



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Janne Sandell

Avolouhintaporavaunun toteumatiedon käyttö Infrakitissä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

11.11.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Janne Sandell Avolouhintaporavaunun toteumatiedon käyttö Infrakitissä 33 sivua + 1 Liite
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	Infrarakentaminen
Ohjaajat	Kehityspäällikkö Lauri Metsovuori Lehtori Anu Ilander
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää avolouhintaporavaunun käyttömahdollisuuksia Infrakit- pilvipalvelun avulla. Työ tehtiin Destia Oy:lle joka, on tehnyt pitkään kehitystyötä koneohjauslaitteiden ja -sovellusten tuottajien kanssa. Digitaalisten työkalujen kuten koneohjausjärjestelmien ja pilvipalvelujen tehokas hyödyntäminen ovat keskeisessä roolissa tuotannon kehityksessä ja kilpailukyvyn parantamisessa.</p> <p>Opinnäytetyössä on esitetty myös määrä- ja aikatauluseurannan merkittävyyttä projektinhallinnan kannalta sekä yleisesti digitaalisten työkalujen hyödyntämistä Infrarakentamisessa. Tässä työssä tarkasteltiin, kuinka poratoteumatieto tällä hetkellä siirtyy Infrakittiin ja kuinka sitä pystytään hyödyntämään Infrakitin määrä- ja aikatauluseurantatyökaluilla. Lisäksi työssä pyrittiin tuomaan esille mahdollisia ongelmia ja kehityskohteita, joita poratoteuman käytössä tällä hetkellä ilmenee.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, kuinka tämän hetkinen poravaunun ja Infrakit-pilvipalvelujärjestelmän integraatio toimii. Lisäksi tavoitteena oli muodostaa ohjeistus, jossa on opastettu ja selvitetty, kuinka poratoteumaa voidaan yksittäisessä louhintakohteessa käyttää.</p> <p>Opinnäytetyössä selvisi, että tämänhetkisen integraation avulla louhinnan määrä- ja aikatauluseuranta saadaan siirrettyä Infrakitin puolelle reaaliaikaiseen seurantaan. Suurin hyöty saadaan mahdollisuudesta usean eri poravaunun samanaikaisesta seurannasta. Lisäksi työssä tuotiin esille työssä ilmenneitä keskeisimpiä kehitystarpeita. Työn tuloksena syntyi ohjeistus, kuinka tällä hetkellä poratoteumaa voidaan käyttää Infrakit- pilvipalvelussa. Ohjeistuksen on tarkoitus toimia pohjana käyttötapojen kehittämiseksi jatkossa.</p>	
Avainsanat	Infrakit, koneohjaus, poratoteuma, työnseuranta, määräseuranta

Author Title	Janne Sandell Use of the drilling data from Surface Top Hammer Drill Rig with Infrakit Cloud Service System
Number of Pages Date	11 November 2019 33 pages + 1 appendix
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Environmental Construction
Instructors	Lauri Metsovuori, Development Manager Anu Ilander, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to research the integration of drilling data generated by a surface top hammer drill rig with the Infrakit cloud service system. In addition, the aim was to provide guidance to the site employees on how the drilling data can be used and utilized at a single excavation site. The thesis was made for Destia Ltd, with a long history of developing machine control systems and applications.</p> <p>The thesis emphasized the importance of time and quantity tracking in project management, as well as the most important digital tools for environmental construction. Furthermore, the current method of transferring drilling data to the Infrakit system, and the current uses of drilling data with the volume tracking and scheduling tools of Infrakit were discussed. In addition, the thesis highlighted potential problems and areas for improvement currently occurring in the use of drilling data in Infrakit system.</p> <p>Since drilling data utilization with the Infrakit cloud service system is a relatively new method, this thesis can be used as an introduction to the topic.</p>	
Keywords	Infrakit cloud service, drilling data, machine control, volume tracking, schedule

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Avolouhintamenetelmä	2
3	Projektinhallinta	5
3.1	Yleistä	5
2.2	Määräseuranta	7
2.3	Aikataulusuunnittelu	8
4	Digitalisaation hyödyntäminen rakentamisessa	9
3.1	Tietomallinnus (BIM)	11
3.2	Tiedonsiirto	13
3.3	Satelliittipaikannukseen perustuva koneohjaus	14
3.4	3D-koneohjaus	15
3.4.1	TIM3D poravaunun ohjausjärjestelmä	16
3.4.2	TIM3D ohjausnäkyvät	18
5	Infrakitin hyödyntäminen avolouhinnan projektinhallinnassa	21
4.1	Infrakit ominaisuudet	24
4.2	Poratoteuma ja Sandvik-integraatio	25
4.2.1	Kallioulouhintaporauksen kokeilu -hanke	25
4.2.2	Poratoteumapiste	26
4.2.3	Sandvikin poravaunun ja Infrakitin välinen integraatio	27
4.3	Määräseuranta- ja aikataulut työkalut	27
4.3.1	Poravaunun määrä- ja aikatauluseuranta	29
4.3.2	Poravaunun työnseuranta	31
4.3.3	Poratoteuma	32
4.4	Poratoteuman hyödyntäminen	32
4.5	Kehitystarpeet avolouhinnan kannalta	32
6	Johtopäätökset	33
	Lähteet	35

Liitteet

Liite1. Infrakit -ohjeistus poratoteuman käyttöön

Lyhenteet ja käsitteet

Ominaisporaus	Yhden kuutiometrin irrottamiseen tarvittava porametrinä (porametri/m ³).
Ominaispanostus	Kallion rikkomiseen tarvittava räjähdainemäärä (kg/ m ³).
Elinkaariurakka (PPP)	Hankkeen toteuttaja vastaa julkisen hankkeen suunnittelusta, rahoituksesta, toteutuksesta ja ylläpidosta pitkän sopimuskauden ajan. Sopimuskausi on yleensä 15-30 vuotta. Elinkaarimallista käytetään kansainvälisesti nimitystä Public Private Partnership (PPP).
Infrakit	Tietomallipohjainen työmaanhallintaan tarkoitettu pilvipalvelujärjestelmä.
BIM	Building Information Model. Lyhenne rakentamisessa käytävästä tietomallinnuksesta.
LandXML	XML-pohjainen tiedostomuoto mittaus- ja suunnitelmatiedon siirtämiseen.
IM3	Inframodel3 kansainvälinen LandXML-standardiin perustuva Infra-alalle suunniteltu avoin tiedonsiirtoformaatti.
Metatieto	Rakenteellista tietoa, joka kuvaa, selittää, paikantaa tai muuten helpottaa tietolähteen etsimistä, käyttämistä tai hallitsemista.

IREDES	(International Rock Excavation Data Exchange Standard) Poravaunujen tiedonsiirtoformaatti. XML- pohjainen formaatti jolla suunnittelutieto siirretään poravaunuun ja porauksesta kerätty tieto takaisin suunnittelujärjestelmään.
GNSS	Global Navigation Satellite System. Maailmanlaajuisesti toimiva satelliittipaikannusjärjestelmä, joka hyödyntää useiden eri paikannusjärjestelmien satelliitteja kuten GPS-, Glonass- ja Galileo satelliiteista.
RTK	Real Time Kinematic. Satelliittimittausmenetelmä jolla saadaan senttimetritason mittaustarkkuus reaaliajassa.
TIM3D	Sandvikin kehittämä GPS- järjestelmään (Global Positioning System) perustuva poravaunujen navigointijärjestelmä, joka opastaa käyttäjää porauksessa ja tallentaa poraus- ja poravaunu raportteja.
SanRemo	Sandvikin kehittämä verkossa toimiva reaaliaikainen etäseurantajärjestelmä poraus- ja poravaunuraporttien datan keräämiseen ja lähettämiseen.
API	Application Programming Interface. Ohjelmointirajapinta, joka mahdollistaa useiden eri sovellusten välisen tiedonsiirtoyhteyksien toteuttamisen.
Toteumapiste	Työkoneella mitattu XYZ-koordinaattipiste valmiista rakenteesta.

1 Johdanto

Digitalisaation ja teknologian kehittymisen myötä ovat koneohjaus ja 3D-tietomallinnus tulleet osaksi jokapäiväistä infrarakentamista. Tietoliikenneyhteyksien kehittyminen, mobiililaitteiden yleistyminen ja GNSS-koneohjausjärjestelmät ovat mahdollistaneet digitaalisten suunnittelumallien käytön lähes kaikkialla. Isot rakennushankkeet suunnitellaan digitaalisesti ja sähköisiä suunnitelma-aineistoja hyödynnetään rakennusprojektien eri vaiheissa. Digitaalisten pilvipalvelujen myötä rakentaminen nopeutuu sekä työmaan seuranta ja hallinnointi helpottuvat.

Infrakit-pilvipalvelu on järjestelmä tietomallinnuksen ja työkoneautomaation avulla toteutettavien infraprojektien hallintaan. Sen avulla saadaan yhdistettyä projektin lähtöaineisto, suunnitelmat, rakennushankkeen osapuolet sekä työmaan reaaliaikainen tilanne yhdeksi kokonaisuudeksi. Kolmiulotteiset työsuunnitelmat suunnitelmista eli 3D-pintamallit saadaan ladattua Infrakit-palvelimelle, jonne on linkitetty myös projektin koneohjausjärjestelmillä varustetut työkoneet. Tieto siirtyy laitemallista riippuen lähes automaattisesti työkoneisiin, jolloin kaikilla on uusi ja yhtenäinen suunnitelmatieto käytettävissä. Työkoneista vastaavasti saatava toteumatieto palautuu Infrakittiin automaattisesti, jolloin esimerkiksi tilaaja ja työnjohto voivat seurata työn etenemistä ja laatua suoraan toimistolta.

Tällä hetkellä Infrakittiin integroidut työkoneet ovat pääsääntöisesti kaivinkoneita ja maansiirtoautoja. Pilvipalvelun työkoneautomaatiota koskevat toiminnot ovat pääsääntöisesti tehty tukemaan maaleikkauksien- ja kaivantojen kaivuutöitä sekä täyttö- ja rakennekerrostöitä. Tällä hetkellä kehitetään kalliolouhinnassa käytettävien koneautomaatio poravaunujen integroimista Infrakit-pilvipalvelujärjestelmään. Tavoitteena on saada digitaaliset suunnitelmat siirrettyä pilvessä poravaunujen ohjausjärjestelmiin sekä poravaunuista saatava poratoteuma mahdollisimman automaattisesti takaisin pilvipalveluun, jotta toteumatietoa voidaan tehokkaasti hyödyntää määrä- ja aikatauluseurannassa sekä seuraavissa työvaiheissa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää avolouhintaporavaunun tuottaman toteumatiedon käyttöä Infrakit-pilvipalvelujärjestelmän avulla. Työssä tarkastellaan,

kuinka poratoteuma tällä hetkellä Infrakittiin siirtyy ja kuinka poratoteumaa voidaan käyttää Infrakitin määrä- ja aikatauluseurantatyökaluilla. Lisäksi pyritään etsimään mahdollisia ongelmia ja kehityskohteita, joita poratoteuman käytössä Infrakitin kautta ilmenee.

Työn tilaaja on suomalainen Infra- ja rakennusalan palveluyhtiö Destia Oy, joka rakentaa, suunnittelee ja ylläpitää erilaisia infran rakenteita kuten liikenneväyliä, ratoja sekä liikenne- ja teollisuusympäristöjä. Destian palvelut ulottuvat maanalaisesta kalliorakentamisesta vaativiin pohjarakentamiseen ja kattavaan maanpäälliseen toimintaan. Destiassa 3D-koneohjaus on keskeisessä roolissa tuotannon kehittämisen kannalta. Destia on tehnyt pitkään kehitystyötä koneohjauslaitteiden ja -sovellusten tuottajien kanssa. Erikoistykoneissa kuten poravaunuissa käytettävän koneohjauksen hyödyntämistä pyritään jatkuvasti kehittämään, jotta työ tehostuu ja toiminta saadaan entistä kustannustehokkaammaksi.

2 Avolouhintamenetelmä

Kallionlouhintatyöt voidaan karkeasti jakaa avolouhintaan, maanalaiseen louhintaan ja vedenalaiseen louhintaan. Näistä avolouhinta on määrällisesti eniten käytetty työtapaa. Avolouhinta pitää sisällään kaiken maanpäällä tapahtuvan louhinnan.

Avolouhinnassa käytetään pääsääntöisesti kolmea eri louhintamenetelmää: pengeri-, kanaali- ja tarkkuuslouhinta. Näistä pengeri- ja kanaalilouhinta on tavanomaisin kallion räjäytystyötapaa. Varsinaisen pengeri- ja kanaalilouhinnan erottaa se, että kiven purkautumistien ahtauden vuoksi tarvitaan kanaaliräjäytyksissä suurempaa ominaisporausta ja ominaispanostusta kuin pengeri- ja kanaalilouhinnassa. [2. s.125.]

