainituilla toimenpiteillä on päästy siihen pisteeseen, että on mahdollista saada kaivinkoneen tarkka sijainti selvitettyä. Tämä ei kuitenkaan vielä riitä siihen, että tietomalleilla pystyttäisiin rakentamaan taikka, että kaivinkoneenkuljettaja näkisi kauhansa liikkeit järjestelmän näyttöpäätteestä. Seuraavaksi tarvitaan saada selville koneen puomiston ja kauhan huulilevyn liikkeit suhteessa kaivinkoneen origoon eli kääntökehän keskipisteeseen. Koneen origo on mallinnettu kuvassa 3. Tämä tapahtuu asentamalla koneen jokaiseen liikkuvaan osaan liikettä mittaavat anturit.



Kuva 3. Kaivinkoneen origo [16]

3D-koneohjausjärjestelmässä anturit asennetaan kauhaan, puomistoon sekä runkoon mittaamaan osien liikettä suhteessa kaivinkoneeseen. Kuvassa 4 havainnollistettu kaivinkoneen anturointia, kuvassa näkyvät myös muita jo edellä mainittuja koneohjausjärjestelmän toimimiseen tarvittavia komponentteja.



Kuva 4. Koneohjausjärjestelmään tarvittavat anturit ja muut komponentit [4].

Jokainen kaivinkoneen kauha tulee olla kalibroitu erikseen koneohjausjärjestelmään. Tämä johtuu, siitä että kauhat ovat eripituisia ja tämä aiheuttaa epätarkkuutta kauhan

huulilevyn sijaintiin. Kauhat myös kuluvat ja täten onkin hyvä kalibroida kauhat uudelleen tietyin väliajoin.

Nyt kaivinkoneessa on kaikki koneohjausjärjestelmän toimimiseksi tarvittavat komponentit ja kuljettaja voi seurata työn etenemistä reaaliajassa suhteessa työsuunnitelmiin kaivinkoneeseen asennetusta näyttöpäätteestä

Koneohjauksen vaiheet pääpiirteissään ovat siis seuraavat

1. Ensimmäisenä täytyy siirtää kolmiulotteinen tietomalli kaivinkoneeseen, joko muistitikun avulla suoraan laitteeseen tai käyttäen etäyhteyttä.
2. Kaivinkone vastaanottaa paikkatietonsa satelliiteilta kaivinkoneeseen asennettuun satelliittivastaanottimeen. Satelliittivastaanottimilla viitataan kuvan 2 numeroon 9: "GNSS-antennit"
3. Pelkiltä satelliiteilta tulleet paikkakoordinaatit eivät ole vielä tarpeeksi tarkat. Tarvitaan korjausdataa korjaamaan satelliiteilta tullut paikkavirhe.
4. Koneohjausjärjestelmä on nyt korjannut paikkavirheensä saadulla korjausdatalla. Seuraava tehtävä on selvittää koneen puomiston ja kauhan huulilevyn sijainnit suhteessa koneen origoon, eli rungon pyörähdyspisteeseen.

2.2 Koneohjauksen käyttökohteet sekä käyttöhyödyt

Koneohjaukseen liittyy useita hyötyjä verrattaessa toimintaa perinteiseen ilman koneohjausjärjestelmää toimivaan maanrakentamiseen. Useimmat kaivinkoneurakoitsijat näinä koneohjausjärjestelmän läpimurron aikoina punnitsevatkin mielessään sitä ylittävätkö koneohjausjärjestelmän hyödyt heidän toimintamalleissaan järjestelmän hankintakustannukset ja missä ajassa.

Koneohjauksen hyödyt ovat kiistattomia ja luetellaan niistä seuraavaksi muutama suurin hyöty:

- Materiaalihyöty
 - Materiaalihyödyt ovat selvät. Kaivinkoneenkuljettaja näkee näyttöpäätteeltä missä kaivettavan pinnan taso menee ja kauhan liikkeen suhteessa kaivupintaan. Näin olleen välttyään ylikuivulta. Tämän seurauksena poisvietävien maiden määrä vähenee ja vastaavasti tuotavien murskeiden määrä myös vähenee.
- Perämiehen vähentynyt tarve
 - Kaikissa töissä, joissa ei ole putkien tai muiden materiaalien asentamista, jotka vaativat koneesta poistumisen helpottuvat. Näin kaivinkoneenkuljettajan ei tarvitse hyppiä pois koneesta tarkistamaan kaivupinnan korkoa, eikä tähän tarvita erillistä perämiestä ohjaamaan kaivutasossa tasolaserin kanssa. *Kun perämiehen tarve kaivettavalla alueella vähenee, myös työturvallisuus nousee.*
- Mittamiehen vähentynyt tarve
 - Aikaisemmin laajat leikkuu- ja täyttöpinnat olivat täynnä korkokeppejä, joista kaivinkoneenkuljettaja sai osviittaa kaivutasosta. Korkokeppien asentaminen tiheään oli työlästä varsinkin, jos kaivettava maa oli tiukaksi tiivistynyttä maa-ainesta. Koneohjausjärjestelmä mahdollistaa myös toteutumapisteiden tallentamisen ja täten mittamiehen ei tarvitse juosta toisinaan työmaalla keräämässä toteutumapisteitä. Näin ollen mittamiehen tarve vähenee kahdessa työläessä vaiheessa heti alkuunsa.
- Työskentelyn tehokkuuden kasvu
 - Tehokkuutta lisää muun muassa kaivinkoneenkuljettajan lisääntynyt havainnointikyky työmaasta. Tämä johtuu siitä, että kaivinkoneenkuljettaja näkee ja pystyy pyörittelemään kolmiulotteista mallia työmaasta koneohjausjärjestelmän näytöllä jatkuvasti. Myös hyppiminen pois kaivinko-

neesta tarkastamaan kaivupintaa vähenee. Tämän seurauksena työtunnit vähenevät ja saavutetaan myös polttoainesäästöjä.

2.3 Koneohjauksen osat ja niiden toiminta

2.3.1 Satelliittivastaanottimet

Satelliittivastaanotin vastaanottaa paikkatietoja satelliiteilta. Satelliittivastaanottimia asennetaan kaivinkoneeseen kaksi kappaletta. Satelliittivastaanottimet eli GPS-lautaset asennetaan yleensä mastojen päähän koneen takaosan päälle. Kuvassa 5 voi nähdä satelliittivastaanottimet. Koneetta kiertokehää lähempänä oleva vastaanotin määrittää kaivinkoneen sijaintikoordinaatit. Kauempi vastaanotin taas määrittelee koneen suunnan. Kun koneohjausjärjestelmää asennetaan kaivinkoneeseen, mitataan satelliittivastaanottimien etäisyys kiertokehän keskipisteeseen, eli koneen kääntöakseliin takymetrillä. Näin ollen satelliittivastaanottimista pystytään mittaamaan koneen kääntöakselin koordinaatit. Kaikkien muiden kaivinkoneen osien sijainti taas mitataan suhteessa kääntöakseliin.



Kuva 5. Koneohjausjärjestelmän näkyvin osa; peräpuntin päällä olevat satelliittivastaanottimet [30]

2.3.2 GPS-Yksikkö

GPS-yksikkö on ikään kuin koneohjausjärjestelmän tietokone eli keskusyksikkö. GPS-yksikkö sijoitetaan kaivinkoneen konetilaan suojaan. GPS-yksikössä sijaitsee myös sisään asennettuna Radio/GSM-vastaanotin.

GPS-yksikkö vastaanottaa GPS-lautasten vastaanottamat paikkatiedot. GPS-yksikkö myös vastaanottaa Radio/GSM-vastaanottimelta saadun korjausdatan, jonka avulla saadaan laskettua kaivinkoneen tarkka sijainti. Paikkasijainnin tarkentamista korjausdatalla sanotaan jälkilaskennaksi,

GPS-yksikkö myös keskusyksikön roolissa ottaa vastaan puomistoon asennetuilta antureilta kauhan liikkeet. Kauhan liikkeet saatuaan keskusyksikkö yhdistää kaivinkoneen ja kaikkien sen oleellisten osien liikkeet käytössä olevaan tietomalliin eli suunnitelmaan. Tämän jälkeen keskusyksikkö lähettää kuvaa koneohjausjärjestelmän näyttöpäätteelle.

2.3.3 Radio/GSM-vastaanotin

Radio/GSM-vastaanotin nimensä mukaan pystyy vastaanottamaan radio taikka gsm-signaaleja. Tätä ominaisuutta tarvitaan vastaanottamaan paikantarkennukseen vaadittavaa korjausdataa, jotta jälkilaskenta voidaan tehdä. Työmaatukiasemat lähettävät korjausdatansa radiosignaaleja hyödyntäen ja tukiverkot kuten esim. Smartnet käyttää GSM-verkkoa. Ilman jälkilaskentaa koneohjausjärjestelmän tarkkuus olisi kolmesta neljään metriä, joka on aivan liian epätarkka.

Radio/GSM-vastaanottimeen kuuluu vastaanottoantennit. Vastaanottoantennit asennetaan kaivinkoneen katolle.

2.3.4 Näyttöpäätte

Näyttöpäätteeltä kaivinkoneenkuljettaja ohjaa koneohjausjärjestelmää. Scanlaserin näyttöpäätte on kooltaan 8 tuumaa ja siinä on sekä fyysisiä näppäimiä, että kosketusnäyttö. Näyttöpäätte on nähtävissä kuvassa 6. Scanlaserin koneohjausjärjestelmän yleisimpiä toimintoja, joita kaivinkoneenkuljettaja voi hallinnoida näyttöpäätteeltä, ovat mm. seuraavat: valita työstettävän projektin (eli siis valita oikean työmaan tietomallin), valita oikeasta projektista työstettävä malli, valita pohjakartta/apumalli, toteutumapisteiden tallentaminen ja jopa luoda oman yksinkertaisen tietomallin.



Kuva 6. Leican koneohjausjärjestelmän näyttöpäätte asennettuna kaivinkoneen hyttiin [30]

Scanlaserin koneohjausjärjestelmässä on patentoitu "Snap-on & Snap-off" tekniikka. Tekniikan ideana on se, että näyttöpäätte on kiinni pikakiinnityksellä hyttiin asennettavassa telakassa. Tämä mahdollistaa sen, että jos yrityksellä on monta 2D- ja 3D-järjestelmää omistuksessa, voidaan työmaan luonteen mukaan koneissa vaihdella nopeasti 2D- ja 3D-järjestelmien välillä. Tämä takaa myös sen, että näyttöpäätteet saadaan helposti päivänpäätteeksi esimerkiksi autoon säilöön pois työmaalta. Näin uusi kallis kalusto ei jää alttiiksi ilkeille ja varastelulle.

2.3.5 Anturit

Anturit ovat kiinnitettynä puomistoon ja niiden tehtävänä on mitata kaivinkoneen puomiston ja kauhan liikettä suhteessa kaivinkoneen origoon. Anturit ovat kaapeleilla yhteydessä keskusyksikköön. Antureita on havainnollistettu kuvassa seitsemän. Anturit yhdistyvät keskusyksikköön viisipinnisillä CAN-kaapeleilla. Scanlaserin kaapelit ja muut konsolit ovat pöly- sekä vesitiiviitä ja toimivat $-40 - +70$ °C:n välillä.



Kuva 7. Anturit kiinnitettynä puomistoon, mittaamassa puomin liikettä. [30]

2.4 GPS-mittaus

GPS-mittauksella tarkoitetaan satelliittipaikannusjärjestelmän avulla tehtävää sijainnin määrittämistä [5.] Terminä GPS-mittaus voi olla harhaanjohtava, sillä sanalla GPS viitataan yhdysvaltain puolustusministeriön ensisijaisesti puolustuskäyttöön tarkoitettuun paikannusjärjestelmään. GPS-järjestelmään kuuluu 24 satelliittia, jotka kiertävät maapalloa noin 20 200 km:n korkeudessa. Jokainen näistä satelliiteista kiertää maapallon kaksi kertaa vuorokaudessa.

Kuitenkin suurin osa koneohjausjärjestelmän tarjoajista, kuten esim. Suomen suurimmat Scanlaser sekä Novatron saavat paikkatietonsa GNSS-järjestelmän satelliiteista. GNSS-järjestelmään kuuluvat sekä Yhdysvaltojen hallinnoima GPS-järjestelmä, että Venäjän hallinnoima Glonass-järjestelmä [6].

Satelliitit lähettävät radiosignaaleja eri taajuuksilla. Signaalien kantoaaltoihin on lisätty binäärikoodeja, joiden avulla paikanmääritys voidaan tehdä. Satelliittipaikannus ilman korjausdataa johtaa noin kolmen ja neljän metrin väliseen tarkkuuteen.

