Tarkentuva todellisuus

Joustava tiedon lisääminen suunnittelutietomalliin

19
19

SISÄLTÖ

5 Esipuhe
6 Lähtötilanne

KOKEILUT
10 Mitä kokeiltiin?

PROSESSI
24 Tavoitteet
25 Ideaaliprosessi
29 Mitä jäi kokeilematta?
30 Loppusanat
32 Termistö

ESIPUHE

Nykyisellä, kehittyvällä teknologialla saadaan rakentamisaikana tehtävät peruskorjauskohteiden tarkemittaukset toteutettua nopeasti ja tehokkaasti. Tarkemittauksilla saadaan alkuvaiheen inventointimallia luotettavampaa tietoa esimerkiksi puretuista, aiemmin piilossa olleista runkorakenteista ja voidaan varmistaa suunnitelmien toteutettavuus sekä laadukkuus.

Keskimääräisessä korjaushankkeessa tarkemittausten tuoman tiedon päivittäminen suunnittelumalliin limittyy osaksi toteutussuunnittelua. Poikkeuksellisen vaativissa, rakennussuojelullisia arvoja ja monimutkaista geometriaa sisältävissä korjauksissa työvaihe voi kuitenkin osoittautua suuritöiseksi ja vaikeasti ennakoitavaksi. Hidas työprosessi ja suunnitelmien epätarkkuus vaikuttavat kriittisesti suunnitelmien toteutettavuuteen ja luotettavuuteen, mikä hidastaa koko rakentamisprosessia ja saattaa johtaa virheisiin.

Tarkentuva todellisuus oli osa kiinteistö- ja rakennusalan digitalisaatiota edistävään KIRA-digi -ohjelmaa, ja se on saanut tukea Ympäristöministeriöltä. Tarkentuva todellisuus -hankkeessa tavoitteenamme oli kehittää uudenlaista työprosessia, jolla tarkentuvan pistepilviaineiston käsittely ja mallinnus sujuisivat mahdollisimman nopeasti rakentamisaikana. Työprosessia testattiin ja validoitiin iteratiivisesti oikeassa toimintaympäristössä kahdessa poikkeuksellisen vaativassa peruskorjaushankkeessa: Helsingin Olympiastadionissa ja vähäisemmältä osin Finlandia-talossa. Hankkeen lopputuloksena syntyi luonnos uudeksi työprosessiksi, jolla tarkentuva tieto saadaan lisättyä suunnittelutietomalleihin joustavammin, nopeammin ja helpommin. Uudistettua prosessia pyritään hyödyntämään ja jatkokehittämään Finlandia-talon hankkeessa.

Pidemmän aikavälin tavoitteena on vakiinnuttaa uusi toimintatapa osaksi suunnittelualan käytäntöjä. Hankkeesta on viestitty toimiston ja Kira-digi -ohjelman verkkosivuilla, ja sitä esiteltiin myös Kira 360 -tilaisuudessa 7.3.2018 ”Suunnittelun uudet työkalut: Parasta laatua ja sujuvampia prosesseja”. Tämä hankkeen loppuraportti on julkisesti saatavilla.

LÄHTÖTILANNE

Hankkeen alussa kartoitimme nykyisen tarkemittausprosessin sudenkuoppia (Case Helsingin Olympiastadion), sekä vaiheita, joissa tyypillisesti tehdään virheitä tai joudutaan muista syistä palaamaan takaisin. Tarkasteluajanjaksona oli prosessi suunnittelusopimusten laatimisesta rakennuksen valmistumiseen.

Nykyisessä prosessissa suurimmiksi haasteiksi on koettu seuraavat:

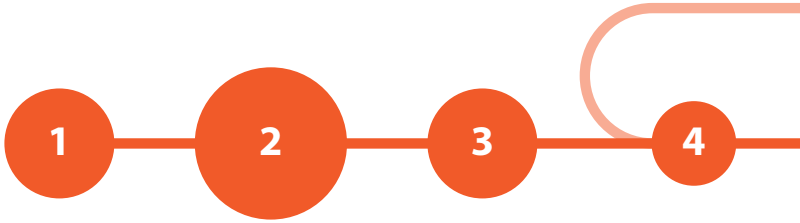
1) Tarvittavien mittausten kommunikointi mittaajalle tapahtuu lähes aina välikäden kautta, mikä aiheuttaa tietokatkoksia ja johtaa epäselviin tai epäluotettaviin mittaustuloksiin.