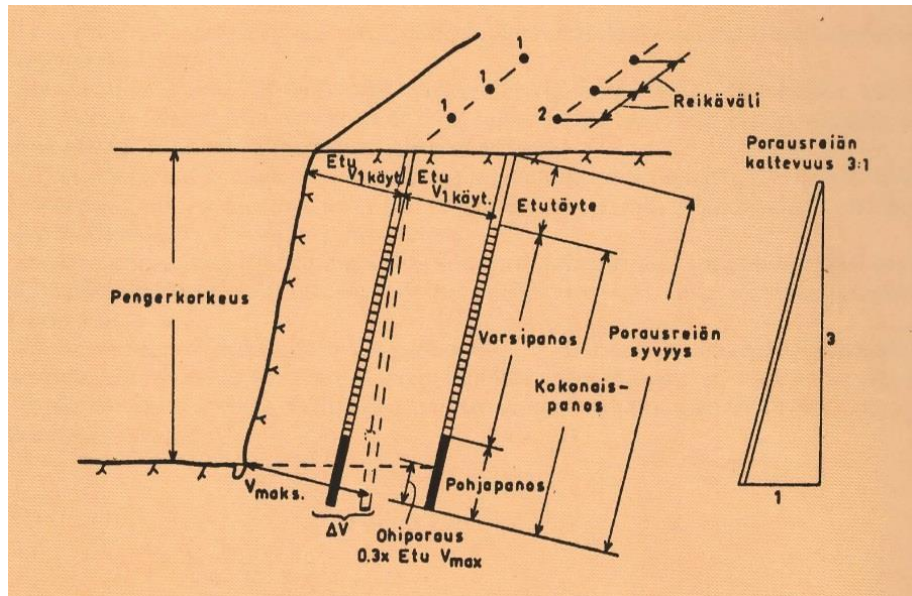
Kuvassa 1 on esitetty pengeri- ja kanaalilouhintakohteen poraussuunnitelma jossa nähtävissä porareikien muodostamat reikärivit ja räjäytyksen suuntaus. Lisäksi nähtävissä on kenttäkohtaista tietoa kuten reikien lukumäärä ja reikämetrit.



Kuva 1. Esimerkki pengerialouhintakohteen poraussuunnitelmasta. [1.]

Pengerialouhinnan työvaiheet ovat yleisesti panostuksen suunnittelu, räjäytettävien kentäreikien poraus, kentän panostus, panostetun kentän peittäminen ja räjäytystyö sekä louheen siirto. Kiviainesten irrotus tapahtuu useimmiten räjähdeaineilla. Avolouhinnassa käytetään asutuskeskusalueella patruonoituja räjähdysaineita kuten patruroidut dynamiitit, jotka on valmistajan toimesta pakattu muoviin, paperiin tai tarkoituksen mukaiseen putkeen. Asumattomalla alueella on mahdollista käyttää patruonoitujen räjähdysaineiden lisäksi bulk-räjähdysaineita kuten Kemiittejä ja Anfoja. Tärinäherkissä kohteissa voidaan joutua suorittamaan räjähteetöntä louhintaa, jossa kivi irrotetaan esimerkiksi kiilaamalla tai panostamalla reiät voimakkaasti paisuvilla aineilla. [3.]

Kuvassa 2 on kuvattu pengerialouhinnan teoreettinen poikkileikkaus ja pengerialouhintaan liittyvät yleisimmät käsitteet, jotka on selitetty kuvan alapuolella.



Kuva 2. Pengerialouhinnan yleisimmät käsitteet [2.s103]

Kallioon porataan reikiä tasaisin välein halutun kokoiseen ruutuun. Ruutu muodostuu reikävälistä ja edusta EtuV1 (Kuva 2.). Reikäväli on reikärivissä olevien reikien etäisyys toisistaan ja etu on sekä reikärivien etäisyys toisistaan, että etummaisen reikärivin etäisyys avoimeen kalliorintaukseen. Pengerkorkeudella tarkoitetaan kerralla irti louhittavan kalliopenkereen korkeutta. Ohiporauksella varmistetaan kallion irtoaminen vähintään halutusta syvyydestä. Panostettu reikä koostuu pohjapanoksesta, varsipanoksesta ja etutäytteestä. Etutäyte on yleisesti sepeliä tai mursketta, jolla estetään räjähteen sinkoilu.



Kuva 3. Sandvik Ranger DX800 keskiraskas porauslaite.

Avolouhintavaunut voidaan luokitella rakenteensa puolesta kolmeen eri kokoluokkaan: kevyet, keskiraskaat ja raskaat yksiköt. Maanpäällisillä louhintatyömailla käytettävä porauskalusto valitaan yleensä louhintakohteen suuruusluokan ja aikataulun mukaan. Kohteen suuruus, aikataulu ja työskentely tilojen ahtaus tekijät määrittelevät käytettävän kaluston koon ja kapasiteetin. Porauskaluston käyttöalue voidaan jakaa pengerkorkeuden mukaan seuraavasti: matalat (3-10 m), keskikorkeat (5-25 m) ja korkeat penkereet. [2. s.129.] Kuvassa 3 on kuvattuna työpainoltaan noin 15tn Sandvikin Ranger DX800 keskiraskas porauslaite, joka on suunniteltu työskentelemään haastavissa maasto-olosuhteissa.

3 Projektinhallinta

3.1 Yleistä

Projektia voisi kuvata kertaluontoiseksi työkokonaisuudeksi, joka on sidottu aikatauluun ja jolle on määritelty tavoite. Projektin saa aina alkunsa asiakkaan tarpeesta ja tilauksesta.

Asiakas luo projektille vaatimukset ja reunaehdot, joiden mukaan projektia aletaan viemään eteenpäin. Rakennushankkeesta puhuttaessa, tyypillisimmät tavat toteuttaa hanke ovat perinteinen kokonaisurakka, yksikköhintaurakka, suunnittele- ja toteuta-urakka (ST), allianssi ja PPP-urakkamuodot. Etenkin PPP-, allianssi- ja ST-urakkamuodot edellyttävät hyvää suunnitteluprosessin hallintaa, mikä lisää urakoitsijan projektinjohtollisia tarpeita merkittävästi. Avolouhintatyö toteutetaan usein urakkamuodoltaan tyypillisesti yksikköhintaurakkana (pää- että aliurakka) johtuen louhittavan kallion kartoitetun määrän epävarmuudesta. [4, s. 23-31.]

Projektinhallinnan kolme päätavoitetta ovat kustannus-, aika-, ja laatutavoitteissa pysyminen. Projektille on määritelty budjetti, jota projektin kuluttamat rahalliset, henkilö- tai materiaaliresurssit eivät saa ylittää. Projektin läpivieminen vaatii rajallisten resurssien organisoimista ja hallintaa niin, että suunniteltu lopputulos saadaan suoritettua aikataulun ja budjetin mukaisesti laatukriteerit täyttäen.

Projektin alkaessa määritetään aina aikataulu, työmäärää ja käytettävissä olevat resurssit. Minkälaisia rahallisia, ajallisia ja laadullisia vaikutuksia eri toimenpiteillä on projektin kokonaisuuteen. Ennustamisen avulla pyritään hahmottamaan, mihin projektissa ollaan menossa, jolloin lähtökohtana on ajantasaisen ja luotettavan tiedon kerääminen.

Rakentamisessa projektin toteuttamiseen liittyvän suunnittelun tarpeeseen vaikuttaa hankkeen koon lisäksi myös toteutettava pääurakkamuoto. Projektin alussa tehdään projektisuunnitelma, joka on realistinen suunnitelma projektin toteuttamiseksi. Projektisuunnitelma sisältää muun muassa kuvauksen projektin laajuudesta ja mahdollisista rajoista, projektin aikataulun, budjetin, urakkamuodon sekä organisaation. Suunnitelmassa asetetaan realistiset tavoitteet, joita voidaan seurata ja mitata projektin varrella. Projektisuunnitelmassa hahmottuvat projektin yleisosat ja työkokonaisuudet. [4, s. 79.]

Projekti ositetaan selkeisiin osakokonaisuuksiin, jolloin työkokonaisuudet jaetaan tehtäväkokonaisuuksiksi, jotka taas puretaan tarvittaessa osatehtäviksi. Ositus voidaan toteuttaa esimerkiksi vaiheittaisella osituksella, missä projekti jaetaan peräkkäisiin vaiheisiin. Näin projekti saa itsenäiset ajallisesti rajatut osat. Projektissa tunnusomaisia vaiheita ovat esimerkiksi esitutkimus, suunnittelu, toteutus ja käyttöönotto.

Projektin osituksen tavoitteena on selkeyttää projektia jakamalla projekti eri vastuukokonaisuuksiin ja aikataulu osa-aikatauluiksi. Osittelu edesauttaa tuotannosuunnittelun onnistumista ja mahdollistaa tehokkaan tuotannon toteutuksen ohjaamisen. [4, s. 91.]

Louhinta on usein pitkäkestoinen työvaihe usein seuraaviin työvaiheisiin verrattuna, Työntehtoon voivat vaikuttaa myös viranomaisten määräämät asiat kuten meluluvan mukainen työskentely, jolloin porausta saa suorittaa vain määrättyssä aikaikkunassa sekä mahdolliset tärinäherkät alueet, joissa louhintatehoa joudutaan pienentämään räjäytyksistä syntyvien tärinöiden takia. Lisäksi työn aikana voi tulla odottamattomia ongelmia kuten konerikot ja kallioalueet, joissa huono kivenlaatu voivat vaikuttaa suunniteltuun työntehtoon.

2.2 Määräseuranta

Määräseuranta on yksi tärkeimmistä rakennustyömaan seurantakohteista. Määräseurannalla seurataan jonkin suoritteen määrää suhteessa käytettyyn aikaan ja teoreettiseen kokonaismäärään. Esimerkiksi kallion louhinnassa on määräseurantaa varten räjäytettävän kallioleikkauksen kiintoteoreettiset (m^3ktr) kokonaiskuutiot selvitetty. Louhinnan edistymistä seurataan kiintoteoreettisten kuutioiden avulla todellisen kallionpinnan ja teoreettisen leikkauspohjan välillä. Louhittaessa saadaan seurattua jäljellä olevan teoreettiseen kiinteän kallion määrää suhteessa irti louhittuun määrään ja siihen käytettyyn aikaan.

Työmaalla määrien todentaminen ja seuranta on tyypillisesti osoitettu mittaustoiminnolle (yksi tai useampi henkilö), jonka tehtävänä on projektijohdon ohjeiden mukaan todentaa suoritteiden syntymistä ennalta laadittujen suunnitelmien mukaan. Louhinnassa määräseurantaa tehdään usein niin että alustavat irrotettavat kuutiomäärät lasketaan panostussuunnitelmista, jolloin saadaan suuntaa antava arvio lähtevistä teoreettisista kuutioista (m^3ktr). Ammutun kentän tarkat kuutiot saadaan vasta kun mittamies on saanut mitattua tarkepisteiden avulla ammutun kentän tilavuuden jäljelle jääneestä kiinteän kallion pinnasta. Mittamies ottaa tarkepisteet louhittavan kallion pinnalta ennen louhintaa ja louhinnan jälkeen irrotetun ja pois raivatun louheen pohjalta. Alustava teoreettinen kuutiomäärä (m^3ktr) korjataan mittamiehen mittaamalla tarkalla todellisella kuutiomäärällä (m^3ktd). Mitä tarkemmaksi alustavien louhintamäärien arviointi saadaan, sitä lähempänä

olla toteutuneita määriä ja suuria yllätyksiä määrissä ei pääse syntymään. Usein laskenta- ja tuotantovaiheen louhintamäärissä voi esiintyä huomattavia eroja. [5, s 37.]

Määräseuranta on tärkeää projektin onnistumisen takaamiseksi. Määräseurannalla tarkastellaan esimerkiksi viikkokohtaisesti irrotettujen kuutioiden todellisia määriä suhteessa laskennan ja tuotannon asettamiin tavoitteisiin. Määräseurannan ansiosta tuotantovaiheessa saadaan selville irrotustehot ja pystytään tekemään tarvittavia korjausliikkeitä, jos on nähtävissä, että ollaan jäämässä suunnitelluista määristä merkittävästi jälkeen. Rakennemäärien lisäksi määräseurannalla seurataan louhintaan käytettyjä työmääriä ja työtehoja kuten porauksen vaativaa aikaa suhteessa irti louhittuun määrään. Vertaamalla toteutuneita työmääriä suunniteltuihin, saadaan kerättyä arvokasta kokemusta ja ymmärrystä tulevia projekteja varten. [6, s. 36.]

Jos louhinta esimerkiksi toteutetaan yksikköhintaurakkana, jota käytetään yleisimmin louhinta- ja maankaivutöiden urakkamuotona, tulisi kiinteiden kulujen kattamiseksi louhittavan kallion määrä olla alun perin laskettu kokonaismäärä, sillä kiinteät kustannukset on jaettu alkuperäiselle suoritemäärälle tarjouslaskentavaiheessa. Kokonaismäärän kasvaminen tarkoittaa tyypillisesti resurssien lisäämistä, jotta suunnittelussa aikataulussa pysytään.

