

2010

Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa



OULU



Tampereen kaupunki

InfraBIM
Infratietomalli

InfraTM

TEKES loppuraportti

31.12.2010



Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa

TEKES Väiliraportti: Koneohjauspilotti katuhankkeessa, Oulu

Projektin nimi	InfraTM koneohjaushanke
Projektipäällikkö	Tuomo Palomaa, Vianova
Ohjausryhmä	Markku Mustonen, Oulun kaupunki Janne Lindberg, Tampereen kaupunki
Diaarinumero	3092/31/09
Päätösnumero	
Väiliraportointikauden alkamispäivä ja päättymispäivä	10.2.2010 – 30.8.2010
Loppuraportointikauden alkamispäivä ja päättymispäivä	1.9.2010 – 31.12.2010
Organisaation kaupparekisterin mukainen nimi	Oulun kaupunki Tampereen kaupunki
Y-tunnus	Y0187690-1 0211675-2
Kustannusarvio	139 800,00 €
Valmistumisaikataulu	Osissa, kokonaisuudessaan 31.12.2010



SISÄLLYSLUETTELO

1	Taustaa	5
1.1	Yleistä tietomallista	5
2	NYKYTILANNE	6
2.1	Koneautomaation nykytilanne Suomessa	7
2.2	Koneautomaation nykytilanne ulkomailla.....	8
3	Projektin tavoite	8
3.1	Projektin osapuolten erityistavoitteet	9
3.2	Projektin tulokset	9
4	Nykyisen toimintamallin kehittämiskohteiden määrittäminen.....	9
4.1	Hankintamenettelyt.....	11
4.2	Tarjouspyyntöjen ja sopimusten reunaehdot uudessa toimintamallissa.....	11
4.3	Suunnittelun ja mallinnuksen kehittämiskohteet	13
4.4	Ohjelmistoteknologia, Vianova Systems Finland Oy	15
4.5	Laitteistotoimittaja, Novatron Oy.....	16
4.6	Rakentaminen ja laadunvalvonta	17
4.7	Mittausoperaattorin toiminta	18
4.8	Työturvallisuus.....	18
5	Parhaat käytännöt	19
5.1	Hankintamenettelyt ja tarjouspyyntöjen sekä sopimusten reunaehdot uudessa toimintamallissa.....	19
5.2	Suunnittelu ja mallinnus	20
5.2.1	Geometrinen suunnittelu	20
5.2.2	Väyläsuunnittelu.....	20
5.2.3	Kuivatussuunnittelu.....	20
5.2.4	Aineistojen tarkistus	20
5.3	Koneohjausmallin tuottaminen	21
5.4	Mittarit ja niiden arvot uudessa toimintamallissa sekä laadunvalvonta.....	22
5.5	Rakentaminen.....	22
5.6	Työturvallisuus.....	23



Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa

LOPPURAPORTTI 31.12.2010

Oulun kaupunki, Tampereen kaupunki

6	Yhteenveto	24
7	Jatkotoimenpiteet	25
8	Yhteystiedot.....	26

1 Taustaa

1.1 Yleistä tietomallista

Tietomallilla tarkoitetaan rakennuksen tai infrarakenteen koko elinkaaren aikaista tietojen kokonaisuutta, joka on digitaalisessa muodossa. Tietomalliin liittyy myös rakennuksen tai rakenteen geometrian määrittäminen ja esittäminen kolmiulotteisesti.

Tuotemallintamisessa infrarakenteiden suunnittelutieto kulkee infrahankkeen eri vaiheiden läpi rakenteen alustavasta suunnittelusta valmiin rakenteen ylläpitoon asti helposti, nopeasti ja ilman hävikkiä.

Kun infrarakenteesta kuten tiestä on laadittu tuotemalli, sen tietoja voidaan tarkastella eri näkyminä esimerkiksi kolmiulotteisten visualisointien tai kaksikulotteisten piirustusten kautta.

Tuotemallipohjainen suunnittelu ja tiedonsiirto tekevät myös mahdolliseksi infrarakenteiden ylläpidon merkittävän tehostamisen. Kun rakenteiden suunnittelu- ja toteutustiedot on kokonaan mallinnettu, ne ovat ylläpitäjän käytettävissä. Tästä on apua rakenteiden korjaustarpeiden ennakoinnissa. (Lähde: RTS – InfraBIM)



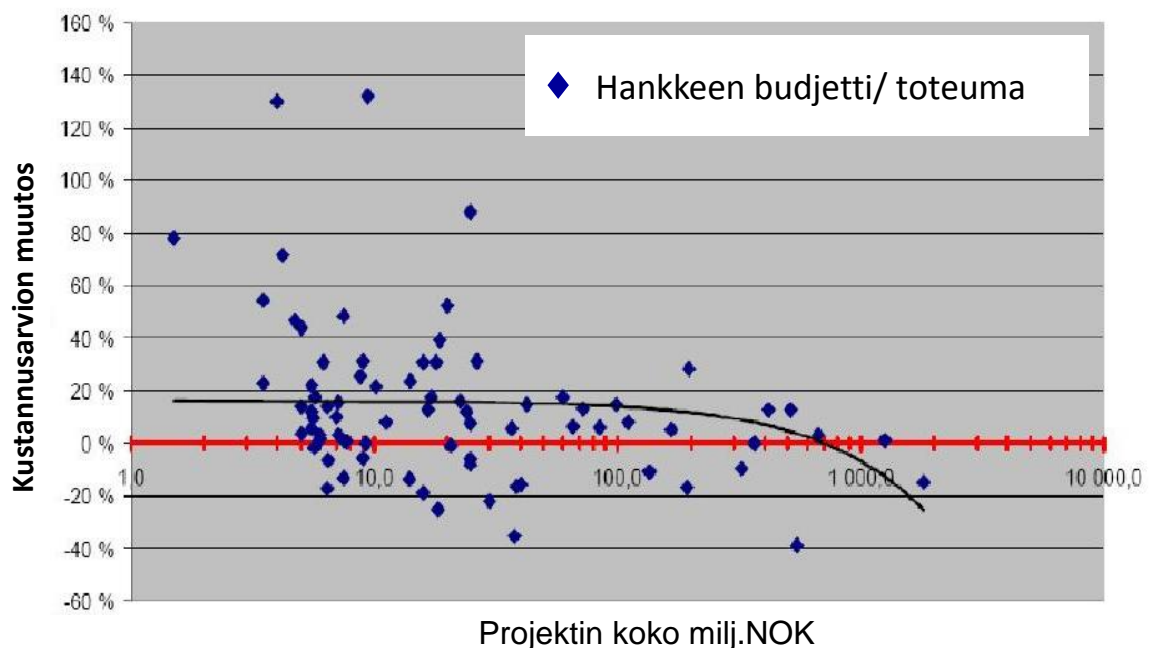


2 NYKYTILANNE

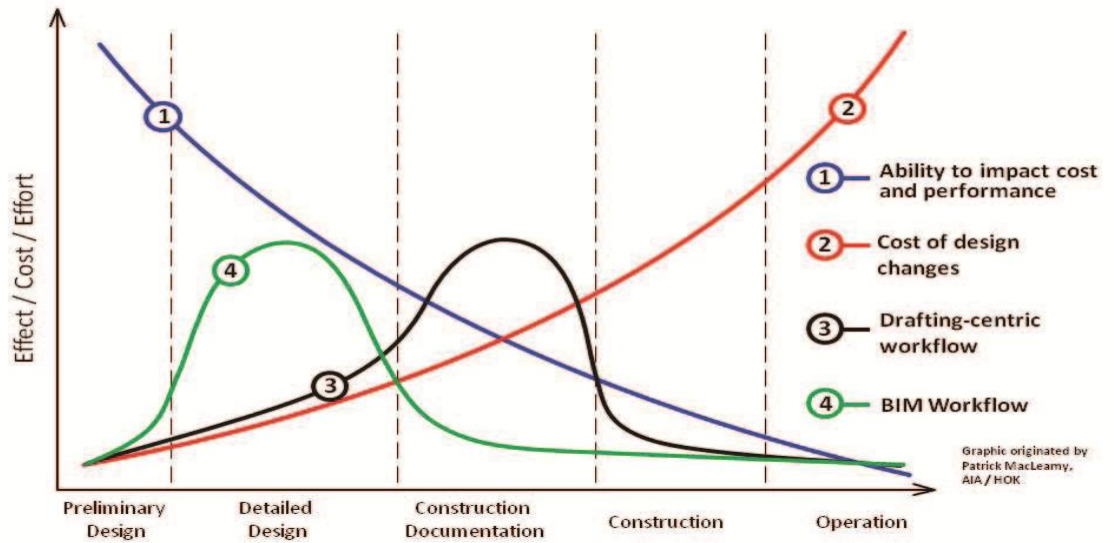
Nykyteknologialla on mahdollista tehdä tie- ja katusuunnitelma tietomalliksi jo suunnitteluvaiheessa, siirtää mallityömaalle ja käyttää sitä työstökoneiden ohjauksessa. Tämä saa aikaan ajan ja henkilöresurssien säästöä, sekä vähentäisi virheiden mahdollisuuksia. Se mahdollistaisi lopulta katkeamattoman tietovirran suunnittelusta urakointiin ja edelleen ylläpitoon. Lisäpanostus tietomallin käyttöön on rakennushankkeen kokonaisbudjettiin ja potentiaalisiiin hyötyihin nähden pieni.