Paikannustyyplejä satelliitteja hyödyntäen on erilaisia, maanrakennustöissä yleisin käytetty paikannusmenetelmä satelliiteista on suhteellinen paikanmääritys. Suhteellinen paikanmääritys lähtee siitä tilanteesta, että on kaksi vastaanotinta, mittaamassa satelliittien lähettämiä signaaleja. Näistä kahdesta vastaanottimesta toinen sijaitsee koordinaatiston tunnetulla pisteellä, eli on ns. kiinteä vastaanotin. Vastaanotin on siis mitattu maastoon käyttäen esim. takymetriä, ja sen paikka on tarkalleen tiedossa. Toinen vastaanotin on liikkuva. Tarkoittaa tässä tapauksessa siis kaivinkoneeseen asennettavaa GNSS-satelliitivastaanotinta. Mittaus perustuu näiden kahden vastaanottimen koordinaattieroihin [8].

2.4.1 Esimerkki paikanmäärityksestä

Käydään suhteellinen paikanmääritysmenetelmä vielä kerran läpi pelkistäen esimerkin avulla, jotta toimintamallin hahmottaminen helpottuu. Kauppinen kaivaa kaivinkoneella kuoppaa työmaalla, ja Kauppisen koneeseen on asennettu 3D-koneohjausjärjestelmä. Kauppisen kaivinkoneen liikkuvavastaanotin saa signaalin satelliitilta ja koneohjausjärjestelmän tietokone laskee signaalista itselleen koordinaateiksi N 3400 E 2500.

Samalla aikaa myös kiinteä vastaanotin saa paikkatietonsa satelliittien lähettämien signaalien avulla. Kiinteä vastaanotin saa paikkatiedoikseen N 3550 E 2400. Kiinteän vastaanottimen tarkka sijainti on kuitenkin tiedossa. Kiinteän vastaanottimen tarkkasijainti on N 3482 E 2395. Tämä kertoo sen, että satelliitilta tulleet paikkakoordinaatit ovat hieman poikkeavia todellisesta, eli koordinaatit ovat siis epätarkkoja.

Satelliitin antaman kiinteän tukiaseman koordinaatista, ja todellisesta mitatun koordinaatin erotuksesta saadaan satelliitin signaalin lähettämä epätarkkuus. Epätarkkuus on siis tässä tapauksessa

N 3500- N 3482= N 0018 ja

E 2400 – E 2395= E 0005

Nyt tämä epätarkkuus korjataan alkuperäiseen Kauppisen saamaan kaivinkoneen paikkakoordinaatteihin. Tätä korjaustietoa kutsutaan *korjausdataksi*. Kauppisen kaivinkoneen todelliset paikkakoordinaatit ovat siis

N 3400 + N 18 = N 3418

E 2500 + E 5 = E 2505

Suhteellisen paikanmäärityksen koordinaattien selvittäminen perustuu satelliittien kantoaaltojen hyväksikäyttöön.

Vastaanottimen lukituessa satelliitin signaaliin, vastaanotin mittaa sen hetkisen kantoaallon vaiheen. Tästä hetkestä eteenpäin vastaanotin alkaa laskea signaalin tulevien kokonaisten aallonpituuksien lukumäärää. Kun satelliitti liikkuu radallaan, sen etäisyyden muutos näkyy vastaanottimen laskemien saapuneiden aallonpituuksien lukumäärässä. Kun useampaa satelliittia on havaittu jonkin aikaa, aallonpituuksista voidaan laskea satelliitin etäisyys vastaanottimesta. [2.]

2.4.2 Satelliittipaikannuksen virheet

Viimeinen tarkkuus joka saadaan korjausdatan käsittelyn jälkeen, ei ole absoluuttinen totuus. Myös satelliittipaikannukseen niin kuin myös moneen muuhunkin mittaukseen liittyy virhemarginaali. Suhteellinen paikanmääritys on satelliittipaikannuksista tarkin menetelmä ja sillä päästään alle 5 cm tarkkuuteen. Yleensä koneohjauksesta tarkkuudesta puhuttaessa sanotaan, että tarkkuus vastaa noin golfpallon aluetta.

Satelliittipaikannuksen virheet johtuvat seuraavista syistä:

- Maapallon ilmakehä on suurin virheen aiheuttaja. Ilmakehän kerroksista sekä ionosfääri ja troposfääri vaikuttavat satelliitin signaalin etenemisnopeuteen. Signaalin etenemisnopeudesta lasketaan taas radioaallonpituus, jonka kautta lasketaan vastaanottimen paikka suhteessa satelliittiin. [6.]

- Auringon aktiivisuus vaikuttaa ilmakehän ionosfääri-kerrokseen ja tätä kautta mittaamistarkkuuteen. Auringon aktiivisuus vaihtelee 11 vuoden jaksoissa. [6.]
- Muita virhelähteitä ovat mm. satelliittien radanmäärityksen ja kellon virheet, vastaanottimesta johtuvat virheet ja monitieheijastukset. Monitieheijastuksilla tarkoitetaan sitä, että paikannussatelliitin signaalit eivät pääse suorinta tietä vastaanottimen antenniin, vaan ne heijastuvat jostakin esineestä tai pinnasta. [6.]

2.5 Korjausdata

Korjausdatalla tarkoitetaan koneohjausjärjestelmälle tulevaa informaatiota, jolla korjataan satelliiteilta saatua reilun muutaman metrin tarkkuutta yleisimpien töiden laatuvaatimukset täyttäväksi muutaman senttimetrin tarkkuudeksi. Korjausdataa koneohjausjärjestelmät voivat vastaanottaa muutamalla eri tavalla. Vaihtoehtoja ovat kiinteän työmaatukiaseman kautta tuleva korjausdata, taikka korjausdata voidaan ostaa RTK- taikka VRS-tukiasemaverkon kautta.

Tukiasemalta korjausdata tulee radiotaajuuksia pitkin ja RTK- sekä VRS-tukiasemaverkolta korjausdata tulevat käyttäen internetyhteyttä. Suurimpien koneohjausjärjestelmien tarjoajien Scanlaserin ja Novatronin koneohjausjärjestelmät pystyvät vastaanottamaan sekä radiosignaaleja että internetdataa.

Yleisesti kiinteää tukiasemaa kannattaa käyttää, jos samalla työmaalla työskentelee monta koneohjausjärjestelmän omaavaa työkonetta saman tukiaseman kantama-alueella. Jos vain yksi tai muutama kaivinkone työskentelee käyttäen samaa tukiasemaa, tulee tukiaseman hankinta pikaisen tarkastelun perusteella suhteessa yhtä kaivinkonetta kohden kalliimmaksi kuin tukiasemaverkkojen käyttö.

Korjausdatan valitsemiseen vaikuttaa työmaiden sijainti Suomessa ja työmaiden etäisyys toisistaan. Valintaan vaikuttaa myös työkonoiden määrä ja näiden etäisyys toisistaan, eli onko samalla työmaalla monta kaivinkonetta varustettuna koneohjausjärjestelmällä.

2.5.1 Työmaatukiasema

Työmaatukiasemalla tarkoitetaan kiinteästi työmaalla tunnettuun pisteeseen asennettua GPS-vastaanotinta. Toisin kuin RTK ja VRS, työmaatukiasema kommunikoi koneohjausjärjestelmän kanssa käyttäen radiosignaaleja.

Kiinteän tukiaseman toimintaperiaate on hyvin yksinkertainen. Työmaatukiaseman näkyvin osa; masto ja satelliittilautanen havainnollistettuna kuvassa 8. Työmaatukiasemaan kuuluu samanlainen satelliittilautanen kuin koneohjausjärjestelmään. Satelliittilautanen asennetaan maston päähän. Masto on yhteydessä radiolähettimeen, radiolähetin on varustettu antennilla. Radiovastaanotin laskee sijaintinsa satelliittilautaselta tulleesta satelliittisijainnista. Tämän jälkeen saatu paikkatieto eli korjausdata lähetetään koneohjausjärjestelmälle.



Kuva 8. Työmaatukiaseman masto ja satelliittiantenni [31]

Työmaa tukiasema mielletään yleensä isojen työmaiden työkaluksi. Tämä siitä syystä, että yhdelle kaivinkoneelle tulee suhteessa kalliiksi omistaa oma työmaatukiasema suhteessa RTK tai VRS vuosilisenssiin. VRS ja RTK -lisenssit myydään yleensä yhdelle koneelle vuodeksi hinnan ollessa noin reilu 1600e/työkone/vuosi. Yhden työmaatukiaseman hankintahinta on taas suuruusluokaltaan 7 vuoden RTK-verkkolisenssin verran.

Työmaatukiasema tulee siis vartenotettavaksi vaihtoehdoksi yleensä, kun on kyseessä iso työmaa, jossa monta työkonetta voi toimia saman työmaatukiaseman kantama-alueella. Näin suhteellista kustannusta yhtä työkonetta kohden voidaan madaltaa ja päästään lähemmäksi VRS ja RTK -hintoja.

Kiinteän työmaatukiaseman eduksi luetaan myös se, että yhteistyö eri tukiverkkojen tarjoajien kanssa vähenee. Myös korjausdatan saaminen on varmempaa käytettäessä radiosignaaleja sen sijaan, että käytettäisiin VRS ja RTK -verkkojen tapaan internet-yhteyttä, jonka toimivuus on kiinni verkkojen toimivuudesta. Eli kiinteällä työmaalla mukana on vähemmän muuttujia, toiminta on varmempaa ja käyttöaste parempi.

2.5.2 RTK

RTK-palvelulla tarkoitetaan jonkun palvelun tarjoajan tukiverkkoa, jolla korjataan satelliittien lähettämää paikkatietoa. RTK-tukiverkkoon kuuluu useita kiinteitä työasemia ympäri Suomea. Toisin sanoen RTK-verkosto on kuin monta kiinteää tukiasemaa sijoitettuna ympäri Suomea valmiiksi, jotta koneohjausjärjestelmän käyttäjän ei tarvitse käyttää aikaa ja rahaa oman työmaa-tukiaseman hankintaan sekä toistuviin asentamiin liikuttaessa työmaalta toiselle.

Tällaisia RTK-tukiverkkopalveluita tarjoaa muun muassa Leica Geosystems Oy. Leica Geosystems tarjoavan tukipalvelun nimi on Smartnet. Leica Geosystems omistaa myös koneohjausjärjestelmiä valmistavan Scanlaser Oy:n.

Smartnetin verkkotukipalvelulla päästään koneohjauksessa 4cm korkeussuuntaiseen tarkkuuteen ja 2cm vaakasuuntaiseen tarkkuuteen, eikä koneohjausjärjestelmä ole riippuvainen etäisyydestä tukiasemiin.

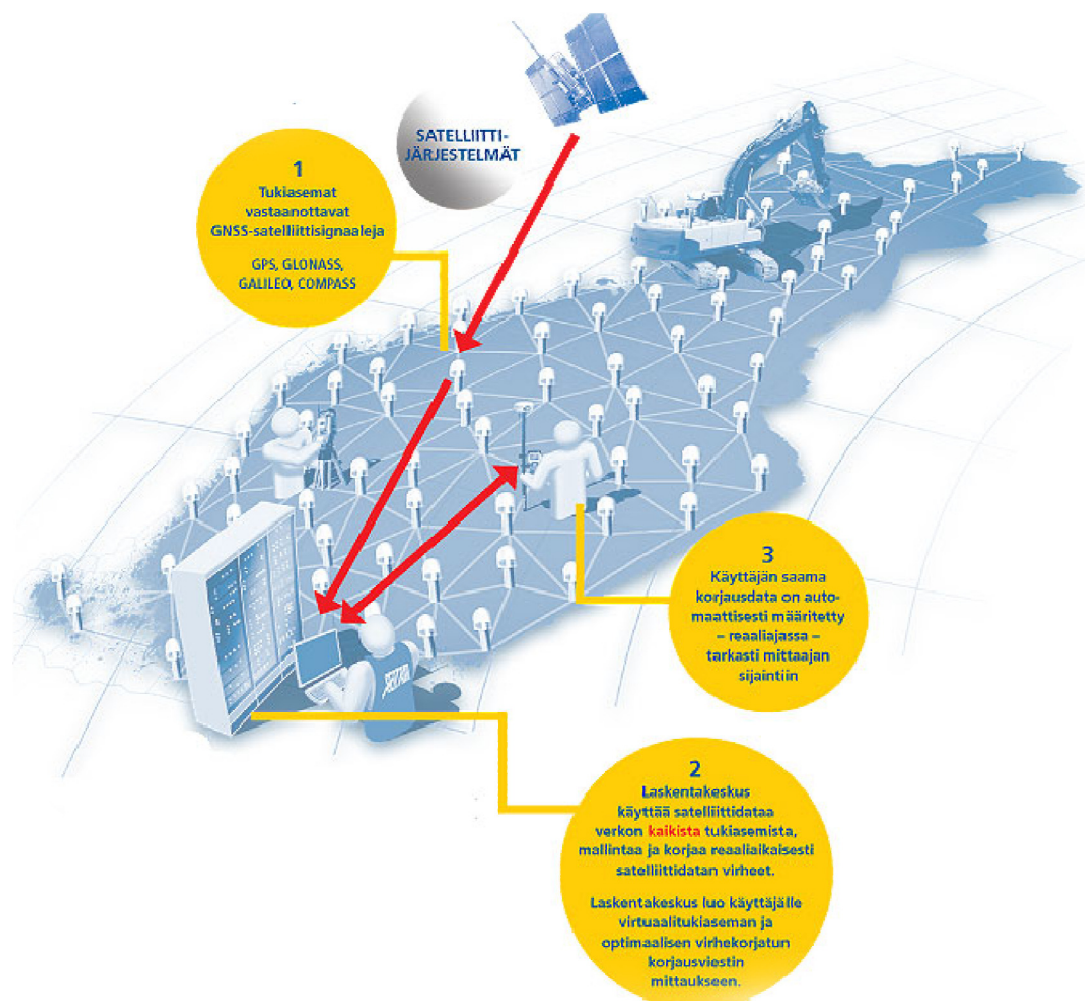
2.5.3 VRS

VRS tulee sanoista Virtual Reference Station, joka tarkoittaa suomeksi virtuaalitukiasemaa. VRS vastaakin käyttöominaisuuksiltaan hyvin paljon RTK-tukiverkkoa. Myös VRS-tukiverkon pohjana on suuri määrä Suomeen asennettuja kiinteitä tukiasemia. Merkittävä ero perinteiseen RTK-tukiverkkoon on se, että VRS-järjestelmässä verkon käyttäjän läheisyyteen luodaan nimensä mukaan virtuaalinen tukiasema. Tällä toimin-

nalla ainakin nettisivujen ja myyjien mukaan pystytään pienentämään GPS-signaaleihin ja olosuhteisiin liittyviä virheitä. Näin ollen saadaan kuulemma laadukkaampia ja varmempia tuloksia. Sen tarkemmin syitä joilla tähän parempaan tarkkuuteen pääsee, ei ole palvelun tarjoajan sivuilla tarkennettu.