2.3 Aikataulusuunnittelu

Avolouhinta vaiheen onnistuminen edellyttää tarkkaa tuotannosuunnittelua, valvontaa ja tuotannonohjausta asetettujen tavoitteiden ja tehtävien saavuttamiseksi. Tuotannosuunnittelun yksi olennainen osa on ajallinen suunnittelu ja sen ohjaus. Projektin ajallinen suunnittelu kertoo, milloin tehdään, mitä tehdään, missä tehdään ja kenen toimesta. Projektin aikataulua voidaan pitää ohjekarttana projektin läpiviemiselle. Aikataulua suunniteltaessa etsitään työlle realistinen toteutusmalli käytettävien tietojen ja resurssien perusteella. Jotta asetetut tavoitteet olisivat realistisia, tarvitaan tietoja työsaavutuksista, työmenekeistä, työryhmän koosta ja kapasiteeteista. [7. s.6.]

Työaikataulujen, kuten yleisaikataulun tai rakentamisvaiheaikataulun, tehtävänä on antaa informaatiota, mitä projektilla tapahtuu puolen vuoden, kuukauden tai kahden viikon

päästä. Mitä lyhyempikestoinen tarkasteltu aikataulu on, sitä tarkemmin se kertoo projektin työvaiheista työmaalla. Keskeiseksi asiaksi muodostuu poikkeamien havaitseminen ja niihin välittömästi reagoiminen. Louhintatyö tulee tahdistaa muiden työvaiheiden, kuten mahdollisten kaivuu-, raivaus- ja kunnallistekniikkatöiden kanssa. Louhintaa voidaan pitää hankkeen yhtenä kriittisenä työvaiheena, jonka etenemisestä seuraavat työvaiheet ovat riippuvaisia. Esimerkiksi tie-, katu- ja siltahankkeessa kalliota louhitaan tien rakennekerrosten tai perustusten alta, jolloin rakennekerrosten ja perustusten teko päästään aloittamaan vasta kun louhinta on valmis.

Aikataulussa tehtävät ovat töitä tai toimintoja, jotka vaativat aikaa ja resursseja. Toiminnot voivat olla esimerkiksi avolouhinnassa pintamaiden poisto, räjäytettävän kentän poraaminen, räjäyttäminen ja louheen kuljetus. Tehtävien tulee olla sellaisia kokonaisuuksia, että niiden toteutumisen valvominen ja tuotannon ohjaaminen ovat mahdollista. Aikataulun valvonta tulee sekä jatkuvaa kokonaisuuden tuntemista, että vertaamista suunnitelman mukaiseen tilanteeseen. (7. s. 76.)

Reaaliaikaisen aikataulun valvonta korostuu louhinnasta puhuttaessa. Louhinnassa pahasti karannutta aikataulua voi olla mahdoton kuroa kiinni. Työntehoa voi olla mahdoton nostaa tasolle missä aikataulu saataisiin kurottua kiinni johtuen esimerkiksi työhön määrättyistä rajoitteista kuten työaikaikkunoista, jolloin poraus on sallittua.

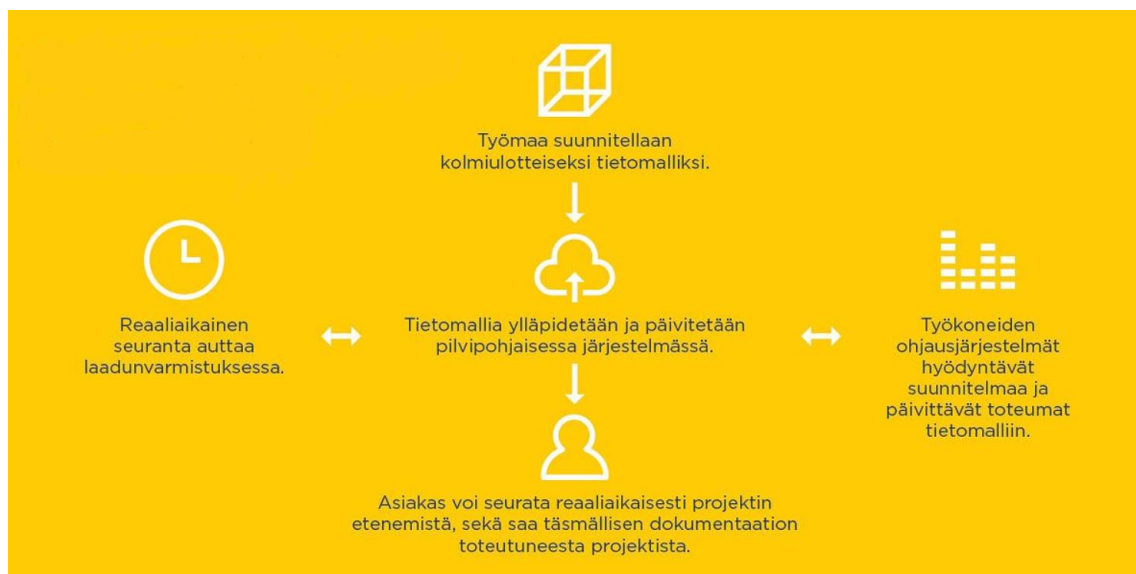
Projektin edetessä ilman erityistä kiirettä ja hallitusti, vältetään aikataulun kirimisestä johtuvat lisäkustannukset, jotka muodostuvat lisäresurssien käytöstä ja mahdollisista laatuvirheiden korjaustöistä. Lisäksi työ saadaan suoritettua turvallisesti.

4 Digitalisaation hyödyntäminen rakentamisessa

Digitalisaatiolla tarkoitetaan yleensä digitaalisten laitteiden ja palveluiden yleistymistä osana ihmisen joka päiväistä arkea. Tietoa tallennetaan, siirretään ja käsitellään tietokoneiden ymmärtämässä muodossa. Digitalisaatio käsitteellä viitataan myös laajemmin taloudelliseen ja yhteiskunnalliseen muutokseen, joka on seurausta informaatioteknologian kehityksestä.

Digitaalisella rakentamisella tarkoitetaan sähköisten aineistojen hyödyntämistä rakennusprojektin eri vaiheissa. Suunnittelu- ja rakennusvaiheessa digitalisaatiolla haetaan keinoja rakentamisen kustannustehokkuuden ja tuottavuuden parantamiseen. Digitaalisten työkalujen käyttö rakentamisessa lisääntyy jatkuvasti ja työkalujen mahdollisimman tehokas hyödyntäminen koko projektin elinkaaren aikana on avainasemassa tuottavuuden parantamiseen. [8.]

Suunnitteluvaiheessa suunnittelijat tekevät tietomallipohjaista aineistoa, joiden avulla uudet suunnitelmat sovitetaan lähtötilanteen mukaisiin rakenteisiin. Työnjohtajat pystyvät hyödyntämään suunnitelma-aineistoa pilvipalveluissa ja työkoneet taas hyödyntävät suunnitelmien pohjalta laadittuja toteutusmalleja. Toteutusmallit kootaan pilvipohjaiseen järjestelmään, josta ne saadaan langattomasti jaettua työnjohton ja työkoneiden käyttöön (Kuva 4). Rakentamisen aikana kerätään tietoa toteumamalliksi, jota voidaan projektin loppumisen jälkeen käyttää kunnossapidon tukena. [9.]

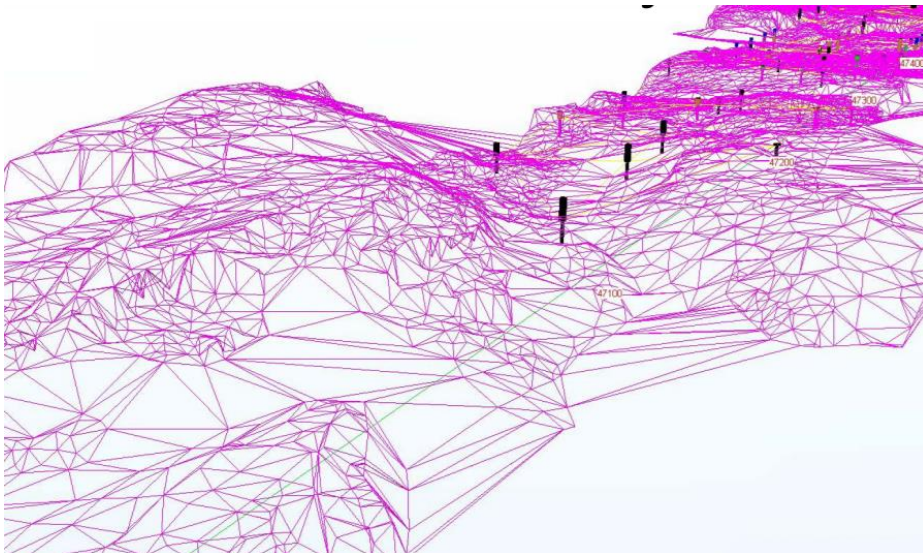


Kuva 4. Kuvaus tietomallipohjaisesta suunnittelusta ja rakentamisesta [9.]

3.1 Tietomallinnus (BIM)

Tietomallilla tarkoitetaan infrahankkeen ja sen rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuutta digitaalisessa muodossa. Keskeisin asia tietomallinnuksessa ei ole välttämättä ole kolmiulotteisten inframallien luominen, vaan älykkään avoimessa siirtyvän tiedon muodostaminen. Kun tieto siirtyy yhdenmukaisessa muodossa, tietoa pystyy ihmisen lisäksi tulkitsemaan tietotekniset ohjelmistot ja sovellukset, kuten mittaus- ja koneohjauslaitteet sekä suunnittelijoiden laskenta- ja suunnitteluohjelmistot. Ideaalitulanteessa pystyttäisiin yhden mallin avulla hallinnoimaan hankkeen koko elinkaarta, suunnittelusta toteutukseen aina ylläpidosta purkamiseen saakka. (RIL) Tietomallinnuksesta käytetään kirjainlyhennettä BIM (Building Information Model). [10.]

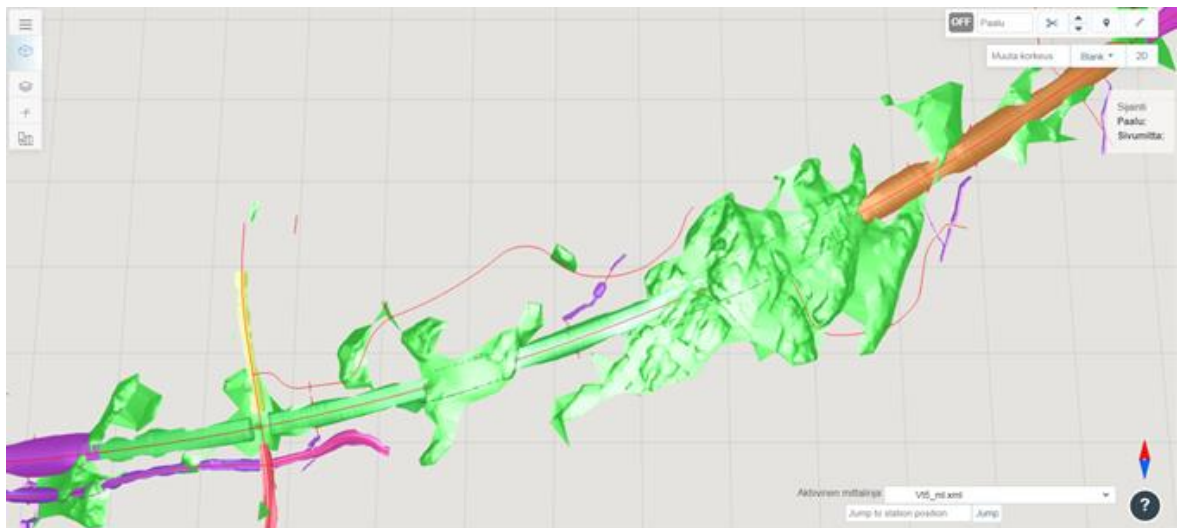
Mallintamisen näkökulmasta rakennusurakan voi katsoa koostuvan seuraavista vaiheista; lähtötietojen keräämisestä, suunnitelmamallin luomisesta, rakentamisen aikaisen toteumatiedon keräämisestä ja toteumatiedon luovuttamisesta ylläpitoa varten. Luotettavien ja käyttökelpoisten lähtötietojen kerääminen on infrahankkeen suunnittelun ja toteutuksen tärkeimpiä tehtäviä. Tällaisia lähtötietoja ovat esimerkiksi maastomalli, maa-perämalli, nykyisten rakenteiden malli ja viiteaineistot kuten päätökset ja viranomaisluvat. Yhdessä lähtötiedot muodostavat lähtötietomallin, joka kuvaa kohteen nykytilaa ja toimii suunnittelun pohjana. [11.]