Nykyprosessissa kuitenkin suunnittelijan tietomalli siirtyy edelleen sähköisinä tai paperisina dokumentteina ja luetteloina toteutukseen. Jotta uusi prosessi toteutuisi, kaikki rakennushankkeen sidosryhmät on saatava toimimaan uudella, mallipohjaisen prosessin edellyttämällä tavalla.

Koneohjausrakentamisessa on etuja myös pienemmissä rakennuskohteissa. Tietomallien hyödyntämisestä suurissa ja pienissä rakennushankkeissa on jo ulkomailta saatavilla tilastotietoa. Norjan Tiehallinto on selvittänyt väylähankkeiden suunnittelun aikaisten kustannusarvioiden pitävyyttä suhteessa toteutuneeseen eri hankekokoiluokissa. Tutkimuksen mukaan suurissa hankkeissa kustannusarvion muutos on pienin vaikkakin yksittäisen muutoksen arvo voi olla suuri. Kuitenkin pieniä hankkeita tehdään lukumääräisesti eniten ja pienissä hankkeissa ilmenee suurimmat kustannusylitykset.



Tietomallintamalla ja koneohjausmallin hyödyntämisellä saavutetaan parempi laatu ja tarkkuus suunnittelussa sekä rakentamisessa. Mahdolliset muutokset tai kustannusarvion ylitykset voidaan ennakoida jo suunnitteluvaiheessa jossa asetetaan suurin osa hankkeen rakennuskustannuksista.



Tietomallipohjainen (BIM) työskentelytapa (4) siirtää suunnittelun työpanosta varhaisempiin suunnitteluvaiheisiin, jolloin mahdollisuudet vaikuttaa projektin kokonaiskustannuksiin (1) ovat suurimmillaan ja suunnitelmamuutosten kustannukset (2) ovat pienimmillään. Piirustuskeskeisessä, dokumenttipohjaisessa työskentelyssä (3) suurin suunnittelun työpanos kohdistuu rakennussuunnitteluvaiheeseen, jolloin mahdollisuudet vaikuttaa projektin kokonaiskustannuksiin (1) ovat vähenemässä ja suunnitelmamuutosten kustannukset (2) ovat nousussa.

2.1 Koneautomaation nykytilanne Suomessa

Nykyisin infrarakennuskohteiden aineistoissa on paljon koneohjausta ja koneautomaatiota mahdollistavaa 3D- aineistoa.

Lähtötietoja ja maastomalleja mitataan 3d tietona sekä myös laserkeilaamalla ilmasta käsin. Suuret väylähankkeet ja uudet asuinalueet on kustannustehokkainta mitata ilmasta käsin. Tarkentavia mittauksia ja aineistojen sitomiset paikalleen mitataan esim. takymetrillä tai RTK-GPS laitteilla.

Suunnittelussa ohjelmistot toimivat jo tehokkaasti tietokantapohjaisesti ja suunnittelu tapahtuu monella osa-alueella kolmiulotteisesti mallintamalla. Suunnittelun tarkkuus sekä laatu ovat parantuneet visuaalisten ohjelmistojen kehittymisen myötä. Ohjelmistot hyödyntävät 3D- lähtöaineistoja ja mahdollistavat suunniteltujen tietojen tarkastelun virtuaalimalleissa tai esimerkiksi eri tekniikka-alojen suunnitteluaineistojen yhteensovittamisen koordinoitumalleissa.

3D-koneohjausta on kokeiltu laajalti erilaisissa konetoteutuksissa, joissa yleensä opastetaan kuljettajaa tai ohjataan hydraulikka. Hyödyntämiskohteita ovat olleet muun muassa kaivinkone, puskutraktori, tiivistyskone, asfaltinlevitin, porajumbo, tiehöylä, paalutuskone ja jyrsin. Kokemusten mukaan koneen tekemän työn laatu on parantunut ja kustannukset pienentyneet. Caterpillar Inc. tuottaman tutkimuksen mukaan työmaalla konetyön kapasiteetin kasvu on esim. tiehöylällä +90%, kaivinkoneella +30% ja puskutraktorilla sekä asfaltinlevittimellä +0..20%. Tutkimus suoritettiin rakentamalla kaksi identtistä väylää rinnakkain, toinen perinteisin menetelmin ja toinen mallintamalla ja koneohjausta hyödyntäen.



Suomessa infrarakentamisen koneohjauslaitteita on käytössä arviolta muutama sata yksikköä ja niitä on hyödynnetty lähinnä hanke- tai pilottikohtaisesti. Laajempaa yleistä käytäntömallia Suomessa ei ole tällä hetkellä.

Rakennettujen pintojen osalta toteutumatietaa on mitattu esim. laserkeilaamalla tai maatumalla.

2.2 Koneautomaation nykytilanne ulkomailla

Euroopassa Norja, Ruotsi ja Hollanti ovat edelläkävijöitä koneautomaation hyödyntämisessä. Uudet väyläkohteet rakennetaan pääsääntöisesti koneohjausta hyödyntäen. Myös Puolassa on tehty uudismootoritietä koneohjattuna.

Aasian alueella Kiina on aloittanut koneohjauksen hyödyntämisen louhostoiminnassa. Australiassa koneautomaatio on puolestaan laajasti käytössä ja Yhdysvalloissa koneautomaatiota on testailtu eri kohteissa.

3 Projektin tavoite

Kehittämis- ja pilotointiprojekti perustuu toukokuussa 2009 InfraTM-hankkeen johtoryhmän hyväksymään projektiehdotukseen. Projekti kehittää ja testaa käytännössä tuotemallipohjaista katurakennusprosessia suunnittelusta toteutukseen.

Infra TM – hankkeen tavoitteena on suunnata ja vauhdittaa infra-alan muutosta kohti tuotemallipohjaista elinkaaritiedon yhteiskäyttöä. Päämääränä on luoda Suomen inframarkkinoille avoin ja yhtenäinen InfraBIM-tietomalli, joka perustuu kansainvälisiin paikkatieto- ja tuotemallistandardeihin sekä kotimaiseen vakionimikkeistöön.

Pilottiprojektin tavoitteena on katuhankkeeseen sovellettu tietomallipohjainen hankinta-, suunnittelu- ja toteutusprosessi, joka saa aikaan tuottavuusloikan perinteiseen toimintatapaan verrattuna. Projekti tavoittelee prosessia, jossa hankeosapuolet saadaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa mukaan hankkeen suunnitteluun.

Pilotoinnin tarkoituksena on tuottaa malli uudesta, mallipohjaisesta katurakennus-hankkeesta ja testata sitä kahdessa koehankkeessa. Malli ja saadut käytännön kokemukset palvelevat Tampereen ja Oulun kaupunkien tilaaja-organisaatioita, mutta ovat vapaasti muidenkin rakennuttajien käytettävissä.



3.1 Projektin osapuolten erityistavoitteet

Projektiin osallistuvilla organisaatioilla on seuraavat tavoitteet:

Omistajat/tilaajat: mallipohjaisen prosessin erityisvaatimukset, hankinnan parhaat käytännöt, hankkeen aika-, laatu- ja kustannushyödyt

Suunnittelijat: mallipohjainen suunnitteluprosessi ja sen osaaminen, uudet liiketoimintamahdollisuudet kansainvälisesti

Toteuttajat: mallipohjainen prosessi suunnittelusta toteutukseen ja jälkilaskentaan, tuottavuuden kasvu, laatu edut

Ohjelmistotalo: mitattavat asiakashyötyjen todentaminen, proof of concept kv-markkinoille, käytännön palautetta tuotekehitykseen

3.2 Projektin tulokset

Projektin tavoitteeksi asetettiin parhaiden käytäntöjen malli katurakennushankkeelle, joka hyödyntää tietomallinnusta hankkeen eri vaiheissa ja koneohjausta toteutuksessa. Projekti tavoittelee prosessia, jossa hankeosapuolet saadaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa mukaan hankkeen suunnitteluun.