Kuitenkin sähköpostilla tarkennusta haettaessa VRS-myyjältä, siitä kuinka paljon VRS on tarkempi sitten todella tästä Smartnetin lupaamasta 2-4 cm tarkkuudesta, ilmoitti VRS-myyjä heidän tarkkuuden olevan 1-4 cm. Eli todellisuudessa tarkkuudet ovat hyvin lähellä toisiaan, eikä näissä ole työn tarkkuuden kannalta merkityksellistä eroa.

Yks suosituimmista VRS-tukiverkkoa tarjoavista yrityksistä on Suomessakin laajalti toimiva Geotrim. Geotrimin tarjoama verkko on nimeltään Trimnet. Trimet toimii kuvassa yhdeksän esitetyn mallin mukaisesti.



Kuva 9. Kuvassa havainnollistettu Trimnetin toimintaperiaatetta

Ensin tukiasemat vastaanottavat satelliittien lähettämää paikkatietoa. Tämän jälkeen saadut paikkatiedot lähetään kaikista asennetuista tukiasemista Vantaalla toimivalle laskentakeskukselle. Saatuaan paikkatiedot laskentakeskus laskee ja korjaa reaaliaikaisesti saatujen paikkatietojen virheen. Koneohjausjärjestelmän käyttäjälle luodaan virtuaalitukiasema käyttäjän läheisyyteen. Tämän virtuaalitukiaseman kautta lähetetään käyttäjälle korjattu paikkatieto. [9.]

3 Koneohjauksen käyttöönotto ja henkilöstön koulutus

Nykyään tiedostetaan, että teknologian hallinta on henkilöstön ydinosaamista ja sen avulla kilpaillaan. Tästä syystä on erityisen tärkeää, että koneohjausjärjestelmän koulutus suunnitellaan hyvin ja tämän jälkeen käydään koulutettavien kanssa huolellisesti ja suunnitellusti läpi.

Yritys on laatinut koneohjausjärjestelmälle koulutussuunnitelman. Koulutussuunnitelmassa on päätetty koulutus kaksiosaiseksi. Ennen koneohjausjärjestelmän asentamista pidetään kaivinkoneenkuljettajille ja mittamiehille teoriakoulutus. Koneohjausjärjestelmän asentamisvaiheessa pidetään kaivinkonekuljettajalle käyttökoulutus. Kummatkin koulutuksista järjestää koneohjausjärjestelmän tarjoaja.

Teoriakoulutus, joka pidetään ennen käytännön koulutusta, on maksullinen. Järjestelmän asennuksen yhteydessä pidettävä käytännön koulutus taas kuuluu järjestelmän hankintahintaan.

Kaivinkoneeseen on nyt asennettu koneohjausjärjestelmä. Tämän jälkeen ilmenneissä ongelmatilanteissa avustaa koneohjausjärjestelmän maksuton asiakaspalvelu, sekä yrityksen koneohjausjärjestelmistä vastuussa oleva henkilö, joka on tällä hetkellä tämän insinööriyön tekijä.

Tämän lisäksi koko henkilöstölle pidetään koneohjausjärjestelmän periaatteista koulutus. Tämä tapahtuu kehityskoulutuksen yhteydessä. On tiedossa, että kaikki eivät pääse käyttämään edistyneintä teknologiaa, he tuntevat silti ylpeyttä työskennellessään yrityksessä, jossa on uusinta teknologiaa käytössä. Tärkeimmät tiedot ja kokemukset on selvitetty ja arkistoitu siten, että ne ovat helposti tarvitsevien käytössä. [Tuominen, Investoi oppimiseen ja kehittymiseen, 2013.]

4 Tietomallinnus

Tietomallinnuksella tarkoitetaan yksinkertaistettuna perinteisen dokumenttipohjaisen 2D-suunnitelmien muuttamista 3D-suunnitelmiksi, tai uusissa hankkeissa 3D-mallien luomista suoraan. Tietomallista käytetään Suomessakin usein termiä BIM, joka tulee englannin kielen sanoista Building Information Model, joka vapaasti suomennettuna tarkoittaa *rakennuksen informatiivinen malli*.

Tietomalli on alun perin peräisin valmistavasta teollisuudesta, jossa sitä on käytetty nimenä tuotetiedolle suunnittelu- ja valmistusvaiheissa. Tästä se on levinnyt rakennuspuolelle ensimmäisenä talonrakennuspuolelle, jossa se on jo arkipäivää. Tämä varmasti johtuu siitä, että lähtötietojen kartoittaminen talopuolen hankkeisiin on huomattavasti helpompaa kuin infrapuolelle.

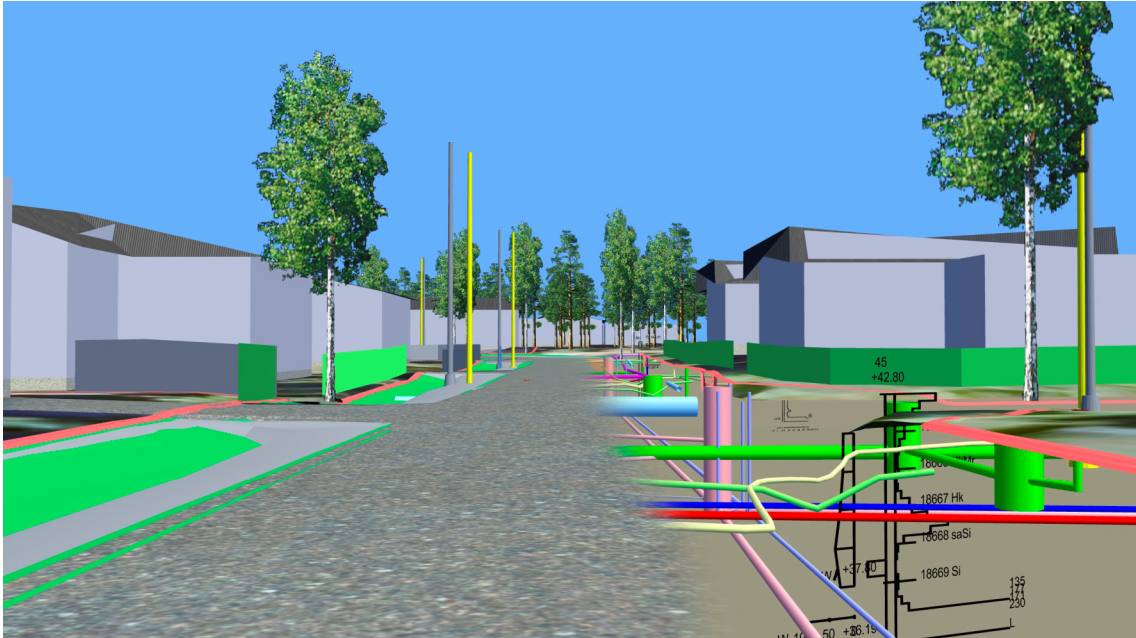
Tietomalli nimensä mukaankin pitää sisällään paljon informaatiota ja mahdollisuuksia perinteiseen 2D-malliin verrattuna. Tietomalli sisältää mallin kolmiulotteisena, joka johtaa siihen, että mallista on helposti saatavissa ulos esimerkiksi tarkkoja määriä, erilaisia kustannuslaskelmia, aikatauluja, energialaskelmia, tai simulaatioita. Nämä aiheuttaisivat perinteisillä keinoilla huomattavia määriä esivalmisteluita, tietojen keruuta sekä tietojen yhdistelyä. Tietomalliin on myös helppo sisällyttää tietoa esimerkiksi rakennuksen, sen prosessien sekä rakennusosien ominaisuuksista.

4.1 Tietomallintamisen hyödyt

Niin kuin on sanottu, tuo tietomallinnus mukanaan paljon uusia mahdollisuuksia sekä hyötyjä kaikille rakennushankkeen osapuolille. Seuraavaksi listataan joitakin tärkeimpiä hyötyjä, joita tietomallinnus tarjoaa:

- Rakennekokonaisuuksien havainnollistaminen 3D-mallien kanssa helpottuu
 - Tiettyjen rakennevaiheiden havainnollistaminen helpottuu, kun päästään pyörittelemään rakennetta eri vaiheissa projektin kulkua. Tietomallin sel-

keyttä ja kykyä havainnollistaa ja helpottaa suunnitelmien ymmärtämistä on ilmennetty kuvassa 10. Tätä voidaan hyödyntää esimerkiksi työsuunnittelussa ja siinä mitä reittiä eri materiaaleja kannattaa tuoda työkohteeseen.

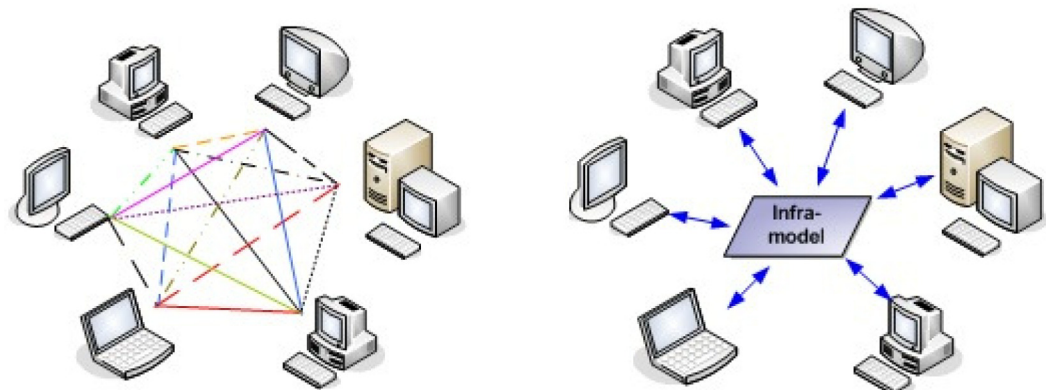


Kuva 10. Tietomalli helpottaa suunnitelmien havainnollistamista ja kokonaisuuden ymmärtämistä. [15]

- Jos 3D-mallin pohjalta on luotu aikataulu, niin päästään tarkastelemaan missä vaiheessa rakentamisen pitäisi olla minäkin päivänä. Tätä voidaan hyödyntää esimerkiksi työn etenemisen valvonnassa. On helppo katsoa sen päivän mallia työmaakopissa tietokoneen näytöltä, mistä näkee missä vaiheessa rakentamisen pitäisi olla menossa ja tämän jälkeen katsoa ulos ikkunasta ja todeta näyttääkö työmaalla tilanne samalta kuin tietokoneen näytöllä
- Eri suunnitteluosien yhteensovittaminen, sekä laadukkaampi lopputulos
 - Otetaan esimerkki, jossa rakennusprojektiin kuuluu IV-kanavien sekä JV-putkien kannakoimista seinä- tai kattorakenteisiin. Oletetaan että näillä eri putkilla on eri suunnittelijat. Kun suunnitelmat on tehty ja ne tuodaan samaan kolmiulotteiseen tietomalliin, on helppo tarkistaa, löytyykö

suunnitelmista eri putkien/kanavien risteyskohtia. Jos tällaisia pystytään havaitsemaan ennen rakentamisvaihetta, ovat suunnitelmat huomattavasti helpompi korjata tässä vaiheessa, kuin kovassa kiireessä rakentamisvaiheessa, jossa rakentamisen pitäisi koko ajan edetä mutta suunnitelmat eivät ole toteuttamiskelpoisia.