Kuva 5. Kolmiulotteinen kalliopintamalli [12]

Maanrakentamisen yhteydessä tietomallinnus perustuu pääsääntöisesti pintojen mallintamiseen. Pintamalli kuvaa todellista pintaa, joka on digitaalisessa muodossa suunniteltua tai oikeaa pintaa. Pintamalleilla voidaan esittää muun muassa leikkauspohjaa, kalliopintaa tai maanpintaa. Pintamalli muodostuu pistemäisistä geometriatiedoista, jotka ovat x-, y- ja z-koordinaateissa. Kalliopintamalli (Kuva 5.) saadaan muodostettua yleisesti kalliopintaan tehtävän porakonekairauksen avulla. Kairauksessa porattavista reistä saadaan kalliopintaan sijaintipisteitä, jotka yhdistetään kolmioverkoksi. Tutkittua kalliopintaa voidaan vielä päivittää muilla geofysikaalisilla kartoitus menetelmillä saatavalla tiedolla. Kalliopintamallia hyödynnetään usein määrä- ja aikataululaskelmissa [12.].

Lähtötietojen pohjalta suunnittelijat laativat esimerkiksi tie-, geo- ja siltasuunnitelmat, joihin kuuluu tietomalliaineistoa eli sisältönä voi olla kaivutasomalli, tien linjaus, tien rakenekerrokset, kuivatusrakenteet ja kartoitettu kalliopinta (Kuva 6). Suunnitelmien pohjalta tehdään myös koneohjaukseen tarvittava aineisto, jota käytetään varsinaisessa maa- ja kalliorakentamisessa. Käytettävä suunnitelmakuva ladataan koneohjausjärjestelmään, minkä jälkeen koneohjausjärjestelmän anturit opastavat hytissä olevien monitoiminäyttöjen avulla koneen kuljettajaa työn suorituksessa. Rakennusvaiheen valmistuttua valmiilta esimerkiksi kalliion pinnoilta mitataan toteumatietoja, joiden perusteella toteumamallia voidaan verrata suunniteltuun malliin. Aineistoa tallennetaan koko projektin ajan yhteen ja samaan paikkaan, jolloin projektin kokonaisuuden hahmottuminen helpottuu.



Kuva 6. Kartoitettua kalliopintaa Infrakit yhdistelmämallissa

Suunnittelun aikaisten työmallien laadunvarmistuksesta vastaavat suunnittelijat, joiden työtä ohjaa hankkeen tietomallikoordinaattori. Tehtävänä tietomallikoordinaattorilla on mallien luotettavuuden varmistaminen eri käyttötarkoituksiin, jolloin malleja saadaan hyödynnettyä muun muassa määrälaskennassa, suunnittelun sekä työmaan ohjauksessa. Suunnittelijoiden on valvottava oman suunnitelmamallinsa teknistä laatua ja varmistettava, etteivät mallit sisällä muita kuin normaaliin suunnittelun keskeneräisyyteen liittyviä virheitä. Tietomallikoordinaattori huolehtii yhdistelmämallien kokoamisesta ja raportoi havaitsemansa virheet ja puutteet yhteensopivuudessa pääsuunnittelijalle ja muille suunnittelijoille. [13, s. 11; 3.12.]

3.2 Tiedonsiirto

Työmaan toimivuuden kannalta on tärkeää, miten työkoneet, ohjelmistot ja järjestelmät ovat keskenään yhteensopivia ja kuinka järjestelmät saadaan kommunikoidaan keskenään. Ongelmana voi olla työmaalla käytössä oleva koneohjausjärjestelmä, joka vaatii toimiakseen työmaasuunnitelmat valmistajakohtaisessa tiedostoformaatissa. Tyypillisesti suunnitelma-aineisto joudutaan kääntämään valmistajan omaan formaattiin valmistajan omalla ohjelmalla. Formaatinmuunnos tuo ylimääräisen työvaiheen ja alkuperäisissä suunnitelmissa ollutta metatietoa voi muuntamisen yhteydessä hävitä tai tieto voi olla virheellistä. Työtä saadaan tehostettua ja suoraviivaistettua, kun koneohjausjärjestelmä saadaan lukemaan avointa tiedostoformaattia. [14.]

Suomessa Infra-alalle on kehitetty yhteistyönä monien toimijoiden avulla avoin LandXML-pohjainen Inframodel3-tiedonsiirtoformaatti, joka on avoin menetelmä infrarakennesuunnitelmien siirtoon. Inframodel-formaatin on tarkoitus toimia koko infra-alalla, sekä suunnitteluohjelmissa että mittaus- ja koneohjaussovelluksissa. Inframodel-tiedonsiirron hyötyjä ovat käytännön yksinkertaistuminen, tiedon ja virheiden hukkumisen väheneminen sekä metatietojen välittäminen. [15.]

Langattoman ja avoimen tiedonsiirron avulla saadaan tarkka suunnitelma-aineisto siirrettyä muuttumattomana langattomasti työkoneisiin ilman fyysisiä käyntejä työmaalla. Vastaavasti työkoneen keräämä toteumatieto saadaan lähetettyä työkoneelta eteenpäin eri järjestelmiin jatkojalostusta ja työn seuranta varten.

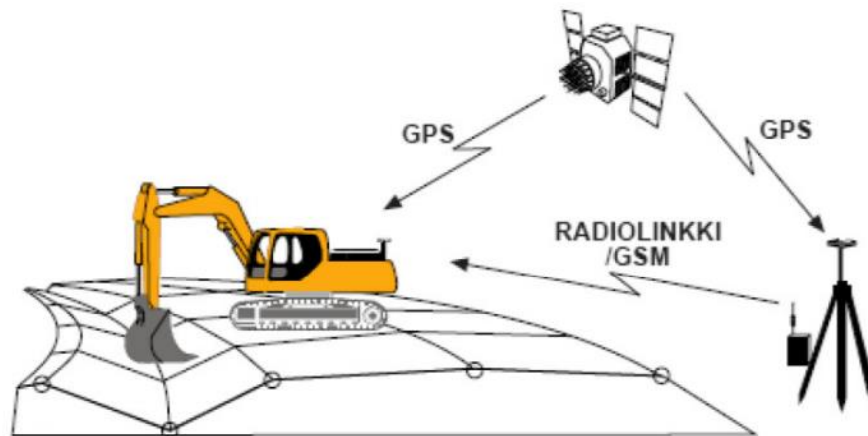
3.3 Satelliittipaikannukseen perustuva koneohjaus

3D-koneohjaus edellyttää täsmällistä paikkatietoa työkoneen sijainnista maastossa. Työkoneen paikantamiseen käytetään RTK GNSS -satelliittipaikannusjärjestelmää (Kuva 7). GNSS on maailmanlaajuisesti toimiva satelliittijärjestelmä joka hyödyntää muun muassa Yhdysvaltojen (GPS), Venäjän (GLONASS), Euroopan (Galileo) ja Kiinan (COMPASS) satelliittijärjestelmiä. Työkoneisiin asennettavien satelliittivastaanottimien ja satelliittien lähettämän signaalin avulla saadaan työkoneen sijainti määritettyä. [16.]

Paikannussatelliiteista saatavan signaalin kulkumatka on erittäin pitkä ja altis erinäisille häiriötekijöille. Nämä häiriötekijät heikentävät mittauksen tarkkuutta. Suoraan satelliiteista saatavan paikannustiedon tarkkuus on metriluokkaa, mikä ei vielä riitä koneohjaussovelluksiin. Koneohjauksessa käytetään RTK-mittausta (Real Time Kinematics) ja Verkko-RTK-mittausta. RTK-mittauksessa paikannustarkkuutta parannetaan työmaalle sijainniltaan tunnetulle pisteelle sijoitetulla tukiasemalla. Tukiasemalla mitataan tunnettujen ja satelliittien avulla määriteltyjen koordinaattien eroa. Tukiasema lähettää mittauksensa koordinaatit koneohjausyksikön vastaanottimelle ja koneohjausyksikön vastaanotin korjaa koordinaattien mittausvirheet reaaliajassa. [17.]

Tukiaseman ja paikantavan koneohjausyksikön välillä on oltava tiedonsiirtoyhteys. Yhteys voidaan muodostaa radiomodeemin tai matkapuhelinverkon välityksellä. Yhden tukiaseman toiminta säde voi olla hyvissä olosuhteissa 10-20 km. Kiinteään tukiasemaan perustuvan paikantamisen etuja ovat sen varmuus ja luotettavuus. Lisäksi samaa tukiasemaa voi käyttää työmaalla useampi työkone. Kiinteän tukiaseman heikkouksia ovat mahdolliset rakennusten muodostamat signaali esteet kaupunkialueella ja metsäisillä alueilla sekä kantamaetäisyydet syrjäisillä työmailla, joissa työkoneen ja tukiaseman etäisyys voi kasvaa. [17.]

Verkko-RTK-mittauksessa monia tukiasemia on linkitetty yhdeksi isoksi yhtenäiseksi tukiasemien verkoksi. Verkkoratkaisun avulla mittausalue saadaan huomattavasti suuremmaksi verrattuna perinteiseen RTK-mittaukseen. Verkkokorjaussignaalia voidaan käyttää syrjäisillä ja tiheään rakennetuilla alueilla kiinteän tukiaseman sijasta. Suomessa muun muassa Geotrim Oy ylläpitää omaa VRS-tukiasemaverkostoa, joka koostuu yli sadasta GNSS-tukiasemasta. [18.]



Kuva 7. Satelliittipaikannus [19.]

Koneohjauksen paikannus voidaan myös tehdä kulman- ja etäisyydenmittauskojeella takymetrillä, jolla mitataan vaaka- ja pystykulmia sekä etäisyyksiä koneen sijaintipisteen ja mitattavan havaintokohteen välillä. Takymetri orientoidaan paikalleen, jolloin laite mittaa sijaintipisteensä koordinaatit. Mittaus tapahtuu tähtäämällä takymetri prismaan, joka heijastaa laitteen lähettämän säteen takaisin takymetriin. Koneohjauksessa havaintoprisma on kiinnitetty työkoneeseen sekä kauhaan, että porapuomiin. Takymetri mittaa prisman sijaintia maastokoordinaatistossa ja prisman sijaintitietoa kolmiulotteisessa maastokoordinaatistossa lähetetään reaaliaikaisesti koneohjausjärjestelmään. Koneohjausjärjestelmä yhdistää takymetrillä mitatut paikkatiedot ja antureiden tuottamat tiedot koneen ja puomin asennosta. Näin järjestelmä pystyy määrittelemään kauhan tai porakruunun sijainnin kolmiulotteisessa koordinaatistossa. [19.]

3.4 3D-koneohjaus

Koneohjaus on nykyään tärkeä osa maanrakennustyömailla tehtävää konetyötä. Maanmittaus laitteiden ja poravaunujen valmistajat ovat kehittäneet markkinoille koneohjausjärjestelmiä, joiden tarkoituksena on tehostaa työn tekemistä. Maa ja kalliorakennustyöissä koeohjausta käytetään yleisesti kaivinkoneissa, tiehöylissä, asfalttilevittimissä sekä pora- ja paalutuslaitteissa. Työkoneen käyttämä 3D-koneohjaus on osa kokonaisuutta, johon kuuluvat työmaiden tukiasemat (koneohjausjärjestelmän valmistajan omat

VRS-tukiasemaverkot), palvelimet sekä ohjelmistot suunnitelmien hallintaan ja käsittelyyn [19].

3D-koneohjauksen toimintaperiaate on yksinkertaisuudessaan se, että koneen kuljettajalle saadaan havainnollistettua kauhan tai terän tarkka sijainti helposti hahmotettavassa visuaalisessa mallissa. Suunnittelijalta saatava kolmiulotteinen toteutusmalli kertoo, kuinka rakennuskohteen maanpinta tulee suunnitelmien mukaan muotoilla. Toteutusmalli ladataan työkoneessa sijaitsevaan ohjausjärjestelmään, jonka jälkeen työkoneen sensorit ohjaavat koneen käyttäjää hytissä sijaitsevan näytön avulla oikeaan paikkaan, kaivuusyvyYTEEN ja kallistukseen [20].

Koneen sijainti saadaan selvitettyä käyttäen apuna joko satelliittipaikannusta tai takymetriohjausta. Peruseriaate on, että työkoneet on varustettu GNSS- tai vastaavalla paikannusjärjestelmällä, joiden paikannusvastaanottimet sijaitsevat koneen takaosassa. Työkoneeseen sijoitettujen sensoreiden avulla työkoneen sekä kauhojen ja terien sijainnit saadaan selvitettyä tarkasti. Järjestelmää voidaan käyttää ohjaamaan koneen hydraulikkaa kuten esimerkiksi puskukoneen terää, jolloin terä seuraa koneeseen syötettyä toteutusmallia samalla kun kuljettaja ohjaa laitetta. Järjestelmää voidaan myös käyttää opastinjärjestelmänä, jolloin kuljettaja vastaa työkoneen liikkeistä, järjestelmän opastessa liikkeitä.