2) Työmaalta saatava mittatieto poikkeaa – jopa saman hankkeen sisällä – laadultaan, tarkkuudeltaan ja tiedostomuodoltaan. Osa mittaustuloksista on tulkinnanvaraisia tai muuten käyttökelvottomia. Tiedostoja toimitetaan useassa erässä, ja tiedostokoot ja työmäärät kasvavat nopeasti hallitsemattomiksi. Saadun tiedon dokumentointi on puutteellista (kuka mittasi ja mihin tarkoitukseen).

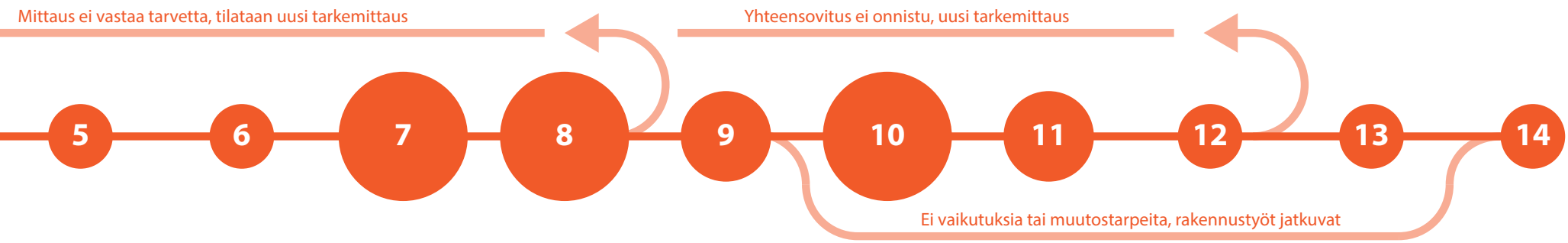
3) Tarkemittausten automaattiseen tarkistukseen ei ole olemassa sopivia työkaluja, ja silmämääräinen tarkistus on hidasta ja altista virheille.

4) Nykyinen työjärjestys, aikataulutus ja sopimukset perustuvat korjausrakentamisen osalta virheelliselle olettamalle, että suunnitelmat ovat yhteensopivia, kun työmaavaihe alkaa. Tarkemittauksilla ja niistä aiheutuville muutoksille ei ole varattu aikaa eikä resursseja.

5) Tarkentuvan lähtötiedon käsittely puuttuu rakentamisen tehtäväluetteloista ja Rakennusurakan yleisistä sopimusehdoista (YSE 1998). Tehtävä jää erikseen sovittavaksi ja siksi usein puutteellisesti määritellyksi. Työ vaatii erittäin korkeaa tietomallinnus- ja suunnitteluosaamista, johon on vaikea ennalta varautua.