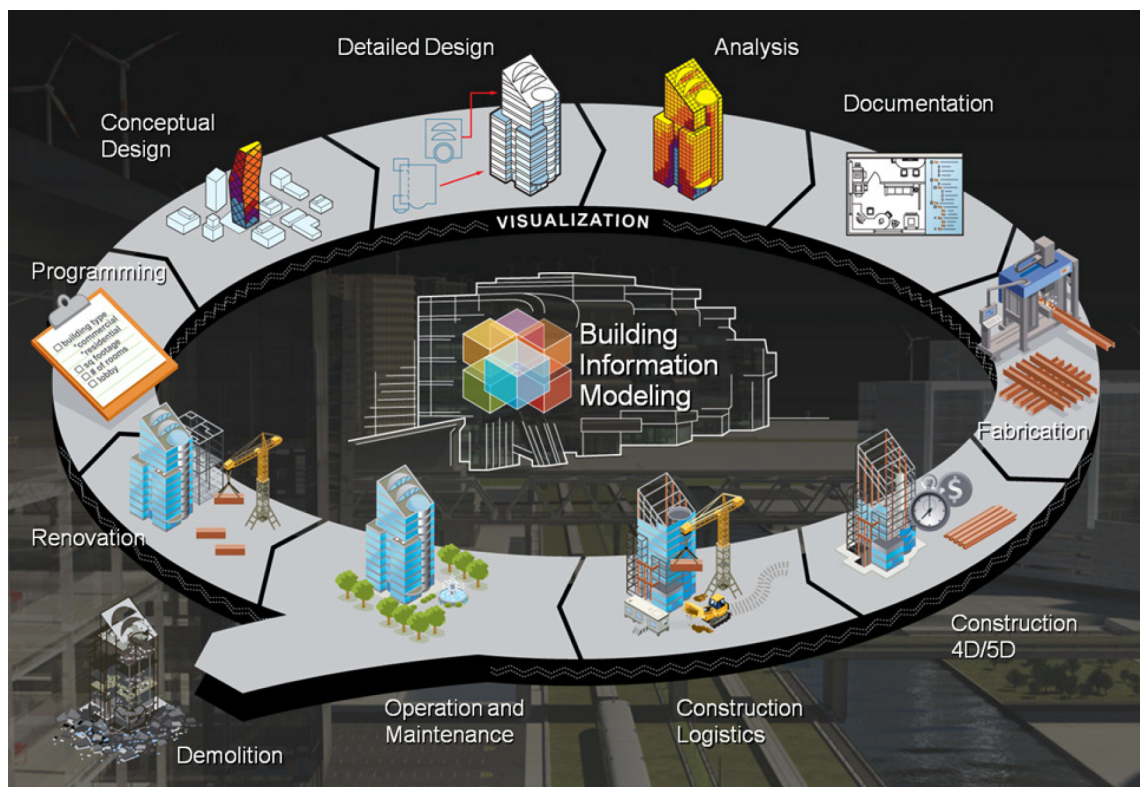
- Kuvassa 11 on suunnitelmien liikkuvuus eri suunnittelijoiden ja osapuolten välillä perinteisessä mallissa ja tietomallien kanssa. On sanomattakin selvää, että tietomallin versio vähentää ristiriitoja, tiedon hukkumista ja helpottaa yhteistyötä.



Kuva 11. Kun kaikki suunnittelijat ja projektin osapuolet käsittelevät samaa mallia, ei tietoa pääse hukkumaan matkalla. [17]

- Simulaation mahdollisuus suunnitteluvaiheessa
 - Valmiissa suunnitelmassa voidaan tietokoneen avulla kulkea virtuaalisesti. Simulaatiossa voidaan luoda sadetta ja tarkastella kaatojen toimivuutta. Simulaatiossa voidaan myös tarkastella miten esimerkiksi jonkun kalusteen lisääminen vaikuttaa pihan yleisilmeeseen.
- Tietosisältö suunnitelmissa
 - Tietomalliin voidaan lisätä tietoja esimerkiksi maaperätutkimuksista, kustannusarvioista, määrätiedoista tai riskianalyyseistä

- Kertyneen tiedon hyödyntäminen ja tietojen täydentäminen kuvan 12 mukaisesti rakennuksen koko elinkaaren ajan
 - Kun toteutumapisteet täydennetään rakennusvaiheen valmistuttua, sekä joka saneerausvaiheen jälkeen on käytössä aina tietomalli joka vastaa rakennuksen tilaa täysin tai ainakin niin täysin kuin mahdollista. Yleisesti kun saneerataan vanhoja kohteita, on ongelmana se, etteivät vanhat suunnitelmat vastaa lähellekään todellisuutta. Tästä johtuen joudutaan tekemään muutostöitä, jotka aiheuttavat lisäkustannuksia tilaajalle. Päivittämällä tietomallia säännöllisesti voidaan näiltä kuluilta välttyä. Myös kunnossapidossa voidaan hyödyntää tietomallia. Näin tietomallista saadaan oiva apuväline koko rakennuksen elinkaaren ajaksi.



Kuva 12. Tietomallin elinkaari [17]

Kuvassa 13 on yhteenvedona listattu dokumenttipohjaisen ja inframallin ominaisuuksia eri toimijoiden näkökulmista. Vasemmalla pystyrivillä on perinteisen suunnittelun malli ja oikealla inframalli.

	Perinteinen 2D-suunnittelu	Inframalli
Lähtötiedot	Koko tietoaineistoa on haastava kerätä yhteen	Kaikki lähtötiedot ovat samassa mallipohjassa
Suunnitelmien havainnointi	Suunnitelmien yhdistäminen mielessä ja havainnointi kolmiulotteisesti haastavaa	Kaikki suunnitelmat yhdessä mallissa, mahdollista pyöritellä kolmiulotteista mallia tietokoneella ja hahmottaminen helpottuu
Suunnitelmien yhteensovittaminen	-Suunnitelmien yhteensovittamisen suorittaa ihminen --> virheen mahdollisuus suurempi -Virheet aiheuttavat kustannuksia, aikataulun venymisiä ja harmaita hiuksia rakennusvaiheessa	-Tietokone yhdistää suunnitelmat samaan malliin, ja malli itse tulkitsee virheet -Suurempi osa virheistä korjataan jo suunnitteluvaiheessa ja näin saadaan säästöjä rakennusvaiheessa
Simulaation mahdollisuus	-Suunnittelija joutuu itse muodostamaan kuvan päässään kohteen visuaalisesta lopputuloksesta	-Suunnittelija voi havainnollistaa eri elementtejen, esim. kalusteiden vaikutusta kokonaisuuteen simulaatio-tilassa
Elinkaariajattelu	-Suunnitelmat jäävät usein kaapinperukoille hankkeen valmistuessa, eikä niitä pystytä hyödyntämään tehokkaasti esim. kunnossapidossa	-Tietomallia pystytään hyödyntämään useassa kohteen elinkaaren eri vaiheessa

Kuva 13. Dokumenttipohjaisen suunnittelemisen ja tietomallintamisen hyötyjen eroavaisuudet

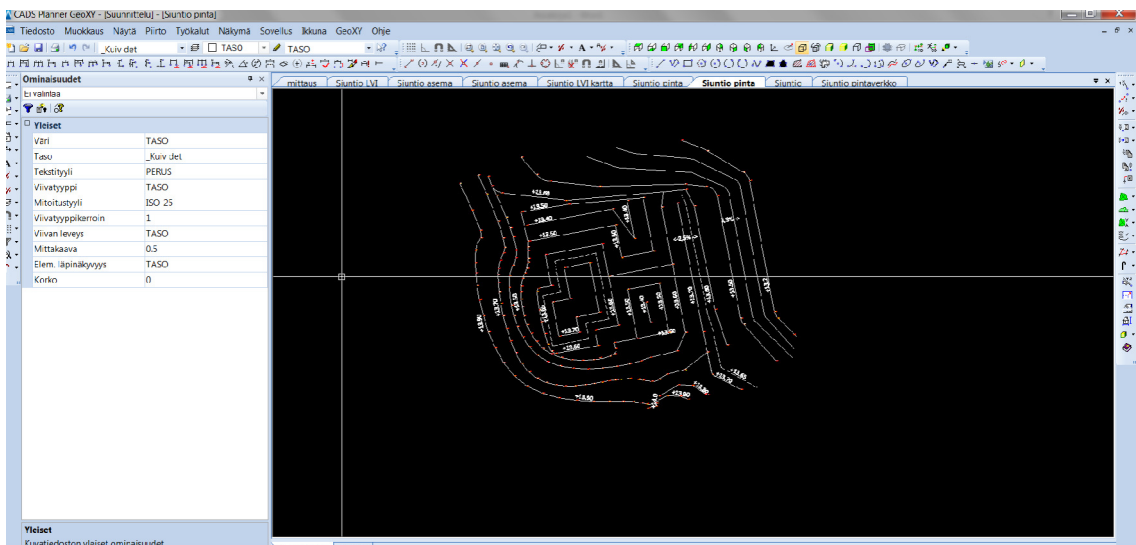
4.2 Koneohjausmallin luominen, case Siuntio

Koneohjausmallin luominen vaatii oman ammattitaitonsa. Yleisesti tämän työn suorittaa joko maanrakennusurakoitsijan mittamies tai ulkopuolinen koneohjausmallien tuottamiseen erikoistunut ammattilainen. Hyviä kohteita, joista tehdä koneohjausmalleja tilaa-

jayrityksen kaltaisessa yrityksessä ovat mm. pinnat, rakennekerrokset, viemärikaivanot sekä anturakuopat

Koneohjausmallia luodessa on tärkeää pystyä havaitsemaan suunnitelmissa ilmenevät ristiriidat, sekä ymmärtää koneohjauksen toimintaperiaatteet. Myös mittamiehen perustaitojen hallitseminen auttaa koneohjausmallintajan työtehtävissä.

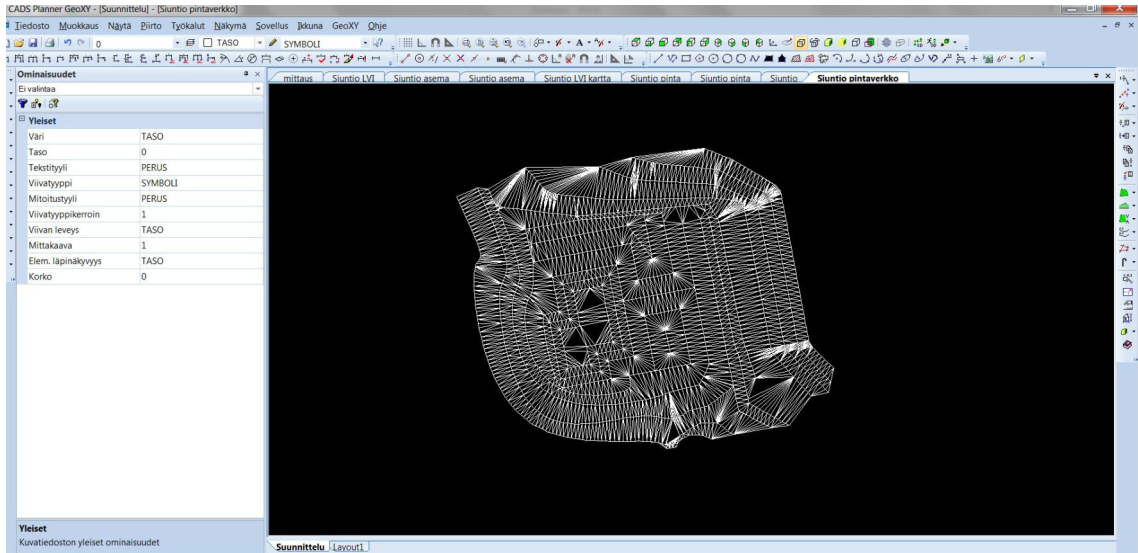
Maastomallia luodessa on tarkastettava, että luotava malli on oikeassa koordinaatitossa ja koneohjausmalli täytyy kohdentaa suunnitelmien kanssa yhdensuuntaiseksi. Suunnitelmat avataan taustalle koneohjausmallia ja niistä pyyhitään kaikki turha tieto pois. Aluksi pitää koneohjausmalliin lisätä korkeuspisteet, eli z-akseli. Kuvassa 14 asemakuvan korkeuskäyrille luotu korkeuspisteet. Näin suunnitelmiin saadaan lisättyä kolmas akseli z-, ja y-akselin lisäksi. Näin käytännössä 2D-suunnitelmista muotoutuu 3D-suunnitelmat.



Kuva 14. Kuvassa lisättyinä korkeuspisteet ennen kolmioverkkojen luontia

Hyviä kohteita pisteiden lisäämiselle maastomalliin ovat mm. seuraavat; pinnantasauskuvien taiteviivat, liikennealueen reunat, kaivojen paikat sekä luiskien ylä- ja alareunat. Mitä enemmän pisteitä luodaan koneohjausmalliin, sitä tarkempi mallista saadaan. [20.]