Verrattaessa mittamiehen maastoon tekemien merkintöjen avulla tehtävää perinteistä rakentamista koneohjausjärjestelmien avulla tehtävään rakentamiseen nähdään monia koneohjauksen tuomia etuja. Koneohjauksen avulla saadaan nopeutettua työskentelyä, sillä 3D-koneohjaus mahdollistaa työmaalla työskentelyn olosuhteista riippumatta ja parantunut tarkkuus mahdollistaa työn tasalaatuisen jäljen. Materiaali- ja henkilöstökulut pienevät, kun työ voidaan suorittaa tarkasti suunnitelmien mukaan ilman maastomittauksia. Lisäksi työturvallisuus paranee, kun mittaustarve kaivannoissa ja työkoneiden lähellä vähenee [20].

3.4.1 TIM3D poravaunun ohjausjärjestelmä

TIM3D on Sandvikin kehittämä poravaunun ohjausjärjestelmä, jonka avulla poravaunut saadaan 3D työkoneautomaation piiriin (Kuva 8). Ohjausjärjestelmän toimintaperiaate

perustuu GPS-paikannusjärjestelmään. Suunnittelijan tekemän poraussuunnitelman ja satelliittipaikannuksen avulla saadaan mitattua poravaunun puomille tarkka reiän aloituspiste ja suunta. Järjestelmä osaa lukea porakaavioita, IREDES-standardin ja LandXML-standardin mukaisia tiedostoja. [21 s.7.]



Kuva 8. Digitaalisesti ohjattu, keskiraskas poravaunu ja sen keskeisimmät toiminnot

Automaattisella reikänavigoinnilla saadaan vähennettyä huomattavasti porauksessa tapahtuvia yleisiä virheitä, joita ovat reiän väärä aloituspaikka, väärä suuntaus tai kallistus sekä väärä reikäsyvyys. Virheet johtuvat usein olosuhteista tai inhimillisistä tekijöistä. TIM3D ohjausjärjestelmän tehtävänä on opastaa poraria osoittamalla porauskaavion tai pintamallin mukaisesti reikien tarkat sijainnit, kulmat ja syvyydet. Porari saa ohjaamon näyttöön suunnitellun porauskaavion, jonka avulla hän pystyy navigoimaan porapuomin juuri oikeaan kulmaan porattavan reiän kohdalle. Järjestelmää saadaan käytettyä myös ilman porauskaaviota, jolloin järjestelmään syötetään sama pintamalli, jota esimerkiksi koneohjatut kaivinkoneet käyttävät. Syötetystä pintamallista TIM3D laskee tarkat reikäsyvyydet ja porauskulmat. Koneen kuljettaja määrittää reikien sijainnin. [21 s.7]

Ohjausjärjestelmä antaa porarin myös poiketa suunnitellusta porauskaaviosta esimerkiksi tilanteessa, jossa haluttu paikka on porauksen kannalta mahdoton. Huolimatta uudesta aloituspaikasta, saadaan uuden reiän pohjapiste suunniteltuun kohtaan, kun järjestelmä laskee uuden suunnan todellisen paikan mukaan. [21 s.7.]

Reiän porauksessa ohjausjärjestelmä poraa reiän automaattisesti suunniteltuun syvyyteen. Automaattisella reikänavigoinnilla saadaan optimoitua huomattavasti ohiporausta. Optimoimalla ohiporaus räjäytetty pinta saadaan heti haluttuun tasoon ilman suuria ryöstöjä tai kovaksi jääneitä kohtia. Kun yksittäinen reikä saadaan porattua mahdollisimman tarkasti suunnitelmien mukaan, saadaan parannettua huomattavasti kaikkien kenttäreikien optimaalista sijoittelua. Kenttäreikien optimaalisella sijoittelulla pyritään varmistamaan ominaispanostuksen haluttu määrä kaikissa kentän kohdissa, jotta louheen laatu olisi tasaisempaa sekä irtoamattomien kohtien ja ylisuurten lohcareiden rikotus vähenisi.

Toteutunut porausdata tallentuu automaattisesti kaaviona tietokoneen muistiin, josta se voidaan tarvittaessa siirtää jatkokäyttöön. Porausdata tallentuu kaivosalan tiedonsiirtoformaatin mukaisesti, jolloin sitä voidaan käyttää erilaisissa ohjelmissa mm. räjäytyskaavioiden suunnitteluun ja prosessin optimointiin.

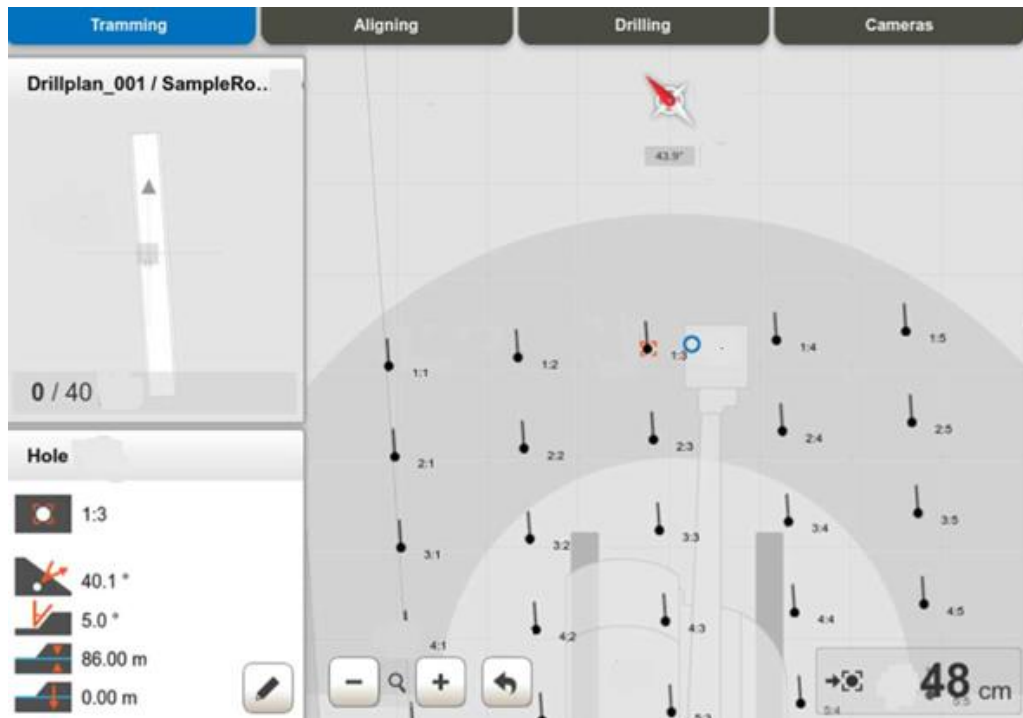
Poravaunujen sijaintia tarkistetaan säännöllisesti, jolloin kruunun sijaintia verrataan tunnettuun pisteeseen. Sijainnin tarkistus voidaan toteuttaa takymetrillä tai työmaalla sijaitsevan pisteen kanssa jonka tarkka sijainti tunnetaan. Jos poravaunun sijainnissa ilmenee virhettä, joudutaan poravaunu kalibroimaan. Poravaunun kalibrointi tehdään yleensä valmistajan toimesta.

3.4.2 TIM3D ohjausnäkyvät

Sandvikin poravaunulla työskentely tapahtuu ohjaamossa olevan näyttöpäätteen avulla. TIM3D:n käyttöliittymä koostuu ajo-, suuntaus-, poraus- sekä kameranäkymästä. Valittu päänäkymä sisältää reaaliaikaista tietoa nykyisestä tehtävästä ja laitteesta.

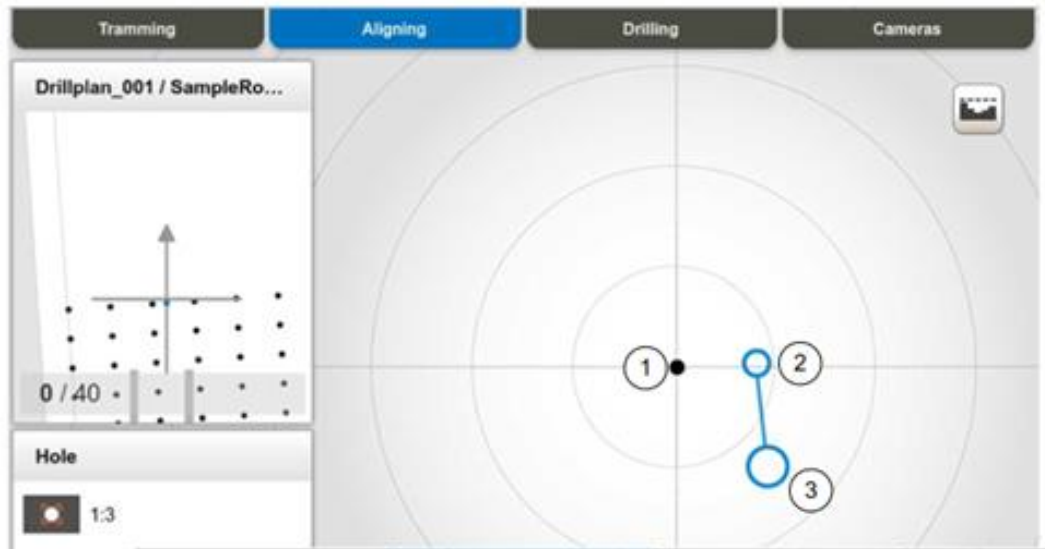
Ajattaessa poralaitetta ajonäkymässä nähdään poralaitteen suuntaus kentässä, sekä poralaitteen likimääräinen työalue koneen edessä. Ruudukko auttaa hahmottamaan po-

ralaitteen ja kentän mittoja silloin, kun näkymää lähennetään tai loitonnetaan. Yksi ruudukon ruutu vastaa neliömetrin kokoista kentän aluetta. Näytössä nähdään lisäksi reikäkohtaista tietoa kuten reiän numero, kaltevuus, reiän suunniteltu lopputaso, ohiporaus sekä räjäytyssuunta (Kuva 9) [21 s.21].



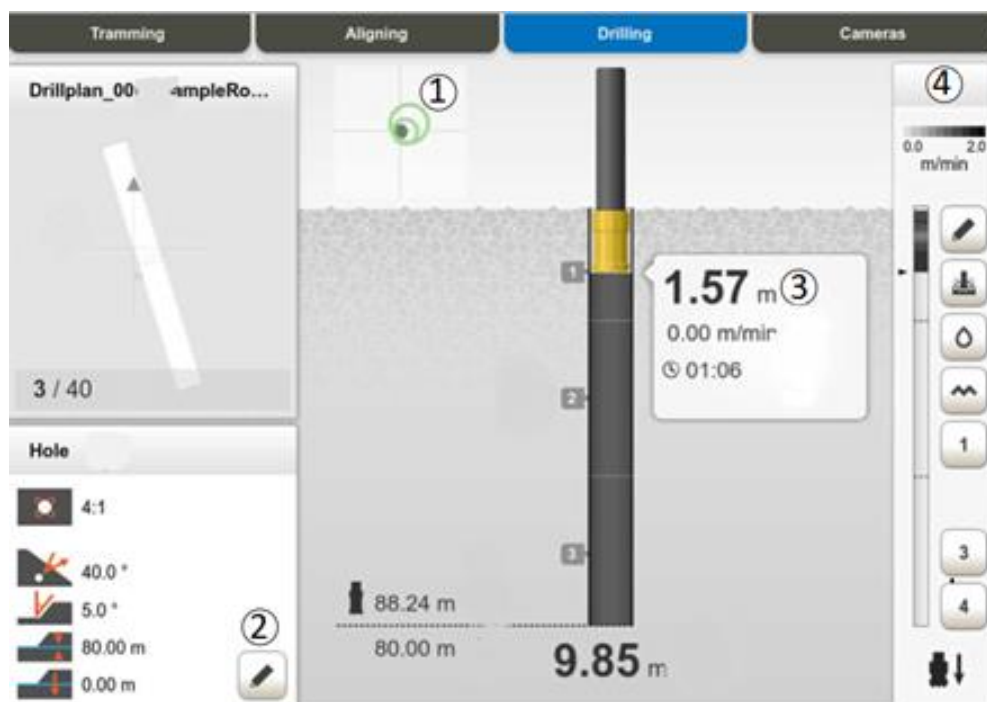
Kuva 9. TIM3D:n ajonäkymä [21 s.21.]

Suuntausnäkymässä kohdistetaan porakruunun sijainti porattavan reiän päälle. Porakruunun kohdistuksen jälkeen kohdistetaan porakoneen syöttöpalkki oikeaan kulmaan, jolloin saadaan porattavalle reiälle haluttu kaltevuus. Kohdistus on suunnitelmien mukainen, kun kaikki näkymässä olevat pisteet 1-3 ovat sisäkkäin (Kuva 10). [21 s. 23.]