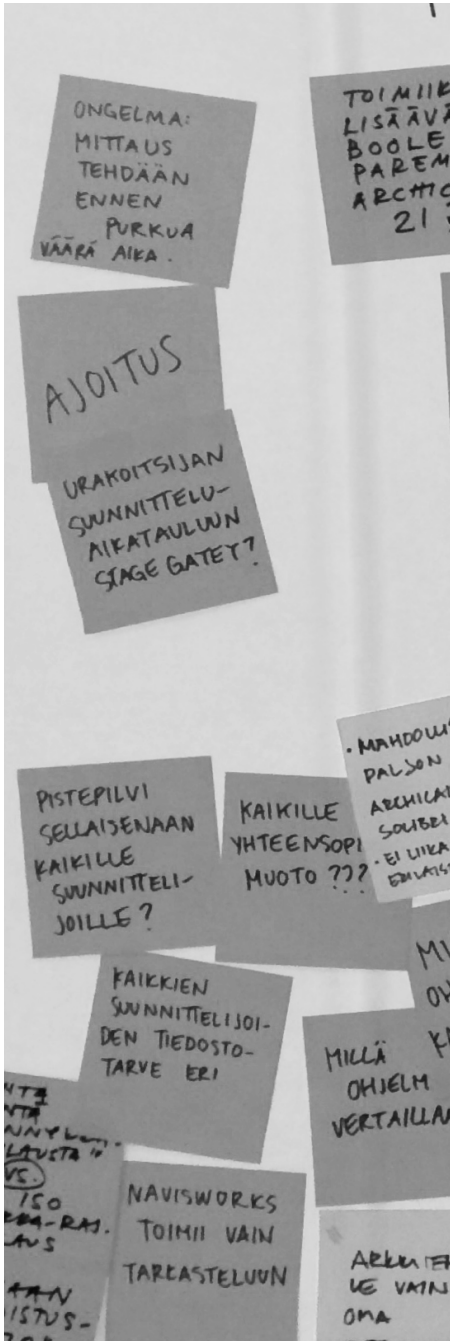
Vaihe	Suunnittelu-sopimukset	Työn suunnittelu & aikataulutus	Tarkemittausten tarpeen arviointi	Tarkemittausten tilaus
Osapuolet	Tilaaja Arkkitehti Urakoitsija Mittaaja	Urakoitsija Arkkitehti Erikoissuunnittelijat	Arkkitehti Erikoissuunnittelijat Urakoitsija	Urakoitsija
Vaikeudet	Nykyisissä suunnittelusopimuksissa ei ole huomioitu tarkemittauksia tai määritelty rooleja	Väärään aikaan toteutetut mittaukset ovat hyödyttömiä. Mittaukset ajoitettava oikein. Tarpeita on vaikea arvata etukäteen.	Priorisointi ja ennakointi: kaikkia ongelmia ei voi etukäteen tietää	Suunnittelija ei tilaa mittausta suoraan tekijältä, vaan urakoitsijan kautta. Mahdollinen tietokatkos. Paljon tietoa jää työmaalle.



Työmaan purut valmistuneet (kevyet / kantavat)	Tarkemittaus ja tiedoston konvertointi	Pistepilven avaus ja käsittely	Vertailu alkuperäiseen lähtötietoon	Vaikutusten arviointi	Suunnitelmien päivittäminen muuttuneen lähtötiedon mukaan	Muutosten kommunikointi suunnitteluryhmälle	Suunnitelmien yhteensovitus	Suunnitelmien toteaminen yhteensopiviksi	Rakennustyöt jatkuvat
Urakoitsija	Mittaaja	Arkkitehti	Arkkitehti Tietomallikoordinaattori	Arkkitehti Tietomallikoordinaattori Erikoissuunnittelijat	Arkkitehti	Arkkitehti	Arkkitehti Erikoissuunnittelijat	Suunnitteluryhmä Pääsuunnittelija	Urakoitsija
Purkuaikataulu erityisesti kantavien rakenteiden osalta saattaa olla myöhäinen suunnittelua ajatellen	Sopiva tiedostomuoto riippuvainen ohjelmasta, eri suunnittelijoiden tarpeet eroavat. Tiedostokoko suuri. Useiden tiedostojen hallinta vaikeaa. Puute osaavista mittaajista.	Pistepilvitiedosto avautuu eri ohjelmilla, mutta ei toimi sellaisenaan. Tiedosto täytyy muuttaa verkoksi tai rakennusosat täytyy mallintaa erikseen ennen vertailua.	Automatisoituun vertailuun ei ole sopivaa ohjelmaa. Solibri Model Checker ei ymmärrä pistepilveä, ArchiCAD, Navisworks, CloudCompare ... Työläs vaihe ja pienet erot vaikea löytää.	Vaikutusten arviointi tapauskohtaista, vaikutuksia muihin suunnittelualoihin vaikea arvioida.	Työnjako, kuka mallintaa muutokset? Normaali suunnittelu ja muutossuunnittelu ei erotettavissa laskutuksessa.	Muut suunnittelijat joutuvat odottamaan arkkitehdin mallintamaa tietoa. Suunnittelijoille on erikseen tiedotettava kohdat, jotka heidän täytyy tarkistaa.	Suunnittelualat eivät ole keskenään samassa vaiheessa.	Suunnitelmat ovat jatkuvasti joiltain osin kesken, täydellistä yhteensopivuutta ei voi saavuttaa.	Urakoitsijalle saatava tieto muuttuneista suunnitelmista. Työmaan vaikea ennakoida suunnitelmien valmistumista ja aikatauluttaa työtä.