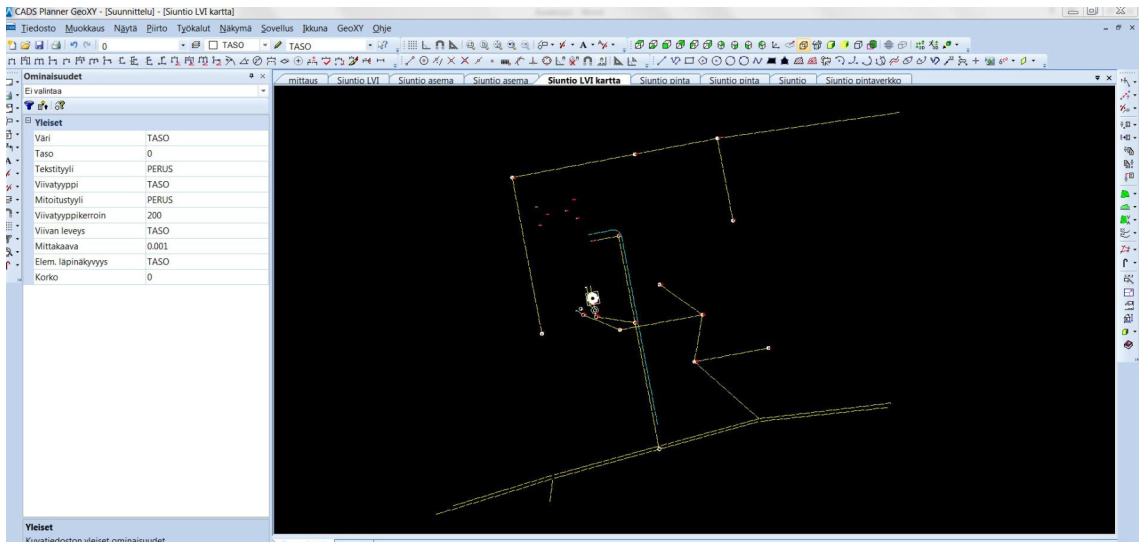
Nyt ollaan siinä vaiheessa, että kaikki tarvittavat pisteet on luotu koneohjausmalliin. Seuraavana vaiheena on mallin kolmioiminen. Kolmioverkon luominen voidaan tehdä automaattisesti koko verkosto kerrallaan tai manuaalisesti yksi kolmio kerrallaan. Kuvassa 15 on kolmioverkko luotu korkeuspisteiden avulla. Kun luodaan yksi kolmio kerrallaan, päästään samalla tekemään laadunvarmistusta, ja voidaan jättää loppuvaiheen tarkastus kokonaan pois. [20.]



Kuva 15. Nyt korkeuspisteiden avulla on samalle asemakuvalle lisätty kolmioverkot

Kun kolmioverkko on nyt luotu kolmio kerrallaan, täytyy se yhdistää kokonaisuudeksi, ja tämän jälkeen hajottaa yksittäisiksi kolmioiksi [20].

Viemärimalli voidaan luoda LIN-muodossa, tai kolmioverkkojen kautta jolloin päästään mallintamaan myös luiskat. LIN-muodossa kaivinkoneenkuljettajalle näkyy siis vain viemärin vesijuoksun korko. Kuvassa 16 on viemäriverkko luotu LIN-muotoa hyväksikäyttäen. Kolmioverkkojen avulla voidaan myös määritellä esimerkiksi luiskien kaltevuus ja mitat, jos niille on määritelty esimerkiksi suunnitelmissa erityisvaatimukset. [20.]



Kuva 16. Viemärimalli luotu LIN-muodossa

Tämän jälkeen pinta tallennetaan oikeaan muotoon. Käyviä tallennusmuotoja on esiteltyä seuraavassa kappaleessa. [20.]

4.2.1 Tietomallien siirtäminen koneohjausjärjestelmään

Kun koneohjausmalli on saatu valmiiksi, täytyy se syöttää kaivinkoneen koneohjausjärjestelmään. Tämän voi tehdä kahdella tavalla, etäyhteyden kautta tai USB-tikulla. Leican koneohjausjärjestelmässä järjestelmä käyttää omia tiedostoformaatteja mallien lukemiseen. Malleja ovat mm. geo, trm, lin/.prf, l3d. Kun ns. yleisiä formaatteja siirretään koneohjausjärjestelmään, esim. landXML-järjestelmä synkronoi tiedostot eli muuttaa ne järjestelmän omiksi formateiksi. [33.]

USB-tikun kautta tiedostoja syöttäessä USB-tikulle luodaan kansio nimeltään "in". Kansion nimeäminen on tärkeää, jotta järjestelmä tietää, mistä järjestelmä hakee oikeat tiedostot. Seuraavaksi in-kansion alle luodaan projekti-kansio, joka voidaan nimetä kuvaavasti projektiin mukaan esim. "Varaston perustusurakka, Koli". Tämän projekti-kansion alle tuodaan kaikki kyseisen projektin mallit ja kuvat. Tämän jälkeen järjestelmä synkronoi tiedostot, eli muuttaa ne järjestelmän omiin formateihin ja avaa in-kansioon tallennetut mallit koneohjausjärjestelmän näyttöpäätteelle. [33.]

Etäsynkronointi käyttää hyödyksi iCON Telematics pilvipalvelua, johon on yhteydessä sekä työnjohdon tietokone, että kaivinkoneenkuljettajan koneohjausjärjestelmä. Etäyhteydellä aluksi luodaan projektikansio pilvipalveluun, mikä nimetään samalla tavalla

kuin USB-tikulla. Kun kansio on luotu, mallit siirretään mallin kuvaketta vetämällä tai kopiaamalla aivan kuten Windows-käyttöjärjestelmässä tiedostojen siirto muutenkin tapahtuu. [33.]

Kun toinen edellisistä tiedonsiirtotavoista on suoritettu, tulee koneohjausmallit hakea vielä koneohjausjärjestelmältä. Tämä on hyvin yksinkertainen toimenpide ja tapahtuu seuraavasti. Koneohjausjärjestelmän näyttöpäätteeltä valitaan kohta ”Työkalut”, tämän jälkeen ”Tiedonsiirto” ja lopuksi suoritettavan siirtotavan mukaan joko ”Etä synk” tai ”USB synk.” Tämän jälkeen laite suorittaa synkronoinnin ja ilmoittaa kun on valmis. [33.]

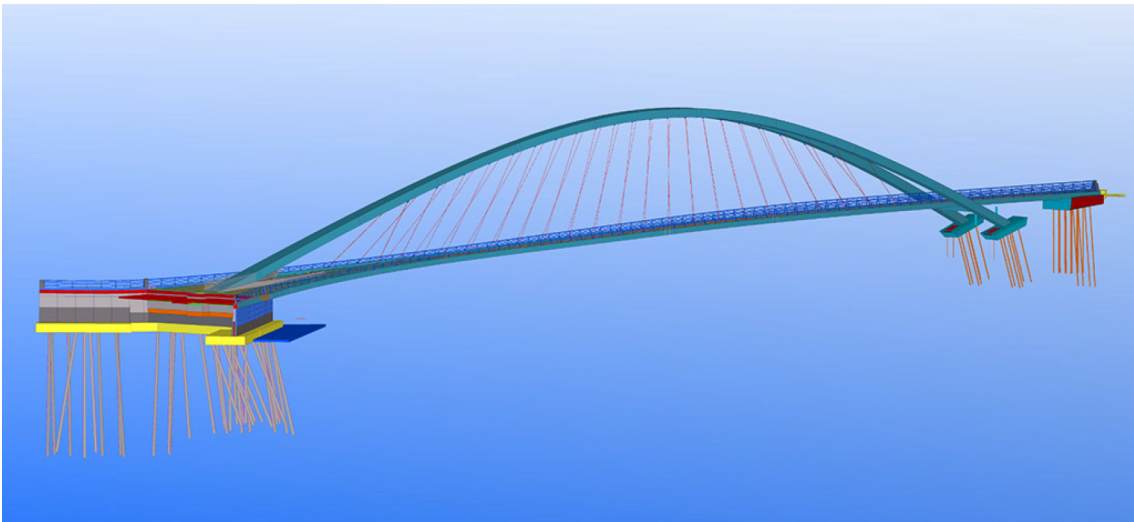
4.3 Tietomallintaminen infra-alalla

Tietokonepohjainen suunnittelu infrassa on alkanut väyläsuunnittelun; geometrian ja siirtomassojen, maanmittauksen ja kunnallistekniikan laskennoista. Näitä oli aikaisemmin tehty käsityönä, joka oli erittäin aikaa vievää työtä. Laskennat suoritettiin tietotekniikan käytön alkuvaiheissa ulkopuolisissa tietokonekeskuksissa. Kuitenkin menetelmän edut; nopeus, laskentojen tarkkuus ja pienentyneet kustannukset vauhdittivat tietotekniikan käytön yleistymistä suunnittelun tukena.

1970-luvulla silloinen Tiehallinto maksoi suunnittelutoimistoille tietotekniikan käytöstä suunnittelussa. Tällä avustuksella oli merkittävä vauhdittava tekijä tietotekniikan yleistyisessä suunnittelun apuvälineenä, ja tämä mahdollisti sen, että Suomeen alkoi ilmestyä ohjelmistotoimittajia infra-alalle. 1980-luvulla erilaiset tietotekniset laitteet ja ohjelmistot olivat jo vakiinnuttaneet asemansa suunnittelussa. Tietotekniikan voimakkaan kehittymisen myötä suunnitteluun käytetyistä ohjelmistoista alkoi tulla yksinkertaisempia, ja suunnittelutoimiston omat suunnittelijat pystyivät suhteellisen lyhyen koulutuksen jälkeen itse hyödyntämään ohjelmistoja. Aikaisemmin suunnittelutoimistot olivat nojanneet teknisten laskentakeskuksien varaan.

2000-luvulla tietotekniikan ja tietomallintamisen haasteeksi on noussut uusi tekijä. Suurien hankkeiden läpiviennissä on valtavia määriä tietoa ja informaatiota, mikä osaltaan johtuu myös nykyhankkeiden monimuotoisuudesta ja monipuolisuudesta. Juuri tähän nykyaikainen tietomallintaminen onkin oiva lääke; oleellinen tieto saadaan sisällytettyä suunnitelmiin ja kallisarvoista informaatiota ei huku eri suunnittelijoiden välillä, kun kaikki työstävät samaa mallia. [34.]

Tällä hetkellä infrapuolella edetään tietomalleissa hyvää vauhtia, mutta tekemistä silti vielä riittää. Helsingin kaupungin rakennusvirasto HKR on alkanut vaatia vuoden 2014 elokuun alussa, että kaikki tulevat silta- sekä taitorakennehankkeet tullaan mallintamaan uudiskohteissa. Isoisän silta joka kulkee Kalasataman ja Mustikkamaan välillä on ensimmäinen kohde, joka myös rakennettiin tietomallien pohjalta. Kuvassa 17 Isoisän silta tietomallinnettuna ja kuvassa 18 sama silta valmiina sillan avajaisissa. InfraBIM:n mukaan se on tuonut kustannussäästöjä sekä nopeuttanut mittatietojen siirtoa. [32.]



Kuva 17. Isoisänsilta tietomallinnettuna sivusta päin



Kuva 18. Isoisänsilta sillan avajaisissa

HKR:n kunnianhimoinen tavoite on päästä eroon kokonaisuudessaan perinteisistä 2D-suunnitelmista myös työmailla. HKRn mukaan suurin saavutettu hyöty tietomallintamisesta olisi kaupunkiympäristössä hajanaisen tiedon ylläpidon hallinnasta. Tietoa on jo paljon olevista rakenteista, mutta tieto on hajallaan arkistoissa, sekä joistakin rakenteista se puuttuu kokonaan. Tämä asia saataisiin korjattua sillä, että tietomallinnusta alettaisiin hyödyntää myös pienissäkin kohteissa. Tämä pienten kohteiden mallintamistarve on siinä mielessä hyvä asia, että tietomallintaminen on tähän mennessä mielletty isojen kohteiden työkaluksi. Tämä tarve auttaisi tietomallintamisen leviämistä myös pieniin kohteisiin ja tämän avulla vauhdittaisi tietomallien käyttöönottoa koko infra-alalla, eikä vain isoissa kohteissa. [21.]

Suomessa vuonna 2014 pidettiin BuildingSMARTIN järjestämä kansainvälinen seminaari tietomallintamisesta infra-alalla. Kun mitataan mallinnusosaamista miltä osa-alueelta tahansa sijoittuu Suomi aina kärkijoukkoon, ja Suomi onkin kärkijoukossa mallinnusosaamisessa. Suomen vahvuuksista esiin nousivat Suomen kyky ja uskallus pilotoida uusia toimintatapoja ja ottaa niitä osaksi käytäntöä, kun muissa maissa taas epäroйдään ja arkaillaan asioiden esille nostamista. Tietomallintamisen eteenpäin viemisessä vaaditaan rohkeutta ja päättäväisyyttä, sillä tietomallintaminen vaikuttaa laajasti eri osa-alueisiin ja vaikutuksia on jopa lainsäädäntöön. Suomi sai arvostusta myös maan käytännönläheisestä tavasta toimia. [22.]