Kuva 10. TIM3D:n suuntausnäky [21 s.23.]

Reikää porattaessa porausnäkyssä nähdään poraukseen ja reikään liittyviä tietoja. Porausnäkyssä porari pystyy tarkkailemaan porauksen etenemistä sekä mahdollisia ongelmia ja poikkeamia (Kuva 11) [21 s.25].



Kuva 11. TIM3D:n porausnäky [21 s.25.]

Kuvassa 11 on esitetty seuraavat asiat:

1. Suuntauksen ilmaisin
2. Reikäkohtaiset tiedot
3. Porattavan reiän reaaliaikainen seuranta (reaaliaikainen poraussyvyys, tunkeuma ja reiän poraukseen käytetty aika).
4. Driller`'s note sovelluksen tietopalkki

Driller`'s note sovelluksen avulla käyttäjä voi kerätä ja tallentaa reikää koskevia poraus-tietoja porauksen avulla.

5 Infrakitin hyödyntäminen avolouhinnan projektinhallinnassa

Infrakit on suomalainen vuonna 2010 perustettu infraprojektien hallintaan suunniteltu pilvipalvelujärjestelmä. Idea Infrakitistä sai alkunsa Oulun Yliopistossa rakentamisen automaation tutkimuksessa, jossa havaittiin yleinen työmailla vallitseva ongelma, missä projektien edistymistä ja valmistumista hidasti tehoton ja kankea kommunikaatio. Tämän seurauksena kehitettiin Infrakit pilvipalvelu, jonka avulla hankkeen osapuolten välistä kommunikaatiota parannettaisiin ja projektien läpiviemisestä saataisiin ajallisesti ja kustannuksellisesti tehokkaampaa. [22.]

Suomessa Infrakit- pilvipalvelua käyttävät pääsääntöisesti kaikki suurimmat rakennusyhtiöt kuten muun muassa Destia (Oy), YIT (Oy), Skanska (Oy) ja NRC Group. Järjestelmä on ollut myös eri kaupunkien kuten Espoon, Lahden, Oulun ja Tampereen käytössä. Sekä ulkomailla muun muassa Ruotsissa, Norjassa, Hollannissa ja Ranskassa.

Pilvipalvelun ideana on olla avoin, laitteistoriippumaton alusta, joka pystyy lukemaan erilaisissa avoimissa tiedonsiirtoformaateissa tallennettuja suunnitelmia (Kuva12). Inframodel3-tiedonsiirtoformaatti on kansainväliseen LandXML-standardiin perustuva avoin formaatti infratietojen siirtoon. Inframodel3- tiedonsiirtoformaatin sisältämää tietoa voidaan tarkastella internetselaimella tai tekstieditorissa. Esimerkiksi Väylävirasto (ent. Liikennevirasto) edellyttää IM3-formaatin käyttämistä kaikissa suunnittelu- ja toteutushankkeissa.

Suunnitelmat muodostuvat muun muassa taustakartoista, geometriatiedoista, tietomalleista ja pdf-muotoisista suunnitelmista. Suunnitelmat harmonisoidaan suunnitelmien laatijan toimesta tilaajan haluamaan formaattiin. [22.]

Kun suunnitelmat on siirretty Infrakittiin, ovat ne kaikkien palvelua käyttävien saatavilla. Tämä mahdollistaa muun muassa hankkeen rakennuttajan, suunnittelijan, urakoitsijan ja valvojan tehokkaan yhteistyön. Tieto projektin etenemisestä voidaan jakaa ja vastaanottaa reaaliajassa. Infrakitin reaaliaikaisella työmaaseurannalla pystytään tehostamaan rakentamista ja kaikilla hankkeen osapuolilla on aina käytössä sama ajantasainen tieto. Lisäksi nopean tiedonsiirron ansiosta väärinkäsitykset vähenevät ja mahdollisiin muutoksiin ja ongelmiin pystytään reagoimaan nopeammin.

Infrakit toimii verkkoselaimella, jonka kautta palveluun syötetään projektin lähtö- ja suunnitelmatiedot. Mitään erillisiä ohjelmistoasennuksia ei tarvita. Palvelu keskittää suunnitelmat ja projektin aikana kerätyn datan yhteen paikkaan sekä yhdistää samalla CAD-ohjelmistot, mittausvälineet, työkoneet ja ihmiset (Kuva 12). Lisäksi Infrakit pystyy käsittelemään sähköisessä muodossa olevia suunnitelmia- ja toteumatietoja yhdistelmämallina avoimissa tiedostomuodoissa, jolloin se tekee tiedon jakamisesta, näyttämisestä ja hallinnasta helppoa. Projektilla koneohjauksella varustetut työkoneet yhdistetään palveluun, jolloin pystytään seuraamaan koneiden reaaliaikaista sijaintia ja kulkua. Palvelu päivittyy automaattisesti työkoneista saatavien toteumatietojen mukaan, jonka avulla voidaan seurata työn etenemistä ja tietyiltä osin tarkistaa täyttääkö työn lopputulos InfraRYL:n vaatimat laatuvaatimukset. [22.]

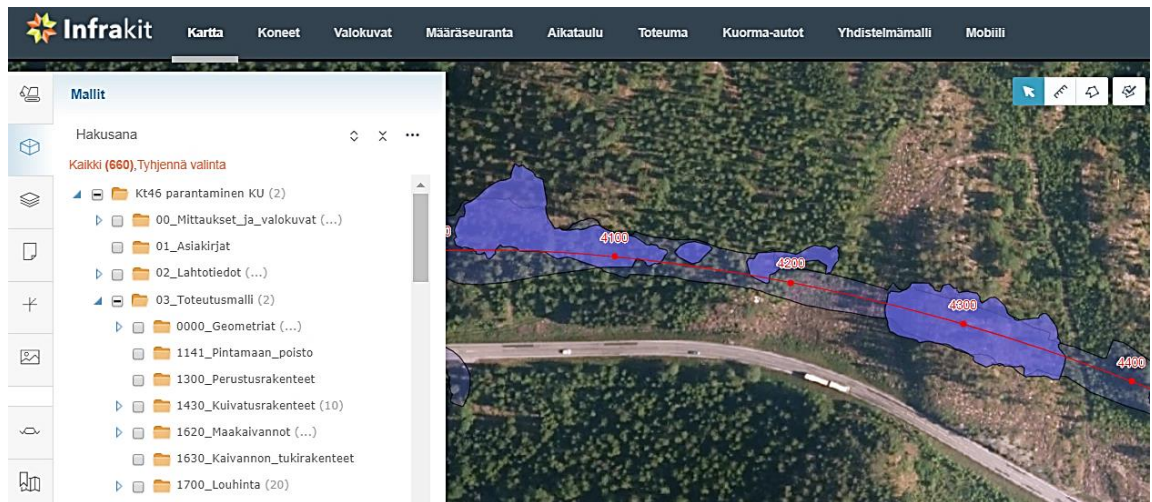


Kuva 12. Infrakit pilvipalvelun toimintaperiaate [22.]

Infrakit pilvipalvelua voidaan käyttää toimistolla tietokoneelta käsin tai työmaalla liikkuessa tabletin tai älypuhelimien kautta. Infrakitin reaaliaikaisen päivittymisen ansiosta työmaan kulkua voidaan seurata ilman fyysisiä työmaakäyntejä. Maastossa Infrakitillä saadaan helpotettua suunnitelmien ja tulevien rakenteiden hahmottamista.

Infrakit on mahdollista asentaa myös Android-älypuhelmiin ja tabletteihin mobiilisovelluksena. Sovellus näyttää karttapohjan päällä muun muassa taustakartat, viiva- ja kolmioverkkomallit, valitun päämittalinjan sekä käyttäjän tarkan sijainnin älylaitteen sisäänrakennetun GPS-paikannusjärjestelmän avulla. Sovellus voidaan linkittää bluetooth-yhteyden avulla ulkoiseen GNSS vastaanottimeen, jolloin saadaan sijainti tarkennettua senttimetrien tarkkuuteen RTK-korjauksen avulla.

4.1 Infrakit ominaisuudet



Kuva 13. Infrakit-sovelluksen pääikkuna, jossa karttanäkymä esitettynä ortokuvapohjalla

Infrakittiin kirjautuessa avautuu Kartta-välilehti (Kuva 13), joka toimii järjestelmän pääikkunana. Karttasivu toimii käyttäjien keskeisimpänä työvälineenä, jolta löytyy kaikki projektin seurannan kannalta oleellinen informaatio. Infrakitin pääikkunassa on näkyvissä valittu projekti, valitut mallit, taustakartat, hankkeelle liitetyt työkoneet ja koneista saatavat toteumatiedot.

Pääikkunan yläosassa sijaitseva toimintovälilehti sisältää projektinhallinnan ja seurannan kannalta tärkeimmät toiminnot [Liite 1]. Käyttöoikeudet määrittelevät sen mitkä välilehdet ovat eri käyttäjille näkyvissä. Välilehdiltä pystytään muun muassa seuraamaan toteumapisteiden avulla työn etenemistä ja suunniteltua aikataulua. Lisäksi projektille tuotuja malleja voidaan tarkastella yhdistelmämallina. Toiminnolla voidaan tarkastella suunnitelmien yhteensopivuutta sekä helpottaa havainnollistamaan projektin eri työvaiheita kolmiulotteisessa näkymässä.

Infrakitin karttanäkymässä saadaan näkyviin kaikki työmaalle liitetyt koneet. Infrakitin avulla saadaan seurattua työkonien liikkeitä, aktiivisuustietoja ja työkonien mittaamia toteumatietoja. Työkonien työskentelyaikoja pystytään myös tarkastelemaan takautu-

vasti. Työkoneiden lähettämien toteumapisteiden avulla saadaan seurattua työn etene- mistä, työn laatua ja konekohtaisia työtehoja. Tämän avulla esimerkiksi isoilla hankkeilla usean työkoneen seuraaminen ja tulevien työvaiheiden suunnittelu helpottuvat.

4.2 Poratoteuma ja Sandvik-integraatio

4.2.1 Kalliolouhintaporauksen kokeilu -hanke

Vuonna 2017-2018 Destia Oy, Sandvik ja Infrakit toteuttivat yhteistyössä hankkeen ni- meltä Digitaalisen kalliolouhintaporauksen kokeilu. Hanke kuului ympäristöministeriön KIRA-digi hankkeeseen, jonka tarkoituksena oli vauhdittaa kiinteistö- ja rakentamisalan digitalisaatiota. KIRA-digi hankkeissa etsittiin ja rahoitettiin nopeita, konkreettisia ja radi- kaaleja kokeiluja, jotka kehittävät kiinteistö- ja rakentamisalan digitalisaatiota. [23.]

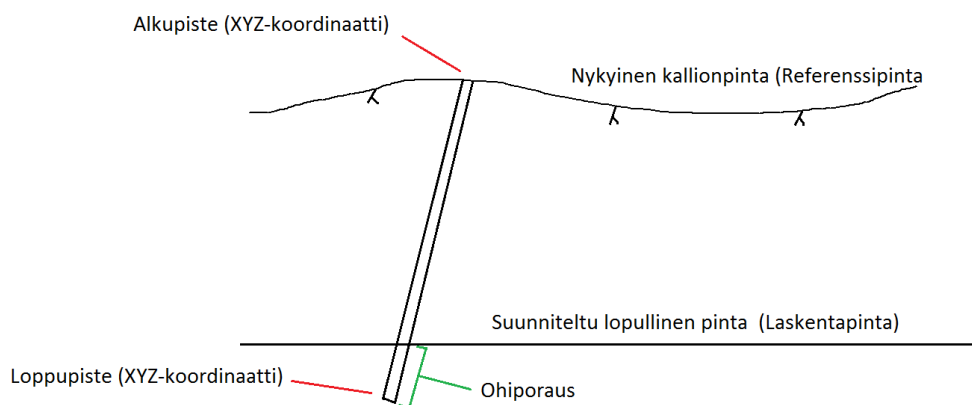
Digitaalisen kalliolouhintaporauksen kokeilu -hankkeessa kehitettiin ja kokeiltiin uuden- laista digitaalista prosessia paperipohjaisen suunnittelun tilalle. Porareikien ja toteuman seuraaminen paperipohjaisesti on työlästä. Uudessa prosessissa on tarkoitus, että po- rauksen suunnitelmätietoa ja porareikien tarkkaa toteumatietoa hallinnoidaan keskite- tysti pilvipalvelussa. Hankkeen tavoitteena oli saada integroitua poravaunu mukaan hankkeen digitaaliseen tietovirtaan. Digitaaliset suunnitelmat siirtyvät pilvestä poravau- nujen ohjausjärjestelmiin sekä porauksen toteuma takaisin pilvipalveluun ja seuraavien työvaiheiden käyttöön. [23.]