HANKKEEN

KOKEILUT



"SMART OBJECT"
TARPEITA ON "MAHDOTON" ARVATA
KOODI AVUKSI?
PISTEPILVESTÄ SUURI VERKKOPINTA, JOKA TAVOITETAAN MUUNTEEKSI → VERTAILU VHDISTELMÄ MALLIN
⇒ TAI KÄSIVARA
PISTEPILVEN MUUTTAMINEN VERKOKSI?
AUTOMATISOINTI
/ MALLINNUS
PISTEPILVEN MUUNTO VERKOSSA
⇒ OHJELMIEN TESTAUS
MESH SOLIBRIIN
PISTEPILVI-BIG ROOM?
MAHDOLLISUUS SUORA KOMMUNIKAATIO - EI RIKKINÄISTÄ PUHELINTA
MII RIITTAA! MINIMITAS
IDIOOTTI TYHMÄ RAKENNUSOSIEN TYYPITYS
KENELLE VERTAILU KUULUU?
HALUTAANKO OIKEASTI TEHDÄ TÄMÄ ITSE?
"BLOKIT"?
TÄMÄ BLOKKI PÄIVITTYY KERRALLA? MALLI KOOSTETTU PIENISTÄ BLOKEISTA
MITTAUS SÄÄTÄVÄ "RENKEKSI", JOTA TYÖMAA VOI HOITAA SEN "AUTOMAATTISESTI"
- ÄPPI + ÄLYPUHELIN + KOORDINAATISTO
- MITTAUKSET TAGNISIN VÄLIAJOIN → EI VÄRÄH ERISTÄ "TILAUSTA"
TIETOMALLI-KOORDINAATTORI JA ARKKITEHDIN PÄÄSUUNNITTELUN ROOLI? TYÖNJAKO?
OMA TYÖTEHTÄVÄ, JOTA ARKKITEHTITSTO /PÄÄSUUNNITTELIJA VOI TARJOTA (TAI ERILL. KONSULT.)
INVENTOINTI-MALLINTAJA MUKANA LÄPI HANKKEEN?
TIETOMALLI-KOORDINAATTORI PÄÄSUUNNITTELIJAN ALIKONSULTTINA
KOORDINAATTORIN TULEE OLLA MUKANA KOKO HANKKEEN AJAN TYÖVIISTI?
MITTAUSKOORDINAATTORI
MITTAAJA ARKKITEHDIN ALIKONSULTTI
XYZ?
SELVÄ OHJEISTUS MITTAUKSEN TEKIJÄLLE "FOR DUMMIES"
KARTTA VAIKUTUSTEN ARVIOINTIIN? RIITTÄÄKÖ TARKKA MITTAUSOHJE?
JAT MITTAUS TARPEILLE
PILVIEN PILKKOMINEN (HISTORIADATA)
OOTTU PISTEPILVI-MALLI?
MITEN VOIDAAN PILVIDATAA PILKKOA? (MIKSI?)
VÄRIKOODAUS: MUUTTUNEET MALLIPALAT PUNAISELLA
KUKA PISTEPILVE. KOMMENTOI JA MITEN?
- VÄRIDATTA PILVEEN REVISIOINTI
OIKEIDEN TARPEIDEN SUODATUS
MITKÄ TARPEET MAHDOLLISTA ULKOISTAA?
MITEN EROTETAAN ARK SUUNNITTELU MUUTOKSISTA?
RISKI: PUUTUT RAKENTEET SUOJATAAN ENNEN TARKEMITTAUST

MITÄ KOKEILTIIN?

Hankkeessa toteutettiin pieniä, kevyitä kokeiluja, joissa hyödynnettiin todellisista hankkeista saatavaa aineistoa. Kokeilut on jaettu neljään kategoriaan:

Sopimukset – Mitä eri osapuolten välisissä sopimuksissa voidaan kehittää?

Prosessit – Mitä vaiheita voidaan sujuvoittaa tai suoraviivaistaa?