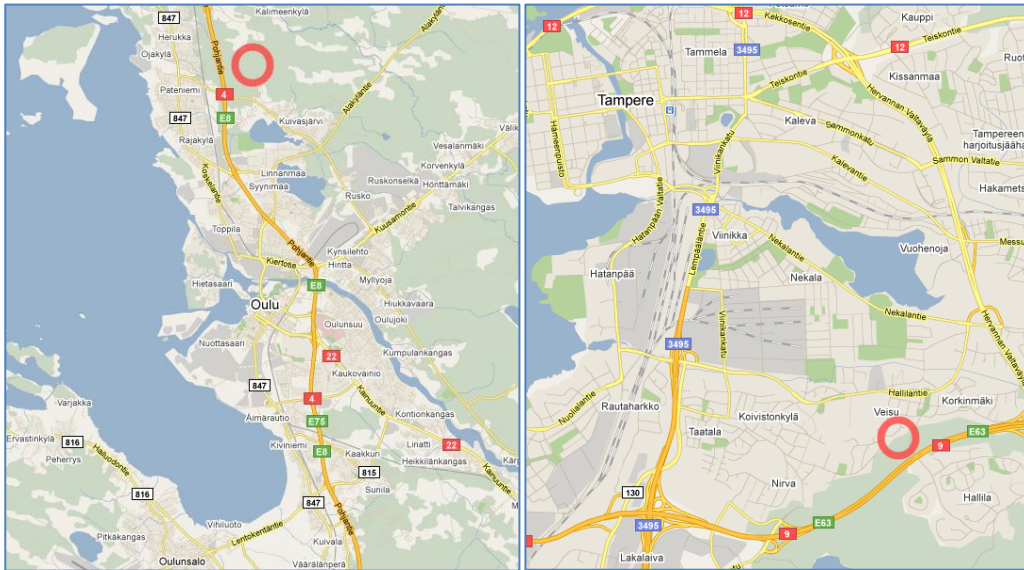
Projektin dokumentoidut tavoitteet ovat seuraavat:

- 1) Katurakennushankkeen tietomallipohjaisen hankinta-, suunnittelu- ja rakentamisprosessin kuvaus
- 2) Tilaajan, suunnittelijoiden ja urakoitsijan parhaiden keskinäisten käytäntöjen määrittely tietomallia hyödyntävässä katuhankkeessa
- 3) Kriittisten menestystekijöiden sekä mitattavien ja arvioitavien hyötyjen kuvaus prosessin eri osapuolten näkökulmasta
- 4) Päätelmät ja suositukset jatkotoimille

4 Nykyisen toimintamallin kehittämiskohteiden määrittäminen

Projektin kehittämiskohteiden määrittelyssä ohjausryhmä kutsui koolle työryhmän, joka on kokoontunut kolme kertaa projektin aikana workshoppeihin. Projektissa on ollut kaksi nimettyä pilottikohtetta, joissa projektin määrittelyjä ja tavoitteita on hyödynnetty ja seurattu.

Pilottikohteet olivat Oulun kaupungissa Ritaharjun uusi asuinalue sekä Tampereen kaupungin Veisun nykyinen asuinalue. Kohteista toinen oli uudis-rakennuskohde ja toinen osittainen saneerauskohde.



Ritaharjun alue, Oulu

Veisun alue, Tampere

Ensimmäisessä workshopissa (5.5.2010) määriteltiin nykyisen toimintamallin kehittämistarpeet. Toimintamallia ja kehittämistarpeita seurattiin Oulun pilottikohteessa, jonka Oulun kaupunki rakennutti valmiiksi kesällä 2010.

Toisessa workshopissa (26.8.2010) tehtiin yhteenveto Oulun pilotin tuloksista ja projektiin etenemisestä. Lisäksi tavoitteiden teknisestä onnistumisesta tehtiin Tekesille väliraportti. Pilotin tuloksia ja niistä saatuja kokemuksia hyödynnettiin syksyllä 2010 alkaneessa Tampereen pilottikohteessa.

Kolmannessa workshopissa (10.11.2010) Tampereen pilotin tilannekatsauksessa oli jo paljon tietoa ja kokemusta uuden toimintamallin kehitystarpeista. Toimintamallin prosessin määrittely huomioitiin koskemaan mahdollisimman laajasti kaikkia toimijaosapuolia hankkeen aloituksesta aina lopetukseen saakka.

Projektiin liittyen tehtiin opintomatka Norjaan 17.3.2010. Oslon ympäristössä tutustuttiin tietomallien käyttöön kahdessa infrahankkeessa. Toinen oli kaupunkiratahanke (Kolsasbanen) ja toinen Kehätie 3 (Ökern).

Koneohjausseminaari pidettiin 13.11.2010 Vianova Systems Finland Oy:n tiloissa Espoossa. Paikalla oli kutsuttuna laajalti asiantuntijoita eri toimijaryhmistä (tilaaja-rakentaminen-suunnittelu).

Projektin etenemistä ja tuloksia on myös esitelty mediassa, esim. VianovaNews 12/2010 ja Kaleva 26.1.2011.



4.1 Hankintamenettelyt

Nykyisessä hankintamallissa ei ole yhtenäistä käytäntöä koneohjattavan rakennuskohteen tilaajaprosessille. Kohde on tilattu erillistyönä konsultin antaman tarjouksen mukaisesti pilottia varten. Lähtöaineistolle ei ole asetettu erityisiä lisävaatimuksia, vaan aineistona on käytetty olemassa olevaa suunnitteluaineistoa. Koneohjausaineiston sisällön määrittelyä ei ole yksilöity tilausvaiheessa.

Suurimmat kehitystarpeet nähtiin tilaajaprosessin kehittämiseen yhtenäisen käytännön kautta. Vastuukysymykset on huomioitava uudessa toimintamallissa jo tilausvaiheessa ja urakoitsijoita ei hankintalain puitteissa voi asettaa eriarvoiseen asemaan riippumatta siitä, onko urakoitsijalla valmiuksia koneautomaation hyödyntämiseen.

Hankintapuolen haasteena todettiin myös tilaajan mahdollisuudet arvioida uuden tyyppisen suunnitteluaineiston eli koneohjausmallin oikeellisuutta ja laatua. Henkilöosaamiseen ja mahdollisen koulutautumisen tarpeeseen tulee kiinnittää huomiota hankintaorganisaatiossa.

Koneohjausrakentaminen nähtiin hyvänä mahdollisuutena koko infra- alalle, ja kustannushyötyjä sekä laadun parantumista pystyttiin toteamaan jo tämänkin pilotin aikana. Infra-alan tuottavuutta kehitetään myös Tukefin- hankkeen puitteissa. Tukefin- konsepti analysoi viittä eri vaihetta; nykytila-analyysi, oivalla, sovelta, testaa ja pilotoi sekä analysoi ja monista.

Uudelle toimintatavalle on asetettava luotettavat ja mitattavat arvot, joilla työmenetelmän vaikutusta hankkeen etenemiseen voidaan analysoida. Luotettavaa vertailutietoa kertyy projektien lisääntyessä, jolloin niitä voidaan hyödyntää myös tarjouspyyntöprosessissa.

Hankintamenettelyn periaatteiden mukaisesti hankinnan suunnittelussa on huomioitava rinnakkainen käytäntö ns. perinteisen rakentamisen ja koneohjausrakentamisen välillä. Hankintakokonaisuuksien määrittäminen on arvioitava niin, että vaiheissa otetaan huomioon suunnitteluttaminen ja rakentaminen koneautomaatiota ajatellen. Mahdollinen tiedossa oleva uuden rakentamistavan hinnan muutos tulee mahdollisuuksien mukaan ottaa huomioon myös hankinnan ennakoitua arvoa laskettaessa.

Hankinnan suunnittelussa on tarjouspyyntöasiakirjoja laadittaessa huomioitava asiakirjojen sisällön sallivan tarjoukset kahdella tapaa. Tarjouksen sisällön pisteytys ja painoarvo on valmisteltava siten, että kokonaisedullisempi koneautomaatio rakennustapana on huomioitava pisteytyksessä.

4.2 Tarjouspyyntöjen ja sopimusten reunaehdot uudessa toimintamallissa

Nykytilanteessa tarjouspyyntöasiakirjat eivät sisällä koneohjauksen toimintamallin vaatimia määrittelyjä ja suunnittelu sekä rakennusurakointi tilataan yleensä erikseen.

Suunnittelusta tilattu aineisto on sisältänyt mm. 2D-suunnitelmapaketteja, paperitulosteita ja PDF- tiedostoja. Perinteisesti katurakentamisessa on riittänyt lähtöaineistoksi perustapauksessa rakennettavan kadun päägeometrialinja sekä



tyyppipoikkileikkaus. Geometrian tietoja on siirretty ASCII- formaateissa maastotallentimiin ja ”väylämalli” on merkitty maastoon.

Suurimmat kehityshaasteet tilaajan tarjouspyyntö- ja sopimustoiminnassa on hankintaprosessin uudistaminen siten, että uusi toimintamalli mahdollistaa koneautomaation huomioimisen kaikissa prosessin vaiheissa heti hankkeen käynnistyttyä – suunnittelussa, rakentamisessa sekä ylläpidossa.

Koneohjausmalli tulisi saada suoraan suunnitelman tietomallista eikä erikseen mallintamalla. Aineistoformaattina ja infranimikkeistönä tulee käyttää yleisesti alalla käytössä olevia formaatteja sekä kuvaustapaa kuten LandXML- standardia sekä InfraModel2 -aineistokuvaustapaa. Yhteisen standardin käyttö mahdollistaa aineistojen siirron suoraan suunnittelusta rakentamiseen sekä vuorovaikutuksen eri organisaatioiden ja tekniikkalajien välillä.