Hanke toteutettiin Destian työmaalla, jossa kokeiltiin Sandvikin poravaunun integroitu- mista Infrakit- pilvipalveluun. Integraatio saatiin toimimaan niin, että porattujen reikien koordinaatit siirtyivät Infrakit -palveluun ja näkyivät kartalla. [23.]

4.2.2 Poratoteumapiste

Porauksesta saatavat toteumapisteet muodostuvat GPS-paikannukseen perustuvasta pisteiden sijaintiedosta. GPS-paikannuksen avulla poravaunun ja porapuomin sijainti saadaan määriteltä senttimetrien tarkkuuteen, jolloin porauksesta saatava toteumatieto siirtyy tarkasti Infrakitin puolelle työmaan koordinaatistoon. Alkupisteen XYZ-koordinaatit kertovat reiän aloituspaikan olemassa olevalla kallionpinnalla (Referenssipinta) (Kuva 14).

Porattujen reikien tarkkoja alku- ja loppupistetietoja saadaan hyödynnettyä Infrakitin puolella määrä seurannassa, joka tapahtuu laskemalla kahden pintamallin (Referenssipinta ja Laskentapinta) välisiä määrisiä massoja.



Kuva 14. Poratun reiän alku- ja loppupiste

4.2.3 Sandvikin poravaunun ja Infrakitin välinen integraatio

Osio on toimeksiantajan pyynnöstä salattu.

4.3 Määräseuranta- ja aikataulutyoikalut

Infrakitin määrä- ja aikatauluseuranta voidaan toteuttaa linjapohjaisella- manuaalisella-, mallipohjaisella toteumaseurannalla tai ruudukkolaskentaan perustuvalla toteumaseurannalla. Tehtävien aikataulut päivittyvät aikatauluvälilehdellä sitä mukaan, kun toteuma päivittyy määräseuranta välilehdellä.

Linjapohjaisella toteumaseurannalla projektin etenemistä seurataan paaluväli- tai metriperusteisesti. Projektin eteneminen tulee näkyviin Aikataulu-välilehdelle prosentteina, joka on osuus koko projektin paalu- tai metrimäärästä. Linjapohjaisella toteumaseurannalla ei voida kuitenkaan seurata massoja tai työmäärää. Linjapohjainen toteumaseuranta soveltuu hyvin muun muassa rata- ja tiehankkeille, joissa projektin etenemistä seurataan paaluväli- tai metriperusteisesti.

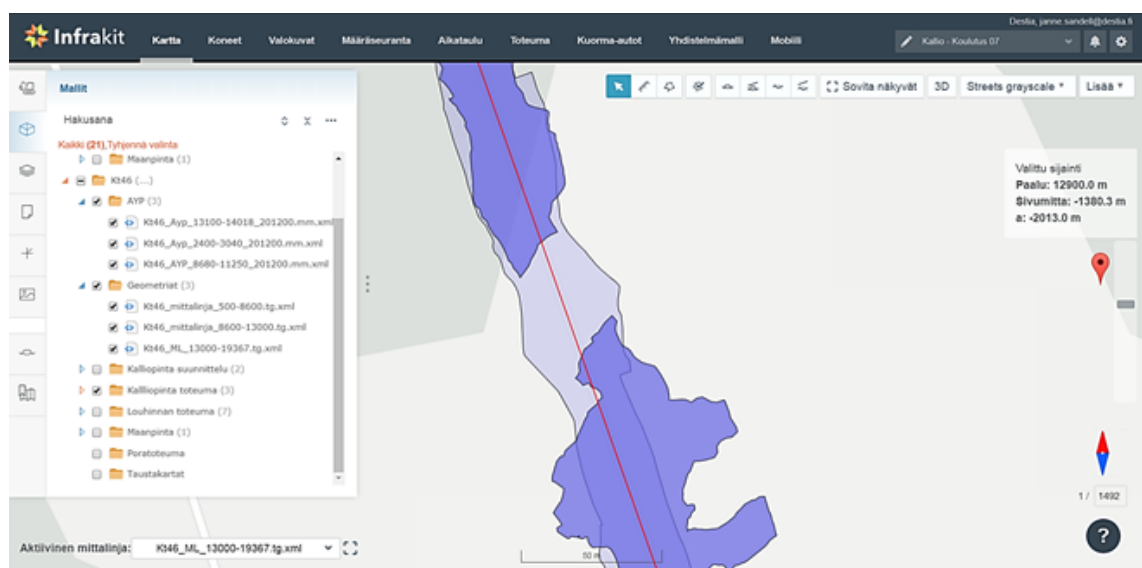
Manuaalisella toteumaseurannalla luodaan erilaisia tehtäviä, joiden etenemistä seurataan prosenttiperusteisesti. Tehtävälle annetaan nimi, esimerkiksi sillat. Seuraavaksi määritellään siltojen lukumäärä. Siltojen valmistuessa, valmiiden siltojen lukumäärää päivitetään, jolloin ohjelma laskee tehtävän valmiusprosentin sekä toteuman avulla päivittää tehtävälle määritellyn aikataulun vastaamaan nykyhetkeä.

Louhinnan määräseurannassa linjapohjaista ja manuaalista seuranta ei pystytä hyödyntämään. Tämänhetkinen poravaunun ja Infrakitin välinen integraatio mahdollistaa kuitenkin sen, että poratoteumaa voidaan hyödyntää käyttämällä mallipohjaista massa- ja toteumaseuranta tai ruudukkolaskenta.

Mallipohjaisella massa- ja toteumaseurannalla saadaan seurattua paaluväleittäin tarvetta massojen leikkaukselle tai täytölle. Mallipohjaisessa toteumaseurannassa määritellään laskenta- ja referenssipinnat. Infrakit laskee leikattavan massamäärän nykyisen

maanpintamallin (Referenssipinta) ja suunnitellun lopullisen pinnan väliltä (Laskentapinta) (Kuva 15). Vastaavasti täytöt, pengerrykset ja rakennekerrokset lasketaan leikkauspohjasta tai alapuolisen kerroksen yläpinnasta rakennettavan kerroksen yläpintaan. Mallipohjainen massa- ja toteumaseuranta päivittyy paaluväleittäin automaattisesti työkonelilta saatavan toteumatiedon avulla, jolloin työn etenemistä pysytään seuraamaan reaaliaikaisesti.

Ruudukkolaskennalla saadaan laskettua aluemaisten kohteiden massoja. Ruudukkolaskennassa määritellään mallipohjaisen toteumaseurannan mukaan laskenta- ja referenssipinnat, joiden väliltä ohjelma laskee massoja.



Kuva 15. Infrakitin karttanäkymässä nykyinen maanpintamalli tummalla pohjalla ja suunniteltu lopullinen laskentapinta vaalealla pinnalla

Kun mallipohjainen tehtävä on luotu, tulee näkyviin massaseurannan pääikkuna (Kuva 16). Taulukosta nähdään paaluväleittäin leikkauksen tai täytön määrä, prosentuaaliset valmistumisasteet leikkaukselle ja täytölle sekä koko tehtävälle. Tarvittaessa saadaan piirrettyä myös tehtävälle määritellyltä paaluväleiltä toteutunut poikkileikkaus.

#	PAALU	LEIKKAUS (M2)	LEIKKAUS (M2)	LEIKKAUS SUMMA (M3)	RAJA (M2)	RAJA (M2)	SUMMARAJA (M2)	VALMISTUNUT LEIKKAUS	VALMISTUNUT TÄYTTÖ	POIKKILEIKKAUS
1	10790.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	10810.00	2.41	24.10	24.10	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	10830.00	13.49	159.00	183.10	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	10850.00	2.27	157.60	340.70	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	10870.00	0.00	22.70	363.40	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	10890.00	26.61	266.10	629.50	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	10910.00	99.49	1261.00	1890.50	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	10930.00	122.51	2220.00	4110.50	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	10950.00	161.42	2839.30	6949.80	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	10970.00	174.03	3354.50	10304.30	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	10990.00	60.99	2350.20	12654.50	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	?

Kuva 16. Mallipohjaisen massalaskennan pääikkuna

4.3.1 Poravaunun määrä- ja aikatauluseuranta

Määräseurantatehtävä päivittyy sitä mukaan, kun poravaunu lähettää poratoteumaa Inf-rakittiin. Toteumapäivitys tapahtuu Määräseuranta-välilehdellä (Kuva 16), jossa nähtävään valmistunut leikkauskohtaan tulee automaattisesti ruksi ja päivämäärä. Samalla tehtävän valmiusaste ja aikataulu päivittyvät. Tehtävä päivittyy paaluvälitarkkuudella, mikä on määritelty tehtävää luotaessa. Tarkkuutta saadaan säädelyä aina metrin tarkkuuteen asti. Paaluvälin tarkkuuden säädössä on huomioitava, että lähetetty poratoteuma päivittyy aina seuraavaan määriteltyyn paaluväliin.

Aikatauluvälilehdellä (Kuva 17) nähdään kaikkien toteumaseurantatehtävien tilanteet, joille tehtävää määriteltäessä luotiin aikataulu automaattisesti tai jotka on Aikataulu-välilehdellä luotu manuaalisesti. Kalenterissa nähdään tehtävien aloitus- ja valmistumispäivämäärät, eteneminen ja suunnitellussa aikataulussa pysyminen. Kuvassa (Kuva 21) nähdään, kuinka vihreä kuvaaja on aikataulussa, kun taas punainen kuvaaja on selvästi jäljessä suunnitellusta aikataulusta.

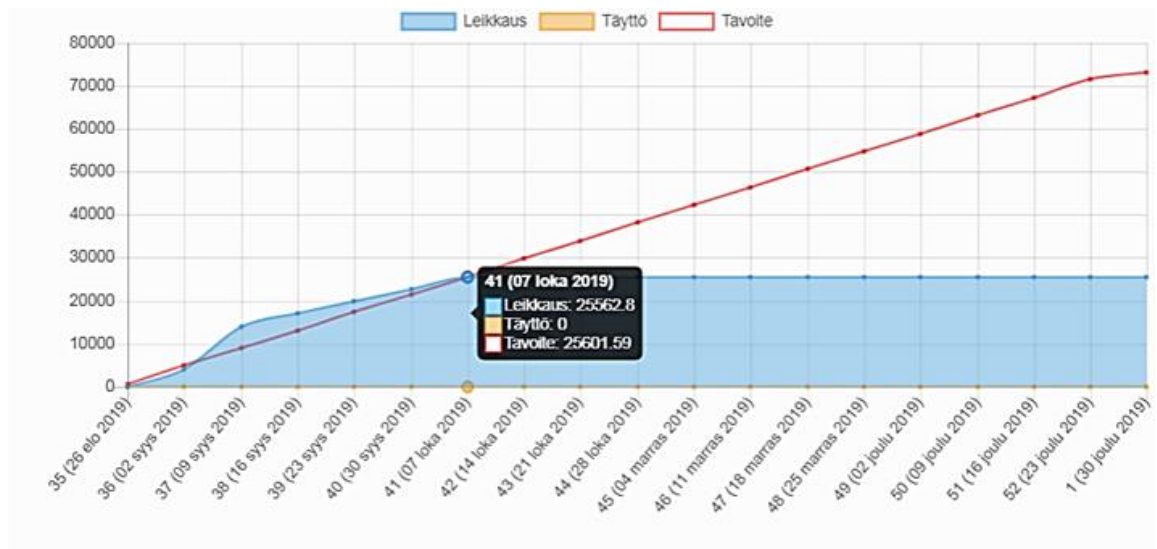
Aikatauluvälilehdellä janakuvaajien avulla on helppo kuvata aikataulujen tilannetta ja esittää niitä osana tilanneraportteja. Suurimmat puutteet ovat tällä hetkellä, että kuvaajista ei selviä tehtävien kriittisyys ja niiden väliset riippuvuudet.



Kuva 17. Infrakitin aikatauluseuranta

Aikataulu-välilehdeltä saadaan luotua reaaliaikaisesti päivittyvästä toteumasta graafisia kuvaajia, joiden avulla saadaan helpotettua oleellisen tiedon havainnollistamista. Kuvaajien avulla pystytään havainnollistamaan päivä-, viikko- ja kuukausikohtaista etenemistä ja aikataulujen pysymistä suunnitellussa. Kuvaajiin pääsee klikkaamalla tehtävien nimen vieressä olevaa pylväskuvaketta.