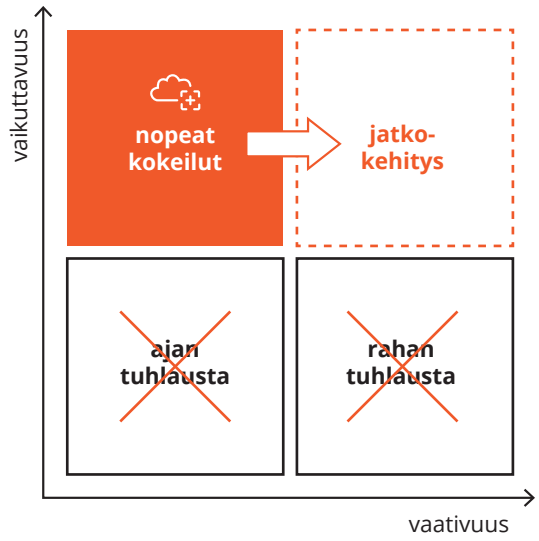
Työkalut – Mitkä ovat parhaat työkalut? Mitä työkaluja vielä tarvitaan?

Roolit – Miten eri osapuolten väliset vastuut ja roolit tulisi jakaa?

Tässä raportissa kokeilut on lukemisen helpottamiseksi lisäksi numeroitu sen mukaan, mihin prosessin vaiheeseen (ks. edellisen sivun kaavio) kokeilu liittyy.

Suurin osa kokeiluista liittyi Olympiastadionin hankkeeseen, josta oli kokeilun aikana saatavilla eniten erilaista tarkemittaus- ja pistepilviaineistoa. Alkuperäisestä hankesuunnitelmasta poiketen Kivimiehen koulun ja päiväkodin työmaavaiheesta ei kertynyt juurikaan pistepilvi- ja suunnitteluaineistoa kokeilun käyttöön. Tämä kuvaa sitä, että pienemmissä korjaushankkeissa mittapoikkeamiin ja suunnitelmamuutoksiin ehditään reagoida helpommin sekä suunnittelussa että työmaalla, eikä laajoille tarkemittauksille tai niistä aiheutuvalle muutossuunnittelulle ei ole suurta tarvetta.

Kokeilevan kehittämisen hengessä kokeilujen valintakriteereinä oli korkea vaikuttavuus, mutta matala vaativuustaso. Tavoitteena oli oppia ongelmasta kokeilujen kautta enemmän, jotta voidaan löytää potentiaalisimmat jatkokehityskohteet.