Liikennevirasto ajaa tietomallien käyttöönottoa eteenpäin vaatimalla Inframodel 3-tiedonsiirtoformaatin käyttöä 1.5.2014 jälkeen alkavissa suunnittelu-, toteutus- ja parantamishankkeissa. Inframodel-formaatti on olennainen osa tietomallinnusta infrapuolella ja kuuluu osaksi Infra FINBIM-työpakettia, josta tullaan kertomaan lisää seuraavassa luvussa 4.3.1. Liikenneviraston johto on omalla toiminnallaan sitoutunut ajamaan eteenpäin inframallien käyttöönottoa. Liikennevirasto on asettanut päätavoitteen ja pienempiä välitavoitteita, joiden avulla pyritään tukemaan inframalleihin siirtymistä. [23.]

Tietomallintaminen on merkittävästi infrapuolella jäljessä talopuolta. Tämä on suurimmilta osin seurausta siitä, että infrapuolella lähtötietojen kerääminen on huomattavasti talopuolta hankalampaa ja työläämpää. Lähtöaineiston merkittävä työväline on laserkeilaus. Maanmittauslaitos aloitti vuonna 2008 laserkeilauksen ja tällä hetkellä keilausaineistot kattavat noin kaksi kolmasosaa Suomen pinta-alasta. [24.]

4.3.1 Infra FINBIM

Infra FINBIM on työpaketti, joka kuuluu Infra-alan tulevaisuuden innovaatiopohjaiseen toimitusketjuun. Infra FINBIM:n keskeinen tavoite on tehostaa tietomallipohjaisen aineiston käyttöönottoa infra-alalla, sekä yhdenmukaistaa ja luoda yhteisiä sääntöjä tietomallintamiselle infra-alalla. Tällä toiminnalla pyritään tehostamaan ja laskemaan rakentamisen kustannuksia. [10.]

InfraFINBIM on osa SHOK:ia (Strategisen huippuosaamisen keskittymä). SHOK on julkisten toimijoiden TEKES:in ja Suomen Akatemian sekä yritysten rahoittama yhteistyökeskittymä. SHOK:n rakenne on esitetty kuvassa 19.

SHOK (Strategisen huippuosaamisen keskittymä)					
Energia ja ympäristö (CLEEN Oy)	Biotalous (FIBIC)	Metallituotteet ja koneenrakennus (FIMECC Oy)	Rakennettu ympäristö (RYM Oy)	Terveys ja hyvinvointi (SalWe Oy)	Tieto- ja viestintäteollisuuden tutkimus (TIVIT Oy)

RYM Oy		
Terveyttä edistävät ja tuottavuutta parantavat sisäympäristöt	Built Environment Re-engineering (PRE)	Energizing Urban Ecosystems (EUE)

Built Environment Re-engineerin (PRE)					
Tietomallin käyttö kiinteistön elinkaaren aikana kiinteistöomistajan näkökulmasta (Model Nova)	Tietotyön muuttuva luonne ja vaatimukset sekä seuraukset organisaation ja tilojen johtamiseen (NewWow)	Tietomallipohjainen tuotetiedonhallinta teollisen rakentamisen toimitusketjussa (BIMCON)	Tietomallit ja standardit (DRUM)	Infra-alan tulevaisuuden innovaatiopohjainen toimitusketju (Infra FINBIM)	Yhdyskuntatasoisen rakennetun ympäristön digitaalisten mallien jakamisen, arvioinnin ja kehittämisen alusta (BIMCity)

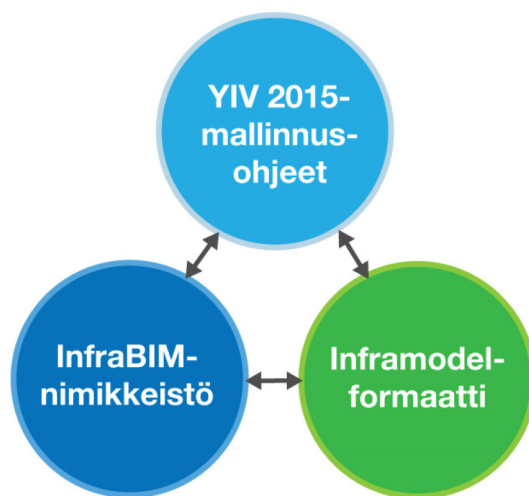
Kuva 19. Infra FINBIM:in sijainti SHOK:n rakenteessa. [20]

SHOK:in toiminta on alkanut vuonna 2008 ja sen alaisuuteen on perustettu kuusi keskittymää eri elinkeinoelämän osa-alueille. SHOK:kiin yhteistyöpiiriin kuuluu suomalaisia yrityksiä, yliopistoja ja tutkimuslaitoksia. SHOK:illa pyritäänkin kehittämään pitkäjänteisesti tutkimus- ja innovaatiotoimintaa. Tällä tavalla pyritään ylläpitämään kilpailukykyä yritysten ja yhteiskunnan kannalta tärkeimmillä aihealueilla.

Juha Sipilän hallitus on päättänyt leikata Tekesin määrärahoja vaiheittain vuoteen 2020 asti. Tämän seurauksena SHOK tullaan ajamaan vaiheittain alas ja sen toiminta loppuu vuonna 2020.

Infra FINBIM:n alkoi vuonna 2010 ja sen visio oli, että vuonna 2014 infran haltijat tilaavat pääsääntöisesti tietomallipohjaista palvelua suunnittelusta kunnossapitoon. Jokainen infra-alalla toimija, ketä on suunnittelun kanssa tekemisissä huomaa heti, että tästä visiosta ollaan jääty selvästi jälkeen, eikä tätä visiota ole vielä tähänkään päivään mennessä saavutettu. Kuitenkin VR Track Oyn: tuotekehityspäällikön Kimmo Laatusen näkemyksen mukaan ”Suurimmat esteet tietomallipohjaisen tilaamisen tieltä onkin saatu raivattua”. Kimmo Laatusen vetää Infra FINBIM työpakettia.

Infra FINBIM –työpaketin näkemys on, että tietomallintamisen laajemmalle käyttöönotolle on olemassa kolme kuvassa 20 esitettyä avaintekijää. Nämä kolme avaintekijää ovat yleiset inframallivaatimukset ja -ohjeet, Suomessa kehitetty avoin Inframodel-tiedonsiirtoformaatti ja tietomallintamista tukeva InfraBIM-nimikkeistö.



Kuva 20. Infra FINBIM:in kolme avaintekijää [19]

YIV 2015 eli yleiset inframallivaatimukset on julkaistu 5.5.2015. YIV on luotu siitä syystä, että tilaajilla ja palvelujen

tarjoajilla on oltava yhteinen näkemys siitä, mitä ja miten mallinnetaan hankkeiden eri vaiheissa. YIV on tarkoitettu olemaan hankinnoissa yleisenä teknisenä viiteasiakirjana ja ohjeena inframallintamiseen

Inframodel-formaatti on tiedonsiirtoformaatti. Inframodel pohjautuu kansainväliseen LandXML-standardiin ja on avoin menetelmä infratietojen siirtoon. LandXML itsessään on dataa, joka on tuotettu maanmittausohjelmalla. LandXML.org on sitoutunut tarjoamaan avointa standardoitua dataa. LandXML-pakettia vetää alan kumppaneiden yh-

teenliittymä. Yleisesti LandXML on alan yleisin datan käsittely- ja siirtomuoto hankkeen osapuolien välillä. [25] [26.]

Inframodel-formaatilla pyritään yksinkertaistamaan tietomallintamiseen liittyvää tiedonsiirtoa sekä käytäntöjä. Yksinkertaistamista pyritään kohdentamaan erityisesti muun muassa maastomittaustietojen siirtoon, suunnitteluohjelmien väliseen tiedonsiirtoon, suunnittelumallien arkistointiin, toteutusmallien tuottamiseen koneohjausta varten sekä toteutuma- ja tarketietojen siirtoon työmaalta suunnittelijoille. Inframodel-tiedonsiirrolla pyritään myös laskemaan virheiden määrää sekä vähentämään hukkaa. Inframodelin uskotaan myös mahdollistavan metatiedon välittämistä, tällä tarkoitetaan varsinaiseen dataan liittyvää ominaistietoa, joka on ominaista tietomalleille. [27.]

Tällä hetkellä eri inframodel-formaatteja on julkaistu versiot yksi kaksi ja kolme (Inframodel 1, Inframodel 2 ja Inframodel 3). Uusin vielä julkaisematon Inframodel 4 on kehitteillä. Uusin käytössä oleva formaatti eli Inframodel 3 perustuu LandXML-versioon 1.2.

InfraBIM-nimikkeistö on ilmeisestikin tehty selventämään ja yhdentämään eri tietomallin osien nimeämistä ja lyhenteitä. Eri osat nimetään ja numeroidaan koodin, nimen ja lyhenteen mukaan. Alla kuvassa 21 on esitetty esimerkkinä tie- ja katusuunnitelmien nimeämistä. [28.]

4. Väylien rakennepinnat ja taiteviivat

Tie / katu

Tien / kadun rakennepinnat

Koodi	Nimi	Lyhenne
162100	Putki- ja johtokaivanto	Putk
162500	Massanvaihtoon kuuluva kaivanto	
171700	Irtilouhittu rakenne, yläpinta	Irtl
181100	Maapenger, yläpinta	Mpe
181500	Vastapenger,	
181600	Esikuormituspenget	
201000	Ylin yhdistelmäpinta	Yyp
201100	Väylärakenteen alapinta	Vap
201200	Alin yhdistelmäpinta	Ayp
211100	Suodatinkerros, yläpinta	Suod
212100	Jakava kerros, yläpinta	Jak
213100	Sitomaton kantava kerros, yläpinta	Sitk
214111	Kulutuseroksen asfalttibetoni AB, yläpinta	Kant1
214113	Kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK, yläpinta	Kant2
216100	Piennartäyte, yläpinta	Pien

Kuva 21. Tie/katusuunnitelmien nimeämishojeita [34]

5 Järjestelmän hankinta

Järjestelmä oli tarkoitus hankkia käyttöön 2014 vuoden sesongin alkuun. Sesongiksi maanrakennusalalla mielletään yleisesti se aika vuodesta jolloin maaperä ei ole rou-dassa. Järjestelmän hankinnassa painotettiin tilaajayritykselle tärkeitä ominaisuuksia järjestelmässä sekä tietenkin hintaa.

Haravoituamme vartenotettavat järjestelmäntarjoajat, kutsuimme jokaisen yksitellen tilaajayrityksen toimistolle pitämään myyntiesittelyyn. Haastattelimme myös muutamia tilaajayrityksen kaivinkonekuskeja sekä mittamiehiä, joilla oli kokemusta koneohjausjär-jestelmistä.

Tämän päätteeksi pidimme muutaman palaverin, joissa teimme päätöksen. Päätöksen tekoon osallistuivat tilaajayrityksen tekninen johtaja Harri Virtanen sekä Joonas Koli.

5.1 Vartenotettavat vaihtoehdot

Pienen tutkinnan jälkeen tultiin siihen tulokseen, että löytyi vain kaksi koneohjausjärjes-telmiä tuottavaa yritystä Suomen markkinoilta, jotka pystyivät vastaamaan siihen uskot-tavuus- ja vakavuustasoon, jolla tilaajayritys töitäänsä tekee. Nämä vaihtoehdot olivat kotimainen Novatron ja kansainvälisessä omistuksessa oleva Scanlaser.

Muita koneohjausjärjestelmiä tarjoavia yrityksiä ovat mm. GOES OM-Tekniikka Oy. Muita vaihtoehtoja tutkiessamme tultiin yleensä siihen tulokseen, että yritys ei ollut vie-lä tarpeeksi suuri tai sillä ei ollut Suomessa tarpeeksi toimintaa taatakseen riittävää varmuutta järjestelmän toimintaan, vaikka hinta olisi voinut olla Scanlaseria tai Novat-ronia halvempi.

5.2 Valittu järjestelmä ja valintaan vaikuttaneet tekijät

Kisa Scanlaserin ja Novatronin kesken oli tiukka, sillä molemmat olivat ominaisuuksiltaan ja teknisiltä tiedoiltaan hyvin lähellä toisiaan. Kuitenkin pieniä eroja yksityiskohdissa löytyi kummankin eduksi melko tasaisesti. Pitkän pohdinnan jälkeen päädyimme kuitenkin kansainvälisessä omistuksessa olevan Scanlaserin tuotteeseen kotimaisen Novatronin sijasta.

5.2.1 Scanlaserin vahvuudet

Scanlaserin hyvinä puolina nousivat esiin parempi GPS/paikannuspalvelu, markkinajohtajan rooli Suomessa, joka todennäköisesti takaa paremman tukiverkon sekä henkilöstön määrän. Scanlaserin liitännät, kaapelit ja konsolit ovat tehty erittäin säänkestäviksi- Scanlaserin sivuilla mainostetaankin lujatekoista rakennetta ja kaapelointia, joka takaa toimivuuden hyvinkin vaativissa rakennusolosuhteissa.