Tarjouspyyntöjä laadittaessa on huomioitava suunnittelu ja rakentaminen koneautomaatiota ajatellen. Mahdollinen tiedossa oleva uuden rakentamistavan vaikutus hintaan tulee mahdollisuuksien mukaan ottaa huomioon. Kuitenkin mallien hyödyntämisen yleistyessä hinnan vaikutus kokonaiskustannuksiin on erittäin pieni. Suunnitteluvaiheessa mahdollinen lisäkustannus mallinnuksen osalta saadaan takaisin rakentamisen aikana moninkertaisesti. Samoin voidaan todeta mahdollisten lisätutkimusten tarpeesta maastomallin sekä maaperäolosuhteiden osalta. Saatuja hyötyjä ovat mm. mahdollisten virheiden huomioiminen ennen rakentamista, leikkuutöiden tarkkuus sekä laadun ja työturvallisuuden paraneminen.

Esimerkiksi kaivantojen ja luiskakaltevuuksien suunnittelun tarkkuuteen vaikuttaa paljon lähtötietojen laatu ja määrä. Kaivantojen tarkempi suunnittelu parantaa työturvallisuutta rakennuskohteessa, ja koneenohjauksella tehdyt leikkuutyöt ovat huomattavasti tarkemmat.

Lähtötietojen laajuus ja sisältö vaativat erityishuomiota tietojen täysimittaiseen hyödyntämiseen suunnittelussa ja rakentamisessa. Lähtötiedoissa tulisi olla huomioituna kaikki saatavilla oleva mitattu tieto sekä olemassa oleva infra, kuten putket, kaivot ja kaapelit.

Suunnittelu tarjouspyynnön mukana tulee toimittaa lähtöaineistojen lisäksi kuvaus koneohjausmallin sisällöstä, jotta tarjousten laatijat voivat arvioida, pystyvätkö he vastaamaan tarjouspyynnön sisältöön sekä toimittamaan sisällön mukaisen suunnitteluaineiston. Tarjouspyynnön asiakirjoissa on määriteltävä sisältö riittävällä tarkkuudella mitä koneohjausmalliin sisältyy, mitä mallinnetaan ja missä formaatissa aineisto luovutetaan. On myös tärkeää, että suunnitteluaineistosta voidaan osoittaa mallin laatutaso sekä tarkkuus, jotta mallin mahdolliset epätarkkuudet sekä niiden vaikutukset rakentamiseen voidaan arvioida.

Sisällöstä on sovittava sopimuskonsulttien kanssa sopimusneuvottelulla.

Rakennuttamisen hankintamenettelyssä pystytään myös nykyistä enemmän huomioimaan urakoinnin sähköinen lähtötieto. Tarjouspyynnöt, ilmoitukset, tekstit, taulukot jne. ovat jo sähköisessä muodossa. Tietomallien hyödyntäminen myös tarjouspyyntöaineistossa tulisi ottaa käyttöön. Urakoitsija voisi esim. tarkastella kohdetta jo tarjouspyyntövaiheessa koordinoitumalla. Näin urakoitsija pystyy arvioimaan hankkeen laajuutta, mallin laatua, määrälaskennan tarkkuutta ja mahdollisia lisätarpeita aineiston suhteen.



4.3 Suunnittelun ja mallinnuksen kehittämiskohteet

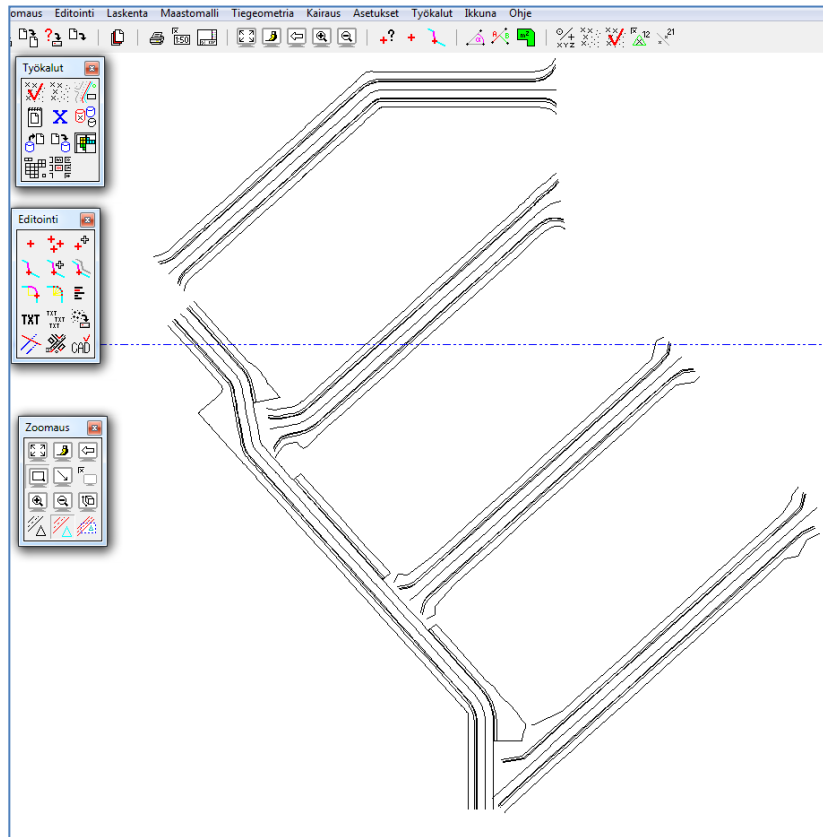
Suunnittelun tuottama aineisto on yleensä toimitettu työmaalle sähköisinä ja paperisina piirustuksina, luetteloina, siirtotiedostoina yms. dokumentteina. Siirtotiedostot ovat yleensä olleet ascii-muotoisessa tiedostoformaattissa, esim. GT-formaatissa.

Pilotin aikana suunnittelussa käytetyt Novapoint- ohjelmistot tuottavat suunnitteluaineiston 3D-tietomallina, josta aineisto voidaan toimittaa eteenpäin eri formaateissa. Perinteisessä katurakentamisessa 3D aineistoa ei ole hyödynnetty kovinkaan laajasti, vaan suunnitelmista on laadittu piirustukset ja edellä mainitut mittaustiedostot.

Molemmissa pilottikohteissa mallinnus tehtiin vanhan rakennussuunnitelman aineistojen pohjalta ja suunnitelmista laadittiin tietomalli, jota hyödynnettiin suoraan koneohjausmallina ilman erillistä mallin rakentamista.

Pilottikohteissa kokeiltiin toimittaa työmaalle aineistoa GT- ja LandXML-formaateissa. Kadut ja niiden kerrokset olivat taiteviivoina (kuva 3), josta mittausoperaattori kolmioi varsinaiset pinnat. Aineiston tuottaminen vaati paljon jälkieditointia esim. ominaisuuskoodausta ja aineiston tarkastelua 3DWin-ohjelmalla, ja aineiston editointitarvetta oli suunnittelijalla sekä mittausoperaattorilla, mikä aiheutti hukkaa. Samoin todettiin, että mm. kaivantomalleissa yksinkertaistus taiteviivoissa aiheutti luiskakaltevuuden muuttumista kaivantosyvyyden muuttuessa.

Mikäli suunnitelma- ja koneohjausmalli olisivat olleet sama, virheiden mahdollisuus käsin editoinnin osalta olisi voitu karsia pois sekä malli olisi ollut suunnitelman mukainen. Lisäksi suunnitelman mahdolliset muutokset olisivat suoraan hyödynnettävissä työmaalla – kuten Tampereen pilotissa havaittiin.



Koneohjausaineistoa GT-formaatissa

Suurimmat haasteet suunnittelussa koettiin ohjelmistojen käyttämisessä ja niiden mahdollisimman tehokkaassa hyödyntämisessä. Katujen mallinnus vaatii tarkempaa suunnittelua, koska koneohjausaineiston vaatimus pintojen jatkuvuudelle on suurempi.

Liittymien suunnittelu koettiin haastavaksi varsinkin väylän pohjan muotoilujen suhteen, sillä suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota etenkin kaarteisiin ja pintojen kuvauksiin. Ohjelmien sujuva käyttö sekä koneohjasmallien vaatimukset vaativat osaamista sekä koulutusta suunnittelijoille.

Pilotin aikana havaittiin, että suunnittelijoiden kokemus uudesta tavasta suunnitella sekä ymmärrys koneohjauksen vaatimuksista vähentävät lisätyön tarvetta. Samoin tieto koneohjausaineiston hyödyntämisestä rakentamisessa jo suunnittelu toimeksiannon alussa vaikuttavat suunnittelun tehokkuuteen.

Toisessa workshopissa käytiin läpi liittymäalueiden mallinnuksen tarkkuutta. Mallin pohjan tarkkuudesta liittymäalueella keskusteltaessa huoli tarkkuudesta ja yhteensopivuudesta aiheutti pitkän keskustelun. Tarkan mallin laadinta vaatii suunnittelulta paljon aikaa ja osittain käsin tehtävää mallinnusta. Keskustelussa kuitenkin todettiin, että koneohjauksesta huolimatta koneessa on ammattitaitoinen kuljettaja ja tällaiset ongelmakohtat on ratkaistavissa työmaalla hyvin helposti.

Suunnittelijan ei ole tarve mallintaa työmaan tarkoituksiin kaikkia yksityiskohtia. Mallin mahdolliset puutteet ja epäjatkuvuudet tulisi kuitenkin esittää rakentajalle jo kilpailutuksen tarjouspyyntövaiheessa, jotta tällaisiin tulkintatarpeisiin voidaan varautua jo tarjoustusta laadittaessa.