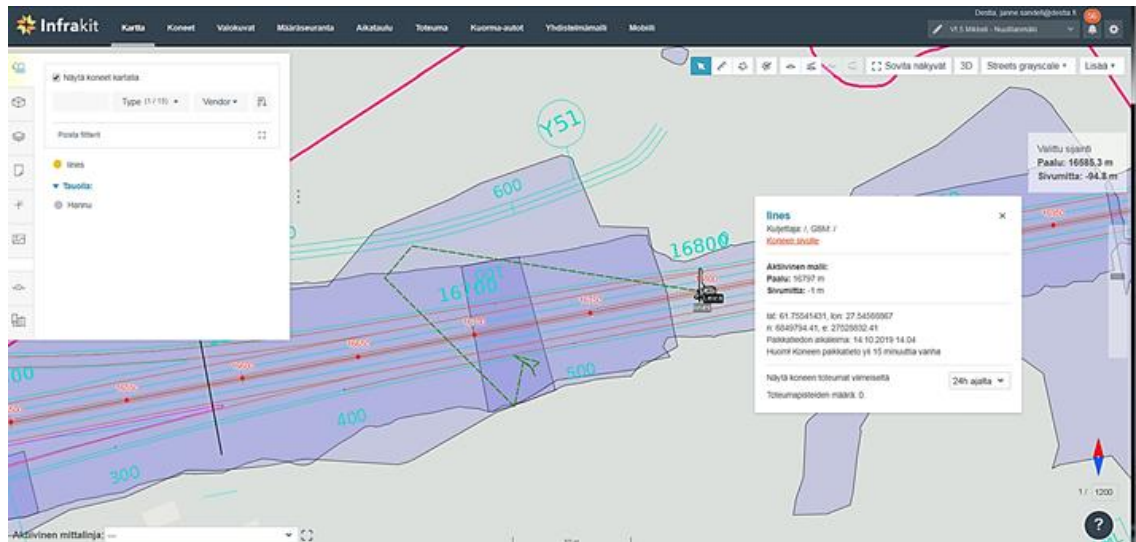
Kuvassa (Kuva 18) on nähtävissä aikatauluseurantatehtävän kuvaaja viikonäkymässä. Musta lisätietokenttä kertoo tarkasteltavan viikon sen hetkisen tilanteen ja tavoitteen. Kuvaajasta nähdään helposti vaadittava tavoitekapasiteetti, jotta pysytään suunnitellussa aikataulussa.



Kuva 18. Graafinen toteumaseurannan kuvaaja

4.3.2 Poravaunun työnseuranta

Infrakitin päänäkyvässä Koneet-välilehdellä nähdään kaikki järjestelmään linkitetty työkoneet. Työkoneiden työn etenemistä voidaan seurata tarkkailemalla työkoneiden lähettämien toteumapisteiden päivittymistä. Kuvassa (Kuva 19) on työkoneiden näkymä rajattu poravaunuihin ja yksi poravaunu on otettu tarkasteluun. Infrakitin karttanäkymässä nähdään valitun koneen liikkeitä, työkoneen tuottamat toteumatiedot, aktiivisuustiedot, mahdollinen valittu, aktiivinen koneohjausjärjestelmän toteutusmalli sekä työkoneen kuljettajan tiedot. Kuvan vihreä katkoviiva kertoo työkoneen liikkeitä päivän aikana. Työkoneen tuottamat toteumapisteet tulevat näkyviin kartalle punaisina rasteina. Poravaunun tuottamia toteumapisteitä voidaan tarkastella karttanäkymässä päivän, viikon tai kuukauden ajalta. Kuvakaappaushetkellä kuvan poravaunu ei ole tuottanut toteumapisteitä.



Kuva 19. Infrakitin karttanäkymässä Poravaunun reaaliaikaista työnseurantaa

4.3.3 Poratoteuma

Osio on toimeksiantajan pyynnöstä salattu

4.4 Poratoteuman hyödyntäminen

Osio on toimeksiantajan pyynnöstä salattu.

4.5 Kehitystarpeet avolouhinnan kannalta

Osio on toimeksiantajan pyynnöstä salattu.

6 Johtopäätökset

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, kuinka koneohjattavasta poravaunusta saatava toteumatieto tällä hetkellä siirtyy Infrakit pilvipalveluun ja kuinka toteumaa voidaan pilvipalvelun työkaluilla hyödyntää. Lisäksi tarkoitus oli pohtia mahdollisia kehityskohtia, kuinka projektihenkilöstö saisi porausdataa jatkokäytettyä Infrakitin avulla vielä tehokkaammin projektin läpiviemisessä. Opinnäytetyön pohjalta syntyi ohjeistus, kuinka tällä hetkellä poratoteumaa voidaan käyttää Infrakit- pilvipalvelussa. Opinnäytetyötä tehtäessä Infrakitin ja Sandvikin poravaunun välistä integraatiota ei vielä hyödynnetty yhdelläkään työmaalla. Ohjeistuksen on tarkoitus toimia pohjana käytötapojen kehittämiseksi jatkossa.

Infrakit-pilvipalvelujärjestelmä, tietomallinnus ja koneohjaus auttavat työmaan tehokkaassa läpiviemisessä ja tukevat laadunvarmistusprosessin toteutumista. Infrakitin vahvuudet tulevat esille varisinkin suurissa hankkeissa, joissa tiedon ja erilaisten aineistojen määrä on merkittävän suuri. Tieto saadaan siirtymään Infrakitin avulla nopeasti ja on heti projektin kaikkien osapuolten käytettävissä. Työnjohtajille, suunnittelijoille ja työkoneiden kuljettajille tarvittava data on helposti saatavilla. Tiedon reaaliaikainen siirtyminen sekä läpinäkyvyys kaikille osapuolille, parantavat keskinäistä kommunikointia ja tehostavat huomattavasti työmaan kulkua ja seuranta.

Koneohjattavien poravaunujen integroiminen pilvipalvelujärjestelmään on ajankohtaista, jotta louhintatyövaihe saadaan reaaliaikaiseen ja tarkempaan seurantaan poravaunuista saatavan datan avulla. Haastavan työvaiheena louhinta vaatii paljon aikaa ja resursseja onnistuakseen. Resurssit ja aikataulu mitoitetaan ennalta määriteltyjen louhittavien määrien mukaan, jotka usein ovat epätarkkoja. Suuret vaihtuvuudet todellisissa määrissä pakottavat lisäämään resursseja tai suunniteltua pienemmät määrät johtavat sidottavien resurssien ylimitoitukseen. Mahdollisimman reaaliaikaisen ja tarkan aikataulu- ja määräseurannan avulla pystytään tehokkaasti reagoimaan mahdollisiin muutoksiin.

Tällä hetkellä Infrakittiin liitetyt poravaunut saadaan näkyviin työmaan kartta näkymässä, mikä helpottaa koneiden työn etenemisen seuraamista. Poravaunujen tuottamalla poratoteumapisteellä on mahdollista siirtää louhinnan määrä- ja aikatauluseuranta Infrakitin puolelle reaaliaikaiseen seurantaan. Suurin hyöty saadaan mahdollisuudesta usean eri

poravaunun samanaikaiseen seuraamiseen. Yksittäisten poravaunujen etenemää ja työmääriä saadaan seurattua suuren louhintakokonaisuuden rinnalla. Mahdollisuus usean eri poravaunun reaaliaikaiseen seuraamiseen korostuu varsinkin suurissa hankkeissa kuten pitkissä tiehankkeissa, joissa poravaunujen etäisyydet voivat olla huomattavia. Infrakitin avulla tehtävä määrä- ja aikatauluseuranta mahdollistavat sen, että määrien seuranta ei tarvitse tehdä manuaalisesti esimerkiksi kenttäkorteista tai poikkileikkauskuvista laskemalla. Aikaisemmin manuaaliseen seurantaan käytetyt resurssit voidaan hyödyntää paremmin. Reaaliaikaisen aikatauluseurannan avulla on helppo seurata suunnitellun aikataulun onnistumista.

Infrakit pilvipalvelun toimintoja ei ole alun perin suunniteltu tukemaan louhinta työvaihetta. Suurin osa toiminnoista kuten määrä seuranta, työkoneidenseuranta ja toteumapisteiden hallinta ovat tehty tukemaan maanleikkaus- ja maansiirtotyötä. Hyödyntämällä ohjeistusta ja soveltamalla jo olemassa olevia toimintoja tämän hetkisen poratoetuman kanssa, saadaan louhinnan työvaihe osaksi Infrakitin reaaliaikaista määrä- ja aikatauluseuranta.

Infrakit kehittyä ja järjestelmään tulee jatkuvasti uusia ominaisuuksia ja päivityksiä. Infrakit toimii yhteistyössä järjestelmää käyttävien tahojen kanssa ja kerää tietoa ominaisuuksia ja parannuksia olisi Infrakittiin tehtävä. Tämän hetkisen poratoteuman käytön ja hyödyntämisen lisääntyessä, tulee myös Infrakitin ominaisuudet parantumaan louhinnan näkökannalta. Työssä esille tuodut kehitystarpeet kuten kenttäkohtainen toteuman tarkastelu ja kenttäkohtainen määrä seuranta ovat keskeisiä kehityskohtia louhinnan kannalta.

Lähteet

- 1 Sandvik, Louhinnan digitalisaatio kiviainestuotannossa. Verkkojulkaisu. <https://docplayer.fi/107955133-Digitalisaatio-louhinnan-digitalisaatio-kiviainestuotannossa-digitaalisen-tietotekniikan-yleistyminen-arkielaman-toiminnoissa-wikipedia.html>. Luettu 15.8.2019
- 2 Vuolio, Raimo & Halonen, Tommi. 2010. Räjätystyöt. Suomen Rakennusmedia Oy.
- 3 Forcit, Louhintaräjähteet tuoteluettelo 2015.
- 4 Pelin, Risto. 2011. Projektinhallinnan käsikirja. Projektinjohtaminen Oy Risto Pelin
- 5 Heikkinen, Janne. 2016. Koneohjatun kaivinkoneen toteumamittausten käyttö infrarakennustyömaan määräseurannassa. Metropolia ammattikorkeakoulu. Maanmittaustekniikan opinnäytetyö.
- 6 Pessala, Ville. 2016. Kalliolouhinnan tunnuslukujen analysointi. Turun ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka opinnäytetyö.
- 7 Koskenvesa, Anssi & Sahlstedt, Satu. 2011. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus.
- 8 3D-koppi, Digitaalinen infra ja digitaalinen rakentaminen. Verkkojulkaisu. <http://www.3dkoppi.fi/digitaalinen-infra/>. Luettu 3.7.2019.
- 9 Destia, Digitalisaatio työmaalla. Verkkojulkaisu. <https://infrantaju.destia.fi/uutinen/digitalisaatio-tyomaalla.html>. Luettu 8.7.2019.
- 10 RIL, Tietomallinnus. Verkkojulkaisu. <http://ril.easypage.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>. Luettu 12.7.2019.
- 11 Novatron, Teollisesta vallankumouksesta tietomallinnukseen. Verkkojulkaisu. <https://novatron.fi/teollisesta-vallankumouksesta-tietomallinnukseen/>. Luettu 15.8.2019
- 12 Väylä, Kallionpintamallin luotettavuuden analysointi porakonekairausten määrän ja laadun perusteella. Verkkojulkaisu. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2015-27_kallionpinta-mallin_luotettavuuden_web.pdf. Luettu 15.9.2019.

- 13 Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 1.
- 14 Infrakit, Verkkojulkaisu. <https://infrakit.com/fi/digitaalisuus-ja-avoimuus-valttia/>. Luettu 15.7.2019
- 15 BuildingSMART, Inframodel3-tiedonsiirtoformaatti. Verkkojulkaisu. <https://buildingsmart.fi/inframodel-3-tiedonsiirtoformaatti-otetaan-kayttoon/> Luettu. 24.7.2019.
- 16 Maanmittauslaitos, Satelliittipaikannus. Verkkojulkaisu. <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/satelliittipaikannus>. Luettu. 26.7.2019.
- 17 Väylä, Satelliittipaikannuksen hyödyntäminen tasoristeysturvallisuuden parantamisessa. Verkkojulkaisu. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2018-34_satelliittipaikannuksen_hyodyntaminen_web.pdf. Luettu 24.7.2019.
- 18 Geotrim, VRS-tukiasemaverkosto, Verkkojulkaisu. <https://geotrim.fi/palvelut/trimnet-vrs/>. Luettu 29.7.2019.
- 19 Nieminen, Juha-Matti. 2011. Koneenohjaus maanrakennustyössä. Saimaan ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka opinnäytetyö.
- 20 Novatron, Mitä on koneohjaus? Verkkojulkaisu. <https://novatron.fi/mita-on-koneohjaus/>. Luettu. 2.10.2019
- 21 Sandvik, TIM-3D käyttöohje.
- 22 Infrakit, Digitalisoimme infrarakentamisen. Verkkojulkaisu. <https://infrakit.com/fi/>. Luettu 5.8.2019.
- 23 Infrakit, Verkkojulkaisu. <https://infrakit.com/fi/infrakit-mukana-kira-digissa/>. Luettu 12.9.2019
- 24 Sandvik, Sanremo etäseurantajärjestelmä Verkkojulkaisu. <https://www.rocktechnology.sandvik/en/news-and-media/news-archive/2019/03/sandvik-supports-digitalization-of-infrastructure-construction-projects-and-worksites/>. Luettu 5.8.2019.

Infrakit -ohjeistus poratoteuman käyttöön

Osio on toimeksiantajan pyynnöstä salattu