Kummankin koneohjausjärjestelmän mukana tulee pääsy valmistajan pilvipalveluun. Pilvipalvelu on internetissä toimiva alusta, jossa esimerkiksi työnjohto tai mittamies voi seurata kaivinkoneen toimintaa tai lisätä etänä tietomalleja kaivinkoneelle. Kaivinkoneen käyttäjä näkee koneohjausjärjestelmän näyttöpäätteestä päivitettyt tietomallit ja voi näin ottaa ne suoraan käyttöönsä.

Lisäksi Scanlaserin työmaatukiasemalla on pidempi kantama, kuin Novatronilla. Tämä takaa sen, että saman tukiaseman alle saa useamman työmaan tai useamman työkooneen. Scanlaserin tukiaseman kantama on 10 km ja Novatronin tukiaseman kantama 3-5 km.

5.2.2 Novatronin vahvuudet

Novatronin vahvuuksiksi nousivat ensinnäkin sen kotimaisuus. Mutta kotimaisuuteenkaan ei kannata liikaa takertua, jos ulkomaisella tuotteella päästään parempaan tuottoon ja liikevaihdon kasvuun voidaan täten palkata lisää kotimaista työvoimaa.

Novatron mainostaa kuvan 22 mukaan toimivasta etätuesta. Kuten kuvassa 22 sanotaan 83% koneohjausjärjestelmän ongelmista ratkaistaan etätuen avulla alle tunnissa,

5% 1-2 tunnissa ja 2% yli 2 tunnin ajassa. 10% ongelmista joudutaan lähettämään huoltomies. Novatron-etätuen vahvuutena on, että etätuki saa koneohjausjärjestelmän avuttua tietokoneen näytölle. Tällaista koneohjausjärjestelmän näytön näkemisen mahdollisuutta ei ole Scanlaserin etätuella.



Kuva 22. Novatronilla on hyvät tulokset tukipyyntöjen selvityksissä [12]

Novatronin koneen liikkeitä mittaavat anturit ovat Scanlaserin vastaavia kestävämpiä Suomen sääolosuhteissa. Tästä merkinä se, että antureita voidaan lämmitellä, tämä takaa paremman toimivuuden kylmissäkin olosuhteissa. [7.]

Novatronin puolesta puhuu myös se, että 99% sen käyttäjistä suosittelisi kyseistä tuotetta. Tämä luku on erittäin korkea, miten päin vain vertailla ja puhuu yrityksen puolesta. Novatron tarjoaa myös 6kk ilmaisen kokeilun 3D-järjestelmään. [8.]

Novatronin näyttö on isompi ja muutenkin hieman selkeämmän näköinen. Tämä varmasti auttaa alkuun, mutta uskon että konekuski tottuu lyhyessäkin ajassa hieman pienempään näyttöön. Näyttöjen kokoeroista saa hyvän käsityksen vertailemalla kuvia 23 ja 24.



Kuva 23. Novatronin näyttö, näyttöjen kokoja on hyvä verrata sormen kokoon. Sekä kuvassa 5, että 6 näyttöjen edessä näkyy sormi.



Kuva 24. Scanlaserin näyttö, näyttöjen kokoja on hyvä verrata sormen kokoon. Sekä kuvassa 5, että 6 näyttöjen edessä näkyy sormi.

6 Millä ohjelmalla tietomallinnus kannattaa tehdä vai tulisiko se ulkoistaa

Tietomalleja tuottavia yrityksiä haastateltaessa ilmeni muutama mallinnusohjelma erittäin yleisesti käytetyksi. Tällaisia ohjelmia olivat AutoCAD 3D, sekä 3D-Win, joista 3D-Win täysin suomalainen ohjelmisto. Myös CADs planneria mainittiin käytettävän.

Ilmeni heti, että meidän yleisimpiin kohteisiin malleja tehdessä, eli siis perustusurakoihin, ovat tarvittavat mallit melko yksinkertaisia tehdä. Perustusurakoihin malleja tehdessä tarvitsee pääsääntöisesti mallintaa anturakuoppia, viemäreitä, maaleikkauksia sekä rakennekerroksia, ja täyttöjä. Tästä syystä niinkään ohjelmiston erikoisominaisuudet eivät nousseet ratkaisevaksi tekijäksi, vaan ratkaisevammaksi tekijäksi kuten yleensä nousi ohjelmiston kustannukset.

3D-Win toimii kertamaksuperiaatteella ja on hinnaltaan noin 7000,00 € luokkaa, AutoCAD 3D taas toimii vuosilisenssiperiaatteella, riippuen siitä kuinka pitkiä lisenssejä ottaa, hinta on noin 1400,00 € vuodessa. Eli toisin sanoen 3D-Win on maksanut itsensä viidessä vuodessa omakseen. Tämän lisäksi 3D-Win sisältää myös mittamiehelle tarpeelliset ohjelmat tarkepisteiden keruuseen, käsittelyyn sekä tallentamiseen luettavaan muotoon. Mittamiehellä viimeksi käytössä ollut ohjelma oli arvoltaan noin 3000,00 € ja sen voisi näin ollen jättää pois, jos päädytään hankkimaan 3D-Win.

Tänä vuonna työmaita, joissa koneohjausta on päästy täysin hyödyntämään, on ollut neljä kappaletta. Se ei ole hirveän suuri määrä ja näin oman mallinnuksen käyttö ei vielä ole kovin kannattavaa, johtuen jo pelkästään ohjelmistojen hintavista hankintakustannuksista. Jokainen työmaa vie aikaa mallintaa noin yhden ja kahden työpäivän välistä riippuen työmaan laajuudesta ja erityispiirteistä. Tämän jälkeen suunnitelmien muutoksista johtuen aikaa voi kulua vielä mahdollisesti noin yksi tai kaksi työpäivää lisää.

Vaikka mallinnus onkin kallista johtuen lisenssimaksuista ja vähäisistä mallinnuskohteista, olisi ihannetilanne kuitenkin varmasti se, että työmaalla oleva oma mittamies mallintaisi itse tietomallit koneohjausjärjestelmiin. Tämä siitä syystä, että omaa mittamiestä käyttämällä on mallintaminen kaikista joustavimmassa muodossa muutoksille. Tämä tarkoittaa sitä, että pystytään reagoimaan suunnitelmien muutoksiin tai mahdollisiin mallinnuksien virheisiin tai epäkohtiin kaikista ripeimmin ja tehokkaimmin. Mittamiehellä on myös enemmän tietoa käytössään työmaasta, ja myös paremmat kommu-

nikointimahdollisuudet tietomallin käyttäjän eli pääsääntöisesti kaivinkoneenkuljettajan kanssa. Tämä tarkoittaa sitä, että tietomalli pystyy parhaiten vastaamaan sen käyttäjän tarpeisiin ja toiveisiin.

RTA:lla ei tällä hetkellä ole ollenkaan omaa mittamiestä käytössään, vaan mittamiespalvelut ovat ulkoistettu. Jos jatkossa päädytään palkkaamaan oma mittamies ja mallinnettavat kohteet lisääntyvät, on varmasti 3D-Win vahva ehdokas, johon suuntaan olemme erittäin kiinnostuneita toimintaamme kehittämään.

7 Mitä kautta korjausdata kannattaisi hankkia

Korjausdatan hankintaan on olemassa kolme vartenotettavaa vaihtoehtoa, jotka ovat työmaatukiasema, RTK-tukiverkko tai VRS-tukiverkko. Näiden vaihtoehtojen toiminta-periaatteet ovat selvennetty jo aikaisemmin luvussa ”2.4 Korjausdata”.

7.1 Vaihtoehtojen vertailua

Tässä luvussa vertaillaan eri vaihtoehtojen hyötyjä ja haittoja. Luvun lopussa on vielä taulukossa yhteenvetotaulukko eri vaihtoehtojen ominaisuuksista.

Työmaatukiasema on kokonaan omassa käytössä oleva laite, eikä mikään sen toiminnosta nojaa muiden palveluntarjoajien tuotteisiin. Tällä tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi RTK- ja VRS-tukiverkkojen kommunikaatio koneohjausjärjestelmän kanssa perustuu internetyhteyteen. Eli jos internetyhteyden signaali on heikko tai verkko on kokonaan alhaalla, ei koneohjausjärjestelmä saa korjausdataa eikä näin pysty toimimaan.

Työmaatukiaseman perustaminen vie aikaa ja resursseja. Työmaatukiaseman perustamiseen tarvitaan satelliittivastaanotin, radiolähetin, sekä antenni. Osa urakoitsijoista onkin päättänyt rakentaa tukiasemille omia tukiasemakontteja. Tämä johtaa siihen, että jos työmaat vaihtelevat lyhyen väliajoin eivätkä ole pitkäkestoisia, tulee työmaatukiaseman siirtelystä ja perustamisesta suuri rasite suhteessa työhön käytettyyn aikaan. Jos tätä verrataan tilanteeseen, jossa työmaat vaihtelevat tiheään tahtiin ja käytössä on RTK- tai VRS -tukiverkko, jää kaivinkoneen käyttöaste paremmaksi, sillä kaivinkone pysyy koko ajan kirjautuneena verkkoon. Tällöin aikaa ei mene tukiaseman siirtelyyn ja perustamiseen.

Scanlaserin tarjoaman tukiaseman käyttösäde on kymmenen kilometriä. Saman tukiaseman alaisuudessa pystyy toimimaan lähes rajaton määrä koneohjausjärjestelmiä samanaikaisesti. Tukiasema hankitaan yleensä kertamaksulla ja tukiverkon lisenssit vuotuisella lisenssimaksulla. Tukiaseman hinnan ollessa reilut 10 000,00 €/tukiasema ja tukiverkkolisenssin noin 1 600,00 € vuodessa, tarkoittaa se yleisesti sitä, ettei tuki-

asemaa ole kannattavaa hankkia pelkästään yhdelle koneohjausjärjestelmän omaavalle työkoneelle. Eli työmaatukiasema tulee varteenotettavaksi vaihtoehdoksi tilanteissa, jolloin saman tukiaseman alaisuudessa pystyy toimimaan useita kaivinkoneita yhtäaikaaisesti.

VRS-tukiverkon ero RTK-tukiverkkoon on se, että VRS-vaihtoehdossa luodaan virtuaalinen tukiasema käyttäjän viereen. Tällä tavalla päästään vielä hieman tarkempaan mittaustulokseen.

	Vahvuudet	Heikkoudet
Työmaatukiasema (Scanlaser) Plussat ja miinukset +2-3=-1	+Ei riippuvainen internet-verkkojen toiminnasta +Sopii pitkä kestoisille monen koneohjausjärjestelmän omaavan työkoneen työmaalle	-Siirtäminen ja perustaminen vie aikaa -Ei kannattavaa yhden työkoneen työmaalle -Toimintasäde rajallinen 10km
RTK-tukiverkko (Scanlaser) +2-1=+1	+Hankinta saman yrityksen kautta kuin valittu koneohjausjärjestelmäkin (Scanlaser) +Peittoalue kiinteillä tukiasemilla kattaa tilaajayrityksen toiminta-alueen kokonaisuudessaan	-Ei kannattavaa, jos samalla työmaalla toimii useita koneita, ja työmaa on pitkäkestoinen
VRS-tukiverkko (Trimnet) +2-2=0	+Virtuaalitukiasema luo hieman paremman tarkkuuden verrattaessa RTK-tukiverkkoon +Peittoalue kiinteillä tukiasemilla kattaa tilaajayrityksen toiminta-alueen kokonaisuudessaan	-Eri palvelun tarjoaja kuin valitulla koneohjausjärjestelmällä (Geotrim vs Scanlaser) -Ei kannattavaa, jos samalla työmaalla toimii useita koneita, ja työmaa on pitkäkestoinen

Kuva 25. Eri korjausdata-lähteiden vahvuuksia ja heikkouksia

Kuten kuvassa 25, on RTK-tukiverkko tässä vaiheessa sopivin. Työmaatukiasema voisi tulevaisuudessa olla myös varteenotettava vaihtoehto, jos saadut työmaat kasvavat kooltaan, ja työmaalla on järkevää käyttää useampia koneohjausjärjestelmällä varustettuja kaivinkoneita samanaikaisesti pidemmän aikaa.

8 Päätelmät

Tavoitteisiin päästiin mielestäni hyvin. Tietoisuus ja osaaminen tutkitusta aiheesta on lisääntynyt merkittävästi. On saavutettu valmiudet toimia esimerkiksi avustavana asiantuntijana yrityksen tekniselle johdolle, kun mietitään uusien koneiden hankintoja ja sitä onko järkevää varustaa uusia taikka jo yrityksen omistuksessa olevia kaivinkoneita koneohjausjärjestelmällä. Muita mahdollisia uuden opitun tiedon hyödyntämiskohteita voisivat olla koneohjausjärjestelmällä varustettujen kaivinkoneiden sijoittaminen oikeille työmaille, henkilöstön koulutus, tai muissa koneohjausjärjestelmään liittyvissä ongelmissa auttaminen.