Hankkeen loppuvaiheessa Vianovan kehittämä Novapoint VirtualMapin LandXML-plugin mahdollisti LandXML- aineiston tarkistamisen ennen työmaalle lähettämistä. Formaattia on pystytty toimittamaan aiemminkin, mutta aineiston tarkastelua varten ei ole ollut työkalua tai katseluohjelmaa.

Testiaineistona kokeiltiin Tampereen pilotin rakentamisen yhteydessä tuotettuja LandXML- tiedostoja. LandXML- katseluohjelmaa pystytään hyödyntämään koneohjauksen lisäksi suunnittelun aikaisesti laadun varmistuksessa sekä koordinoitumallien rakentamisessa. Ohjelmistolla voidaan koota suunnitteluaineistot eri tekniikka-alueilta ja ohjelmistoista samaan malliin, jossa voidaan myös suorittaa laadunvarmistusta sekä mm. törmäystarkasteluja.

LandXML- formaatti koettiin GT-formaattia helpommaksi, koska aineisto tuotetaan esimerkiksi valmiina kolmiopintaverkkona ja aineisto ei näin ollen vaadi jälkimuokkausta työmaan tarpeisiin. Näin turhia työvaiheita jää pois, virheen mahdollisuus vähenee sekä vastuukysymykset ovat selvät. LandXML-formaattia käytettäessä tilaajapuolella jää tehtäväksi lähinnä aineiston tarkastus ja laadunvarmistus.

Testausten perusteella todettiin, että koordinoitumalli olisi auttanut aineistojen tarkastelussa, kuten LandXML-pintojen ja valaisimien yhteensovittamisessa ja tarkastamisessa. Testit osoittivat myös, että väylämallin ja kaivantojen yhdistämisessä on ohjelmistopuolella vielä kehitettävää. Mallin toimittaminen työmaalle koordinoitumallina selkeyttää ja parantaa työmaan ymmärrystä kohteen kokonaisuudesta sekä ongelmakohtien rakennettavuuteen voidaan kiinnittää huomiota työn suunnittelussa. Toimitettavaan malliin voidaan lisätä myös kaikki olemassa olevat varusteet ja laitteet sekä esimerkiksi työn aikaiset liikennejärjestelyt.

4.4 Ohjelmistoteknologia, Vianova Systems Finland Oy

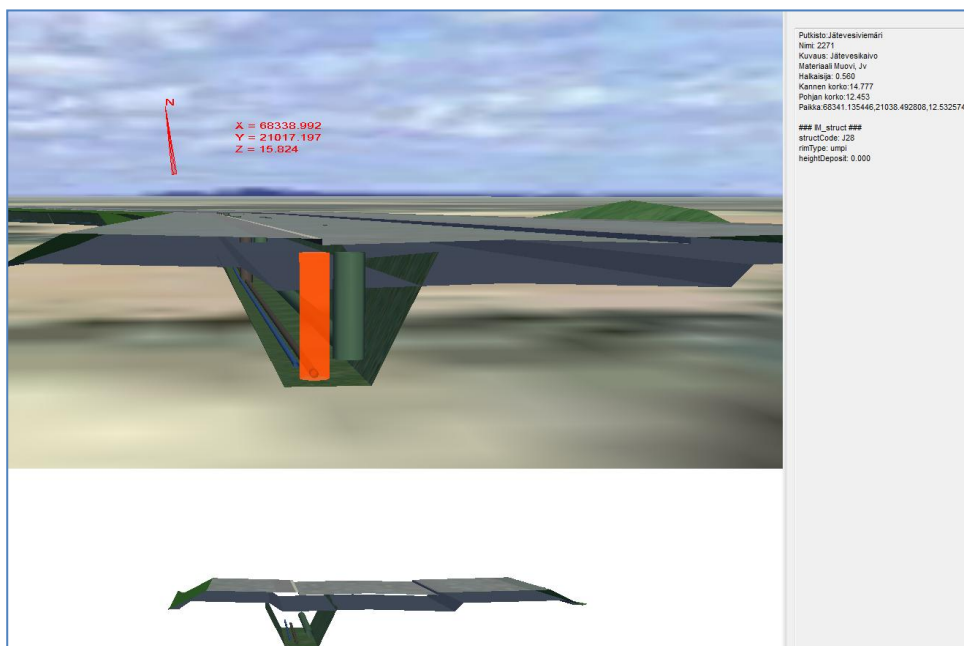
Pilottikohteiden suunnittelun käytössä olleet Novapoint- ohjelmaversiot ovat tukeneet koneohjausaineiston tuottamista useissa eri formaateissa, esim. GT ja LandXML. Ohjelma on sisältänyt jo aiemmin toimintoja aineistojen toimittamiseen, mutta toimintoja ei ole pilotoitu ennen katusuunnittelussa.

Ohjelmiston käytöstä, koulutuksesta, kehitystarpeista ja aineistoformaateista on pidetty tiivistä yhteistyötä tilaajan, suunnittelun, mittausoperaattorin sekä koneohjauksen laitteistotoimittajan kanssa. Koneohjausrakentamisen laadunvalvonnan pilotointia varten toimitettiin Novapoint SiteTool, jolla voidaan suorittaa toteumavertailua suunnitelman- ja As Built -tietojen välillä.

Ohjelmiston toimintoja ja kehitystarpeita seurattiin suunnittelun kanssa vuorovaikutteisesti. Kehitystarpeeksi koettiin lähinnä mallinnusta varten tehtävän aineistojen yhdistämisen helpottaminen, esimerkiksi katujen alapinnan ja kaivantojen yhdistelmäpinta. Testauksen jälkeen edellä mainittu yhdistelmätoiminto osoittautuikin tarpeelliseksi työmaalla, vaikka sitä ei aiemmin ole määritelty esimerkiksi InfraModel2 -dokumenteissa. Yhdistelmäpinnan toimittaminen työmaalle selkeyttää koneenkuljettajan työtä, kun pintoja ei tarvitse valita erikseen.

Vianova Finland Oy kehitti pilotin aikana katseluohjelman InfraModel- määrittelyn mukaisen LandXML- aineiston tarkastelua varten. Novapoint Virtual Map- ohjelmaan kehitettiin lisäosa (LandXML-plugin), jolla aineistoa pystyy tarkastelemaan havainnollisessa 3D-ympäristössä.

Ohjelma esittää aineiston tiedot oikeassa koordinaatistossa ja oikeassa mittakaavassa. Näin ollen aineistoa on helppo verrata suunniteltuun tilanteeseen ja varmistua aineiston oikeellisuudesta. Ohjelman lisätoiminnoilla on myös helppo suorittaa erilaisten pintojen tai objektien törmäystarkastelua (esim. putkiverkostot). Törmäystarkastelu on tärkeää, sillä ristiriidat erilaisten suunnitteluosa-alueiden kanssa voivat johtaa ongelmiin työmaalla ja tällaisten ristiriitojen korjaaminen työn aikana voi aiheuttaa suuriakin kustannuksia.

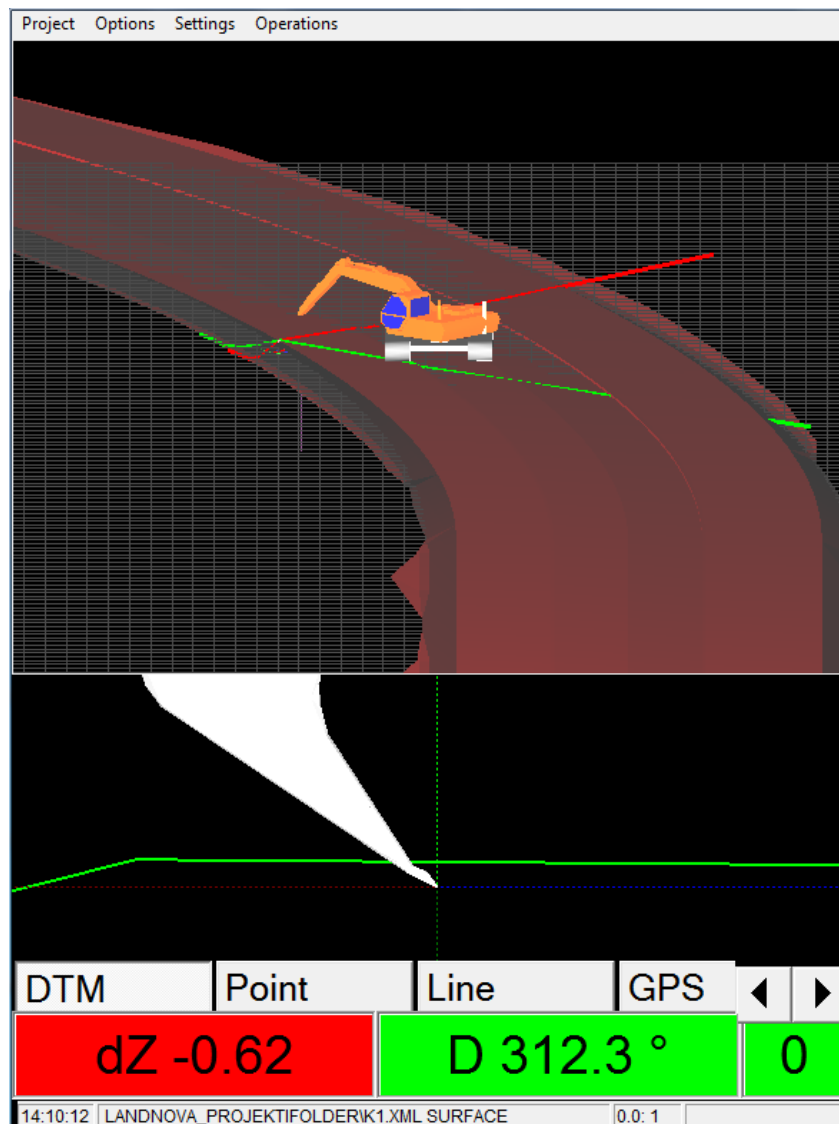


LandXML-pluginin: 3D-näkymässä kadun yläpinta, leikkauspinta, putkikaivanto ja kaivannon putket sekä kaivot