Myös hieman suppeahkoihin työtä ohjaaviin tutkimuskysymyksiin saatiin vastaukset. Parhaan koneohjausjärjestelmä-valmistajan valikoiminen yritykselle ei ollut helppoa, sillä molemmat tutkituista vaihtoehdoista osoittautuivat erittäin varteenotettaviksi, ja lopullinen valinta tehtiin lähes vaistonvaraisesti. Molempien valmistajien järjestelmien käyttäjillä on tyytyväinen asiakaskunta, joten kumpikaan valinta tuskin olisi pahasti mennyt pieleen. Tuleva kesä varmasti näyttää todella osuiko valinta oikeaan. Mikäli valitun järjestelmän kanssa ilmenee ongelmia, ei valmistajan vaihtaminenkaan varmasti ole täysin poissuljettu vaihtoehto. Koneohjausjärjestelmän osalta valinta osui lopuksi Scanlaseriin Novatronin sijasta. Scanlaserin vahvuusiksi Novatroniin verrattuna nousi teknisempi ja hieman suorituskykyisempi sekä kestävämpi laitteisto.

Korjausdatan hankinnassa oli yksi järjestelmä selvästi muita järkevämpi ja myös sen käyttöä tullaan kokeilemaan kesällä. Yksimielisesti päästiin valitsemaan Scanlaserin omistuksessa oleva Smartnet niminen RTK-tukiverkko. Novatron tarjoaa oman yhteistyökumppaninsa tukiverkkoa, emmekä kokeneet järkeväksi lähteä sekoittamaan ristiin toisen koneohjausjärjestelmää ja toisen tukiverkkoa. Yrityksellä on vahva usko, että Smartnet tulee palvelemaan yritystä hyvin. Korjausdatan tuottajan vaihtoa tuskin tullaan harkitsemaan, ellei työmaiden koko lähde jyrkkään nousuun. Työmaiden koon noustessa varteenotettavaksi vaihtoehdoksi voisi tulla työmaatukiasema.

Tällä hetkellä markkinoilla on useampi mallinnusta tarjoava yritys, jonka työhinnat ovat erittäin kohtuullisia. Tästä syystä, sekä mallinnusohjelmien korkeasta hankintahinnasta johtuen on päätetty teettää koneohjausmallit ulkopuolisella yrityksellä. Oma mittamies, joka tekisi konemalleja, olisi varmasti notkeampi suunnitelmien muutoksesta johtuviin

koneohjausmallin muutoksiin, mutta korkeiden hankintahintojen johdosta mallinnettavia kohteita pitäisi olla huomattavasti enemmän käynnissä kuin tällä hetkellä.

Yleisesti tästä työstä saatiin oiva alkusysäys sekä valmius ottaa koneohjausjärjestelmä entistä tehokkaampaan käyttöön yrityksessä tulevana kesänä. Työ on herättänyt keskustelua yrityksessä koneohjausjärjestelmästä ja täten myös varmasti nostanut kiinnostusta ja vireystilaa järjestelmää kohtaan, joka edesauttaa parempien hyötyjen ja tulosten saamiseksi koneohjausjärjestelmästä. Myös koneohjausjärjestelmän suhteellinen vähyys talopuolen maanrakennustyömailla antavat mielenkiintoiset lähtökohdat järjestelmän tehokkaaseen hyödyntämiseen ja mahdollisen kilpailuedun saamiseen.

9 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli lisätä tietoisuutta koneohjausjärjestelmästä, sekä saada vastaukset kolmeen työtä ohjaavaan tutkimuskysymykseen. Työn aikana tutkittiin järjestelmän tarjoamia perusominaisuuksia ja mahdollisuuksia, sekä tietomallintamista, että hieman yleisesti tietomallintamisen tilannetta alalla hankkeiden yleistyökaluna. Työn yhteydessä luotiin myös koulutussuunnitelma koskien koneohjausjärjestelmän koulutusta henkilöstölle.

Työn tuloksen luotiin melko kattava yleiskatsaus koneohjauksen periaatteeseen ja sen toimintaan. Tavoitteena ei ollut luoda käyttöohjetta kaivinkoneenkuljettajille, koska semmoinen on olemassa järjestelmän tuottajan tarjoamana. Kaikkiin tutkimuskysymyksiin saatiin vastaus.

Epäselväksi jäi vielä Infra FINBIM:in tulevaisuus. Työ- ja elinkeinoministeriöstä sitä kysyttäessä ei saatu selvää vastausta, ainoa asia mitä kerrottiin, oli että julkiset varat ovat loppu. Suoraan Infra FINBIM:stä kysyttäessä ei vastausta kuulunut ollenkaan. Infra FINBIM:in foorumeita lukiessa huomattiin, että ylläpidon vastauksissa kysymyksiin kului yleensä noin kuukaudesta kahteen kuukauteen aikaa.

Tutkimusta olisi luonnollista jatkaa seuraamalla koneohjausjärjestelmällä varustetun kaivinkoneen työskentelyä työmaalla. Tutkimuksen kohteena voisivat olla esimerkiksi saadut kustannushyödyt eri kustannuslajeista eri työvaiheissa. Näin ollen saataisiin tieto siitä, missä työvaiheissa saadaan kaikkein suurin hyöty ja missä järjestelmää todella kannattaisi käyttää, ja vastaus siihen, onko järjestelmä ollut investointikustannuksiansa arvoinen hyöty.

Lähteet

1. Smartnetin yksittäisen tukiaseman esittelysivusto. Luettu 26.3.2016
http://fi.smartnet-eu.com/yksittainen-tukiasema_220.htm
2. Smartnetin verkko-RTK:n esittelysivusto. Luettu 26.3.2016 http://fi.smartnet-eu.com/verkko-rtk_221.htm
3. Ilkka Penttilä, Lauri Suomela. 2009 GPS-datan korjausmenetelmät. s. 2-3. Luettu 29.2.2016 Saatavissa: http://autsys.aalto.fi/intranet/as-0.3200/attach/S09-02/loppuraportti_nettiin20090515klo0012.pdf
4. Novatronin koneohjauksen esittelysivusto. Luettu 17.3.2016. Saatavissa: <http://www.novatron.fi/fi/koneohjaus.html>
5. Maanmittauslaitoksen gps-mittaussivusto. Luettu 1.4.2016. Saatavissa: <http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/kartoitus/gps-mittaus>
6. Ilmatieteenlaitoksen satelliittipaikannussivusto. Luettu 12.3.2016. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/satelliittipaikannus>
7. Novatronin koneohjauksen tuote-esittelysivu. Luettu 12.3.2016. Saatavissa: <http://novatron.fi/tuotteet/kaivinkoneisiin/xsite-pro-edistynyt-3d/>
8. Novatron esite 2015. Luettu 8.3.2016
9. Geotrimmin VRS-esittelysivusto. Luettu 2.3.2016. Saatavissa: <http://www.geotrim.fi/palvelut/trimnet-vrs>
10. Tietomallintaminen infra-alalla InfraBIM 2015
11. <http://docplayer.fi/docs-images/26/2102335/images/8-0.jpg>
12. Novatronin tarjoamat palvelut. Luettu 28.2.2016. Saatavissa: <http://novatron.fi/palvelut/>

13. Piironen Ville. 2012. 3D-koneohjausjärjestelmä kaivinkoneessa. s. 10. Luettu 10.3.2016 Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41528/Piironen_Ville.pdf?sequence=1
14. Destian esitelmä tietomallin vaikutuksesta laatuun. Luettu 17.2.2016. Saatavissa: http://infrakit.com/wp-content/uploads/2016/02/2.-Infrakit_DestiaGENERAL.pdf
15. Infrabimin artikkeli. Luettu 19.3.2016. Saatavissa: <http://www.infrabim.fi/oulu-kaupunkia-rakennetaan-inframallien-avulla/>
16. Jussi Kauppinen, 2010. Kustannustehokas suuntima-anturi kaivinkoneen työhö-ohjaukseen. s. 10. Luettu 6.3.2016. Saatavissa: <http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/6650/kauppinen.pdf?sequence=3>
17. Rakennustiedon Power Point –esitys: Kohti infra-alan yhteistä tuotemallistandardia. Saatavissa: www.rts.fi/infratm/InfraBIM_kalvosarjaJS.ppt
18. Leppanen Touko, Tietomallinnus Infra-alalla 2013. S. 5,10. Luettu 4.3.2016 Saatavissa: https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/54381/Leppanen_Touko.pdf?sequence=1
19. Infrabimin pääsivu. Luettu 19.2.2016. Saatavissa: <http://www.infrabim.fi/>
20. Haastattelu: Jani Miettunen, Vito-mittaus
21. <http://rym.fi/fi/helsingin-kaupunki-haluaa-infratiedot-hallintaan/>
22. Liikenneviraston artikkeli. Luettu 28.3.2016. Saatavissa: <http://www.liikennevirasto.fi/palveluntuottajat/inframallit/tilannekatsaus-infratietomalleihin#.Vvz9a-KLTIU>

23. Liikenneviraston artikkeli. Luettu 22.3.2016. Saatavissa:
<http://www.liikennevirasto.fi/palveluntuottajat/inframallit/liikennevirasto-edistaa-inframallintamisen-kayttoonottoa#.Vvz9PuKLTIU>
24. Maanmittauslaitoksen laserkeilauksen esittelysivusto. Luettu 28.3.2016. Saatavissa:
<http://www.maanmittauslaitos.fi/ammattilaisille/maastotiedot/kaukokartoitus/laserkeilausaineistot/laserkeilaus>
25. Inframodel 3 -sivusto. Luettu 29.2.2016. Saatavissa:
http://www.infrabim.fi/infrabim_uusi/inframodel_3.html
26. <http://www.landxml.org/org.htm>
27. Inframodel kolmen käyttöohje. Luettu 17.2.2016. Saatavissa:
http://www.infrabim.fi/infrabim_uusi/Inframodel3-kayttoohje.pdf
28. InfraBIM nimikkeistö. Luettu 12.3.2016. Saatavissa: http://www.infrabim.fi/wp-content/uploads/2014/03/InfraBIM_nimikkeisto_v1_5.pdf
29. Haastattelu: Sami Mäkelä Scanlaser
30. Kuvat 5,6 ja 7. Joonas Koli 2016
31. Kuva 8. Santtu Vesterinen 2015
32. InfraBIM artikkeli. Luettu 29.3.2016. Saatavissa.
<http://www.infrabim.fi/helsinki-tehostaa-sillanrakennusta-mallintamalla/>
33. Pikaopas v1.1, Sami Mäkelä
34. Junnonen, Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu, s 24-26. Luettu 5.3.2016
35. Kari Tuominen 2012. Investoi oppimiseen ja kehittymiseen. s. 72-73. Luettu 4.3.2016

Koulutussuunnitelma koneohjausjärjestelmästä



Koulutussuunnitelma

1 (1)

Tällä lomakkeella voit arvioida yrityksen henkilöstön koulutustarpeen sekä laatia koulutussuunnitelman.

Taustatiedot

Koulutussuunnitelma ajalle alustavasti 15.3.2016 → 15.3.2021	Päiväys 15.3.2016
Koulutuksen aihe Koneohjausjärjestelmän käyttökoulutus	Kouluttava henkilöstö Kaivinkonekuskit ja mittamiehet
Koulutukseen osallistuvien osallistujien määrä alussa 4 yhteensä, 3 kaivinkonekuskia ja 1 mittamies	Arvio henkilöstön määrästä suunnittelujakson lopussa noin 20

Koko henkilöstön koulutustarpeen arviointi

Arvio henkilöstön ammatillisesta osaamisesta
Koulutukseen valitaan jo ennestään taitavia kaivinkoneenkuljettajia ja mittamiehiä, joten kaivinkoneen käyttökoulutus ei ole tarpeellinen ja voidaan siirtyä suoraan koneohjausjärjestelmän koulutukseen ja järjestelmään tutustuminen.
Käytettävä koulutusohjelma
Koneohjausjärjestelmän tarjoajalta tulee yksi teoriakoulutus ja yksi käyttökoulutus. Teoriakoulutus pidetään ennen koneohjausjärjestelmän käyttöönottoa ja käyttökoulutus pidetään samassa yhteydessä kun koneohjausjärjestelmä asennetaan kaivinkoneeseen. Koneohjausjärjestelmästä pidetään yhteinen teoriakoulutus koko henkilöstölle.
Koulutuksen tavoite
Koulutuksen tavoitteena on, että kaivinkoneenkuljettaja taitaa koneohjausjärjestelmän käytön ja pystyy hyödyntämään koneohjausjärjestelmää tehokkaasti.
Tarvittavat resurssit koulutukseen
Koneohjausjärjestelmän tarjoajan teoriakoulutus ja käytännön koulutus kuuluvat järjestelmän hankintahintaan, joten näihin ei kulu resursseja. Koneohjausjärjestelmistä vastuussa oleva henkilö vastaa siitä, että mittamies saa tarvittavan koulutuksen ja tiedon hallitakseen tietomallien tekemisen koneohjausjärjestelmälle.
Koulutuksen jälkeen
Koneohjausjärjestelmä otetaan käyttöön koulutetun kaivinkoneenkuljettajan osalta. Mahdollisissa ongelmatilanteissa käytönsalpa vastaa järjestelmän tarjoajan maksuton asiakaspalvelu, sekä yrityksen koneohjausjärjestelmistä vastuussa oleva henkilö.