4.5 Laitteistotoimittaja, Novatron Oy

Projektin piloteissa käytetyt koneautomaatiolaitteet olivat toimitus- ja asennusvalmiita koneohjausta varten. Laitteita testattiin molemmissa kohteissa vain kaivinkoneissa. Laitteiden satelliittipaikannus ja siihen yhdistetty korjaussignaali mahdollistaa työkoneen sijainnin XYZ- suunnassa muutaman senttimetrin sisälle (+/-2cm). Laittejärjestelmä muuntaa sijainnin koordinaatit WGS-84 järjestelmästä työmaan tarvitsemaan koordinaatistoon. Lähtöaineistot tulevat yleensä samassa koordinaatistossa, johon suunnitelmakin on tehty.

Laitteiden ohjelmiston kehitystarpeita ilmeni pilotin aikana. Pintamallien lukutoiminto parantui ja toiminnot testatusti toimivat paremmin pilotin jatkuessa. LandXML- aineistoista hyödynnettiin katujen rakennekerrosten pintamallit. Laitteessa oli lisäaineistona myös GT-tiedostoja (esim. kaivot) ja DXF-tiedostoja (esim. telekaapelit ja kaavarajat).



Novatron VISION 3D, kaivinkonekuskin näkymä laitteesta

4.6 Rakentaminen ja laadunvalvonta

Pilottikohteiden rakentajilla oli käytössä ns. normaalit suunnitelma-asiakirjat, joita täydennettiin koneohjausmalleilla. Kaivinkoneiden kuljettajille sekä työmaan mittaushenkilöstölle järjestettiin koulutustilaisuuksia, joiden lisäksi koulutuksen jälkeinen tukiverkosto oli tärkeäksi koettu asia sekä laitetoimittajien että mittausoperaattorien osalta.

Rakentamismenetelmän etuja seurattiin pilottien aikana. Selkeinä hyötyinä rakentajalle olivat työn laadun paraneminen, massatalouden tarkentuminen ja työturvallisuuden parantuminen tarkemman aineiston myötä.

Työmaan toimintatavoissa havaittiin seuraavia positiivisia muutoksia pilotin aikana: kaivinkone teki laadukasta valmista jälkeä, konemiesten tyytyväisyys kasvoi ja mittausmiehet suorittivat pääasiassa kontrollimittauksia. Myös rakentamisen mahdollisuus talvella pimeässä koettiin tuottavuutta parantavaksi tekijäksi.



Suurimmat haasteet, joita koettiin rakentamisen aikana, olivat varmuus työmaan sijainnista sekä laitteiston toimintavarmuus (korjaussignaalin yhteysongelmat, yllättävä sähkökatkos tms.). Olemassa olevan johtotiedon saaminen on tällä hetkellä ongelmallinen vaihe. Esimerkiksi telekaapelin sijaintitiedon kerääminen jokaiselta operaattorilta erikseen on työläs vaihe, koska tiedon sijainti on hajautettu ja tiedon laatu on vaihtelevaa, mm. korkeustietojen puuttuminen, koordinaatioerot.

Laadunvalvonnan osalta uudessa toimintamallissa ei ole olemassa yhtenäistä käytäntöä mittaustoiminnoille (koodit / nimikkeet), etenemän todentamiselle tai massatalouden seuraamiselle. Lisäksi tulisi huomioida mittauksen tarkkuus eri hankeosissa.

Rakentamisen aikana tuli esille myös projektinhallinta ja aineistojen versiointi, joiden osalta ei tällä hetkellä ole olemassa selkeää sopimuskäytäntöä tai ohjelmistoa, joilla kyseisiä osa-alueita voisi helposti hallita.

4.7 Mittausoperaattorin toiminta

Perinteisesti suunnittelusta tuotettu aineisto on mitattu paikalleen ja maastoon on merkitty rakennettavat pinnat, varusteet ja laitteet. Esimerkiksi kadun rakenteiden merkintä on vaatinut useita toistoja samalle vaiheelle, koska merkinnät ovat kadonneet tai kaatuneet rakentamisen edetessä.

LandXML- formaattia testattiin pilotissa onnistuneesti ja aineistomuoto on todettu helpompikäyttöiseksi. Formaattia käytettäessä aineistoilla ei ole editointitarvetta ja aineistoa on helpompi tarkastella myös 3D- näkymässä.

VirtualMap-ohjelmiston LandXML-plugin mahdollisti LandXML-formaatin kokeilun. LandXML-työkalun myötä Virtual Map- ohjelmistolla on enemmän mahdollisuuksia aineistojen koordinointiin sekä laadunvalvontaan myös mittausoperaattorin toimesta, esimerkkinä varusteiden ja laitteiden törmäystarkastelut.

Haasteita työmaan mittaustoiminnoissa koettiin kaivinkonelaitteiston korjaussignaalin laadussa, johon vaikuttavat mahdolliset laiteongelmat ja maaston peitteisyys. Mittausten ja mittaustarkkuuden kelpoisuus koneohjaushankkeissa on määritettävä, koska nykyinen ohjekäytäntö ei sisällä määrittelyjä koneohjaushankkeiden mittauksia varten.

4.8 Työturvallisuus

Uudessa toimintamallissa on aiempaa käytäntöä enemmän potentiaalia parempaan työturvallisuuden huomioimiseen. Jo pelkkä kaivantojen ja luiskakaltevuuksien tarkka suunnittelu tuo varmuutta työmaalle. Lisäksi työ on turvallisempaa ja mielekkäämpää myös esimerkiksi vähäisen luonnonvalon aikana.

3D-suunnittelun mahdollisuudet kehittää ja ennakoida työn aikaisia tilanteita parantavat myös turvallisuutta ehkäisemällä vaaratilanteita. Vaaratekijöitä ovat esimerkiksi vaaraa aiheuttavat olemassa olevat rakenteet (esim. sähkökaapelit), väliaikaisten liikennejärjestelyjen toimivuustarkastelu, varoalueiden suunnittelu, toteutusaikataulun yhteensovittaminen ja työmaan turvamerkinnot.



Mallien toimittamisessa tulee myös kiinnittää huomiota rakennettavuuteen. Periteinen rakennemalli ei ole riittävä vaan esim. tuetuissa kaivannoissa mallista tulee toimittaa koneohjaukseen sallitut kaivutasot, jotka päivitetään tuennan tekemisen jälkeen seuraavilla kaivutasoilla. Tällaisissa tapauksissa työn suunnittelu on ensiarvoisessa asemassa.

5 Parhaat käytännöt

Seuraavassa on lueteltu hankeosapuolten ja eri toimijoiden esitykset parhaiden käytäntöjen ja kriittisten menestystekijöiden kuvaamiseksi.

5.1 Hankintamenettelyt ja tarjouspyyntöjen sekä sopimusten reunaehdot uudessa toimintamallissa

Hankintamenettelyn ja tarjouspyyntöjen osalta uudessa toimintamallissa olisi toteutettava seuraavia kohtia:

- 1) Hankintamenettelyssä on huomioitava rinnakkainen käytäntö ns. perinteisen rakentamisen ja koneohjausrakentamisen välillä.
- 2) Hankinnan suunnittelussa on tarjouspyyntöasiakirjoja laadittaessa huomioitava asiakirjojen sisällön sallivan tarjoukset kahdella tapaa. Tarjouksen sisällön pisteytys ja painoarvo on valmisteltava niin, että kokonaisedullisempi koneautomaatio rakennustapana on suosiollisempi pisteytyksessä.
- 3) Kaikissa prosessin vaiheissa otettava huomioon suunnittelu ja rakentaminen koneautomaatiota ajatellen; tarjous, tilaus, suunnittelu, rakentaminen, ylläpito.
- 4) Mahdollinen tiedossa oleva uuden rakentamistavan hinnan muutos tulee mahdollisuuksien mukaan ottaa huomioon myös hankinnan ennakoitua arvoa laskettaessa.
- 5) Suunnittelun tarjouspyynnön mukana tulee toimittaa koneohjausmallin sisältö, jotta tarjoajat voivat arvioida, pystyvätkö he vastaamaan tarjouspyynnön sisältöön ja toimittamaan sisällön mukaisen suunnitteluaineiston.
- 6) Tarjouspyynnöissä on määriteltävä sisältö sen osalta, mitä koneohjausmalliin kuuluu. Sisältö on sovittava sopimuskonsulttien kanssa sopimusneuvottelulla.

Mallien toimittaminen tarjousta laativille tahoille parantaa tarjousten laatua ja tilaaja voi varmistua siitä, että esim. rakentajilla on tieto mallin tarkkuudesta ja laadusta.

Lisäksi hankintamenettelyn ja tarjouspyyntöjen osalta tulisi huomioida myös muut alalla meneillään olevat tilaamiseen liittyvät pilotit, jotta alalle on mahdollista luoda yksi yhteinen käytäntö.



5.2 Suunnittelu ja mallinnus

5.2.1 Geometrinen suunnittelu

Geometrisessä suunnittelussa tulisi toteuttaa seuraavat kohdat:

- 1) Mittalinjan suunnittelussa väylän vaaka- ja pystygeometrian laskennan pitää olla matemaattisesti oikein.
- 2) Geometriat pitää pystyä toistamaan rakennustyömaan mittauslaitteistolla.

5.2.2 Väyläsuunnittelu

Väyläsuunnittelussa tulisi toteuttaa seuraavat kohdat:

- 1) Aineistoissa esim. pintamallin pisteiden (vertexien) määrä vaikuttaa siirtotiedostojen kokoon. Tämä seikka on huomioitava jo suunnitteluvaiheessa.
- 2) Tien tai kadun risteyksissä myös liittymäalue ja kaaret tulee mallintaa muiden pintojen lisäksi.
- 3) Mikäli mallinnuksen tarkkuudessa tehdään kompromisseja, tulee ne esittää selkeästi rakentajalle

5.2.3 Kuivatussuunnittelu

Kuivatussuunnittelussa tulisi toteuttaa seuraavat kohdat:

- 1) Kuivatussuunnittelussa suunnitellaan 3D- kaivannot ja putkiverkostot. Väylän alla olevat salaojat sisältyvät kadun rakenteisiin.
- 2) Aineistoon tulee huomioida kaivojen kannet, putket, vesijuoksut, varusteet ja laitteet.

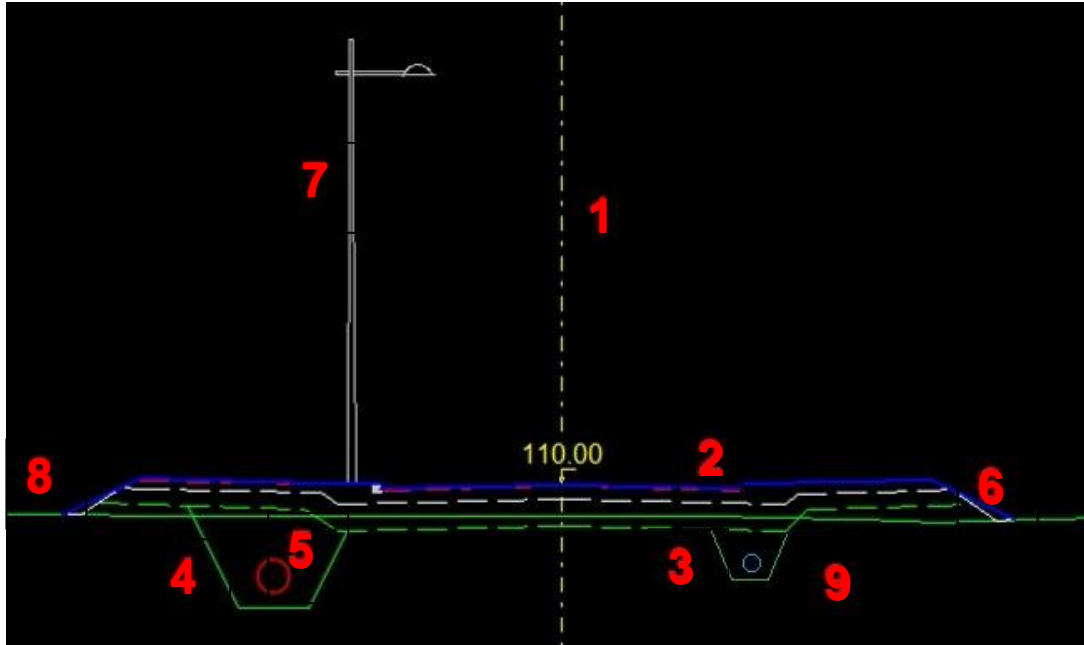
5.2.4 Aineistojen tarkistus

Aineistojen tarkastuksessa tulisi toteuttaa seuraavat kohdat:

- 1) Suunnittelu tarvitsee koneohjausaineistoja varten jonkinlaisen tarkistustyökalun, esim. VirtualMap -ohjelmiston LandXML viewer -työkalu.
- 2) Tarkastelutyökalua pitää voida hyödyntää suunnitteluvaiheessa jo ennen aineiston toimittamista työmaalle.
- 3) Tarkastelutyökalua tulee olla mahdollista käyttää myös työmaalla.
- 4) Aineistot tulee olla tunnetussa ja valmiiksi kuvatussa formaatissa, kuten LandXML -tiedostoformaattissa.
- 5) Mallin epäjatkuvuuskohdat, virheet tai kompromissit tulee esittää selkeästi tarjouspyyntöjen yhteydessä esim. havainnekuvina tai tallennettuina kohdistusnäkyminä malliin

5.3 Koneohjausmallin tuottaminen

Esitys koneohjausmallin sisällöstä on esitetty alla olevassa kuvassa.



Alla olevassa taulukossa on esitetty, miten eri objektiluokat kuvautuvat LandXML-formaatissa.

Nro	Objekti	Formaatti
1	mittalinja / geometria	LandXML (Alignment)
2	ysin pintamalli / taiteviivamalli	LandXML (TIN)
3	alin pintamalli / taiteviivamalli	LandXML (TIN)
4	kaivannon seinämä	LandXML (TIN)
5	putket / kaivot	LandXML (PipeNetworks)
6	rakennekerrokset (+louhinta)	LandXML (TIN)
7	varusteet, esim. valaisimet	LandXML (Pnts)
8	maisemointi	LandXML (TIN)
9	salaojakaivanto/- putket	LandXML (TIN)/ (PipeNetworks)

Yllä olevien objektien lisäksi on mahdollista luoda myös LandXML-muotoista viivatietoa (StringLine+IrregularLine), esim. tiekaiteet. TIN-pintamalli voidaan puolestaan korvata taiteviiva-aineistolla.

Tarkat kuvaustavat ja sisällöt LandXML-tiedostoista löytyvät InfraModel2-hankkeen kotisivuilta:

http://cic.vtt.fi/projects/inframodel2/documentation/index_d.html



5.4 Mittarit ja niiden arvot uudessa toimintamallissa sekä laadunvalvonta

Mittareissa ja niiden arvojen määrittämisessä tulisi toteuttaa seuraavat kohdat:

- 1) Laadunvalvonta tarvitsee muutoksia rakentamis- ja mittausohjeiden määrittelyihin
 - a. Esimerkiksi väylän ja vesihuollon leikkauspinta sekä täytöt voidaan kontrollimitata senttimetrin tarkkuudella.
 - b. Vaihtoehtoisesti rakennuttaja määrittelee laadunvalvonnalle uudet arvot.
 - c. Kulutuskerroksen päältä tarkemittaus tehdään senttimetrin tarkkuudella.
 - d. Soveltuvien osien ja hankalista/vaarallisista paikoista tarkemittaus voidaan tehdä myös rakentavalla koneella.
- 2) Kustannustekijät huomioitava laadun, nopeuden ja tarkkuuden suhteen
- 3) Työturvallisuus
- 4) Tarpeita työkaluille/ohjelmille esimerkiksi laadunvalvonnan hallintaan:
 - a. Raportit ja karttaesitykset
 - b. Automaattinen loki rakennustoleranssien ylityksestä
 - c. Automaattinen loki RTK- korjauksen puuttumisesta

5.5 Rakentaminen

Rakentamisen osalta tulisi toteuttaa seuraavat kohdat:

- 1) Hankintamenettelyt mallintamiskohteissa
 - a. Pelisäännöt hankinnoissa
 - b. Työmaapalvelu
 - c. Nopea reagointi muutoksiin
 - d. Tapauskohtainen harkinta
 - e. Dokumentointi tehdyistä muutoksista
 - f. Tarkemittaus ja laadunvalvonta työn etenemisen mukaan
- 2) Mallinnuksen määrittely
 - a. Mitä sisältää? Esimerkiksi kadut, vesihuolto jne.
- 3) Suunnitelmanmuutos ja ratkaisu tehdään yleisesti ottaen työmaalla
 - a. Rakentaja – Valvoja – Suunnittelija
 - b. Suunnitelman päivitys suunnittelijalta
- 4) Suunnittelija vastaa käytössä olevista tiedostoista
 - a. Varmistettava, että viimeisimmät tiedostot löytyvät työmaan palvelimelta
- 5) Suunnittelija mukaan työmaapalaveriin
- 6) Tiedostojen ja tiedostoformaattien yhteensopivuus eri laitevalmistajien laitteisiin

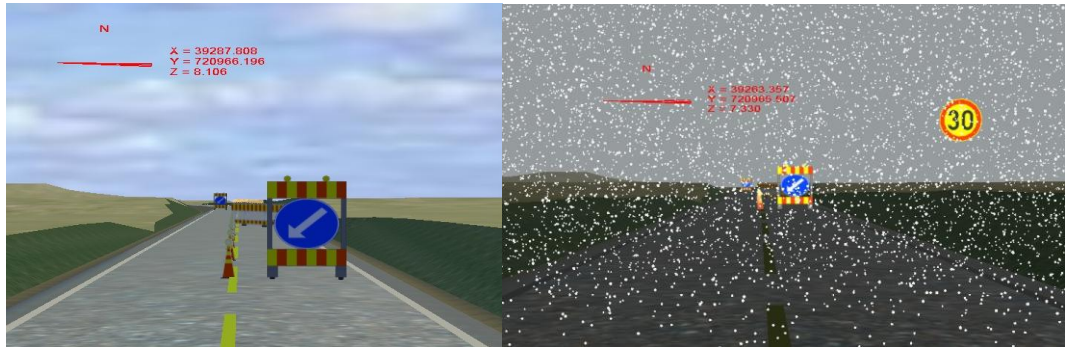


- 7) 3D- mallinnuksen tulee vastata rakennettavaa lopputuotetta
 - a. Suunnitelmien tulee olla selkeät ja yksiselitteiset
- 8) Kuljettajien koulutus ja tuotetuki
- 9) Suunnitelmista/koneohjausmallista saatava kokonaiskuva rakennettavasta kohteesta
 - a. Esim. ohjelma, jolla voi katsoa koko alueen suunnitelmakartan, kadun pituusleikkauksen ja poikkileikkauksen yhdellä kertaa
- 10) Hankintamenettelyissä huomioitava sopimuskonsultit
 - a. Kokonaisvaltainen suunnittelu
 - b. Palvelusopimukset
 - c. Mallin tarkistaminen / tarkistuttaminen
- 11) Koneohjausajokortti

5.6 Työturvallisuus

Työturvallisuuden osalta tulisi huomioida seuraavat kohdat:

- 1) Työturvallisuuden suunnittelussa huomioitava vaiheittainen toteutus (vakavuustarkastelu, tukeminen)
- 2) Toteutus tulee myös mallintaa (konfliktit, aikataulut)
- 3) Huomioitava vaaraa aiheuttavat olemassa olevat rakenteet, esim. sähkölaitteet
- 4) Huomioitava vaaraa aiheuttavat väliaikaiset rakenteet, esim. väliaikaiset liikennejärjestelyt
- 5) Määritettävä varoalueet
 - a. Etäisyydet kaivannosta
 - b. Nostoalueet
 - c. Työturvallisuussuunnitelma
 - d. Työmaan suojaus
 - e. Liikennejärjestelyt työmaalla
- 6) 3D -koordinoitumallin mahdollisuudet
 - a. Häikäisy
 - b. Optinen ohjautuvuus
 - c. Varoalueet
 - d. Yhteensovittaminen
 - e. Aikataulu
 - f. Varusteet, merkinnät
 - g. Tarkistus ja laadunvarmistus



Väliaikaiset liikennejärjestelyt mallissa ja havaittavuus eri sääoloissa

6 Yhteenveto

Projektissa ilmeni, että uudessa toimintamallissa tarvitaan monella osa-alueella uusia määrittelyjä tai entisten tarkennuksia. Suurelta osin kyse on nykyisen toimintaprosessin uudistamisesta, koulutuksesta ja parempien työkalujen tai ohjelmistojen kehittämisestä.

Hankinta- ja tarjouspyyntömenettelyn pitää mahdollistaa koneohjausrakentaminen, ja tavoite pitää olla esimerkiksi suunnittelun tiedossa heti hankkeen alkumetreillä.

Hankinnassa tulee kiinnittää huomiota kokonaishyötyyn koko prosessissa eikä osaoptimointiin prosessin yksittäisissä vaiheissa. Osaoptimoinnilla menetetään hyöty suurimmilta osin tai kokonaan. Toimintamallin suurin kustannushyöty tulee rakentamisesta. Jos suunnittelusta tilataan optimoitu tietomalli kohteesta mutta sitä ei hyödynnetä rakentamisvaiheessa, kustannushyöty jää saavuttamatta.

Lähtötiedot (esim. johtotiedot) tulisi olla saatavilla keskitetystä palvelusta. Helppo sijaintitiedon saatavuus xy- tasolla tulisi olla minimivaatimus. Korkeustiedon puuttuminen olemassa olevista maanalaisista infrarakenteista ei estä hyödyntämistä.

Mittaus ja laadunvalvonta tarvitsevat uudet ohjeistukset ja työkalut mittauksiin sekä kartoituksiin. Myös tarkkuusmäärittelyt on huomioitava ohjeistuksissa.

Rakentamisen tarkkuus ja laatu paranevat koneohjauksen myötä, mutta uusi toimintamalli vaatii myös laadukkaat laitteet, aineistot ja koulutusta.

Suunnittelu tarvitsee määrittelyt koneohjausaineiston tuottamiseen sekä koulutusta uuteen toimintatapaan. Suunnitteluohjelmistot mahdollistavat toiminnan, mutta aineistojen tarkasteluun pitää olla työkalu.

Työturvallisuusasiat huomioimalla voidaan tehostaa ja ennakoida muuttuvia tilanteita mallinnetun aineiston avulla ja näin saada lisäarvoa hankkeelle.



7 Jatkotoimenpiteet

Projektin aikana ilmeni jatkokehitystarpeita eri toimijoille. Osa jatkokehitystarpeista on pilotoitujen asioiden edelleen kehittämistä ja osa on projektin aikana esille tulleita uusia asioita. Näiden kehitystarpeiden vaatimat toimenpiteet tulee huomioida uusissa kehitysprojekteissa, koska niitä ei ollut sisällytetty tämän projektisuunnitelman määrittelyissä tai tavoitteissa.

Hankintamenettelyn toimintaprosessi ja asiakirjat pitää uudistaa vastaamaan uutta toimintamallia. Myös tarjousmenettelyn prosessi vaatii läpikäymistä ja uusia asiakirjoja.

Koneohjausmallin sisältö pitää määrittellä selkeästi ja yksiselitteisesti. Mallin sisältö asettaa myös vaatimukset lähtötietojen tasolle, laadulle ja tarkkuudelle. Maahan asennettavien varusteiden ja laitteiden xyz- tiedon keräys on huomioitava tulevaisuutta ajatellen. Jatkossa malleihin voisi olla liitettävissä esim. rakennettavuusanalyysit ja pohjatutkimustieto.

Infranimikkeistöön tarvitaan sisältölaajennuksia vastaamaan koneohjauksen tarpeita. Tämä tarkoittaa käytännössä InfraModel2-kuvauksen laajennusta. Muun muassa olemassa olevat rakenteet ja niiden mittaus- sekä kartoitustyöt edellyttävät määrittelyn laajennuksia. Tällaisia rakenteita ovat esimerkiksi kaapelit, putket ja kaivot.

Suunnitteluohjelmistoja tulee kehittää, jotta aineiston tuottaminen helpottuu (liittymät, väylän pohjan muotoilut, yhdistelmä alapinta). Ohjelmistokehitykseen voisi liittyä myös sähköisen kaivokortin (LandXML) kehittäminen ja pilotointi.

Työmaan käyttöön tulee kehittää helppokäyttöinen ohjelmisto aineiston tarkastelua ja paikannusta varten. Ohjelman tulisi toimia maastotietokoneessa ja tukea paikannusinformaatiota.

Tilaajan käyttöön tulee kehittää ohjelmisto hankkeen etenemisen seurantaan ja laadunvalvontaa varten.

Lisäksi mittausoperaattoria varten tulee kehittää ohjelmisto aineiston versioinnin hallintaan. Rakennetun tarkemittauksen pilotointi käyttäen uudenlaisia menetelmiä, esim. laserkeilaus, valokuvaus ja kuvamittaus (stereomallit).

Projektissa ilmeni myös ohjelmistokehitystarve koneohjauslaitteiden LandXML-aineiston laajemmalle hyödyntämiselle, sekä laitteiston fyysisen laskentatehon parantaminen.



Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa

LOPPURAPORTTI 31.12.2010

Oulun kaupunki, Tampereen kaupunki

8 Yhteystiedot

InfraTM- projektinyhteystiedot:

TILAAJA / OHJAUSRYHMÄ:

Markku Mustonen

Oulun kaupunki

markku.mustonen@ouka.fi

p. 044 – 703 2118

Janne Lindberg

Tampereen kaupunki

janne.lindberg@tampere.fi

p. 050 - 382 6463

OHJELMISTOTALO:

Tuomo Palomaa

Vianova Systems Finland Oy

tuomo.palomaa@vianova.fi

p. 0400 – 938 600

LAITTOIMITTAJA:

Mikko Ilmonen

Novatron Oy

mikko.ilmonen@novatron.fi

p. 0400 – 836 514