TYÖKALU

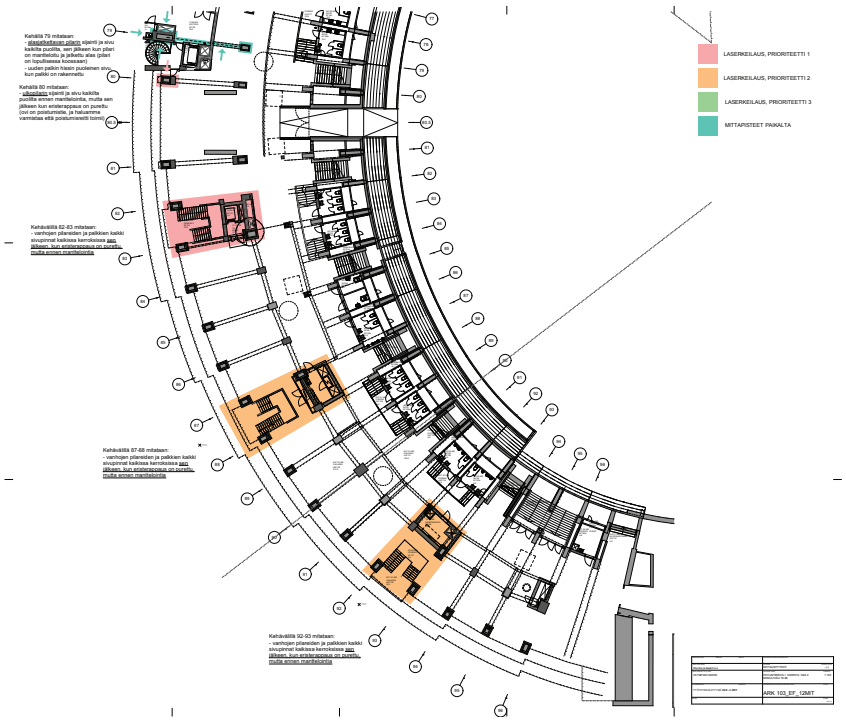
Jaettu mittauskartta

4

Nykyisessä prosessissa eri suunnittelijat tilaavat tarvitsemansa tarkemittaukset urakoitsijalta, joka tilaa ne edelleen mittaajalta. Eri suunnittelijat voivat toisistaan tietämättä tilata useita päällekkäisiä mittauksia samasta alueesta. Välikäden kautta tehdyt mittauspyynnöt saattavat johtaa myös tietokatkoihin. Mittaajille kertyy projektin aikana paljon myös sellaista tietoa, joka ei ikinä päädy suunnittelijoille, koska sitä ei ole erikseen pyydetty.

Hypoteesin mukaan kommunikaatiota voisi helpottaa vuorovaikutteinen pohjapiirros tai kartta, johon eri suunnittelijat voisivat helposti ja nopeasti päivittää mittaustarpeitaan. Olympiastadionin pohjoiskaarteessa ideaa kokeiltiin kevyesti ensin mittauspyyntöjä varten laaditulla omalla pohjapiirustussarjalla, johon sekä laserkeilattavat että pistemitattavat alueet ja rakennusosat oli merkitty. Mittauspyyntöjen kiireellisyys ja priorisointi esitettiin väreillä, ja mittaustarpeita ohjeistettiin selventävillä teksteillä. Mittauspyyntöpiirustukset lähetettiin samanaikaisesti sekä työmaalle että muille suunnittelijoille, jotta he pysyisivät ajan tasalla tulevista mittauksista ja voisivat lisätä kartalle omat mittaustarpeensa. Ideaalitilanteessa mittauspyyntökartta olisi suunnittelijoiden yhteinen.

Jatkossa pohjapiirustuksen tilalla voisi olla vuorovaikutteinen pilvipalvelussa sijaitseva kartta tai 3D-malli, ja johon kaikilla osapuolilla olisi pääsy. Testasimme tähän tarkoitukseen myös työmaan laadun- ja turvallisuudenhallintaan tarkoitettua Congrid -ohjelmistoa. Mobiilisovellus mahdollistaa mittauspyynnön tilaamisen älypuhelimella tai muulla laitteella pohjapiirustuksen päälle lisätyllä merkinnällä ja pyynnön vastaanottamisen. Kommunikointi, pyynnöt sekä vastaukset kirjautuvat sovelluksen lokiin ja niihin voi linkittää valokuvia. Sovellus ei toistaiseksi kuitenkaan tue 3D-tietomallia, eikä mittaustuloksia voi toimittaa suunnittelijoille sovelluksen kautta.



Olympiastadionin pohjoiskaarteessa tarkemittauksia varten laadittiin oma pohjapiirustussarja, johon mittauspyynnöt eroteltiin kiireellisyyden mukaan. Jatkossa piirustuksen sisällön voisi kerätä jaetulle ja vuorovaikutteiselle kartalle pilvipalveluun, johon kaikki osapuolet pääsevät käsiksi.

On hyödyllistä, jos eri osapuolet voivat tehdä ja nähdä toistensa mittauspyyntöjä, tilata mittauksia, seurata niiden toteutumista ja kuitata toteutuneita mittauksia samassa paikassa (esim. pilvipalveluohjelmistossa). Mittauspyynnön tulee olla riittävän tarkka, jotta se pakottaa tilaajan määrittelemään, mitä mittaukselta tarkalleen halutaan. Tämä helpottaa myös tarkistamista, sillä tarkistus voidaan rajata niihin kohtiin, joita on pyydetty.

Mittauskartta toimii myös lokina pyydetyistä ja tehdyistä mittauksista, mikä selkeyttää vaiheittain tarkentuvaan lähtötietoon liittyviä vastuukysymyksiä. Kaikki osapuolet voivat hankkeen eri vaiheissa tarkistaa, millaista tarketietoa on pyydetty, koska pyyntö on tehty ja onko tieto saatu suunnittelun ja toteuttamisen kannalta ajoissa.

TYÖKALU / PROSESSI

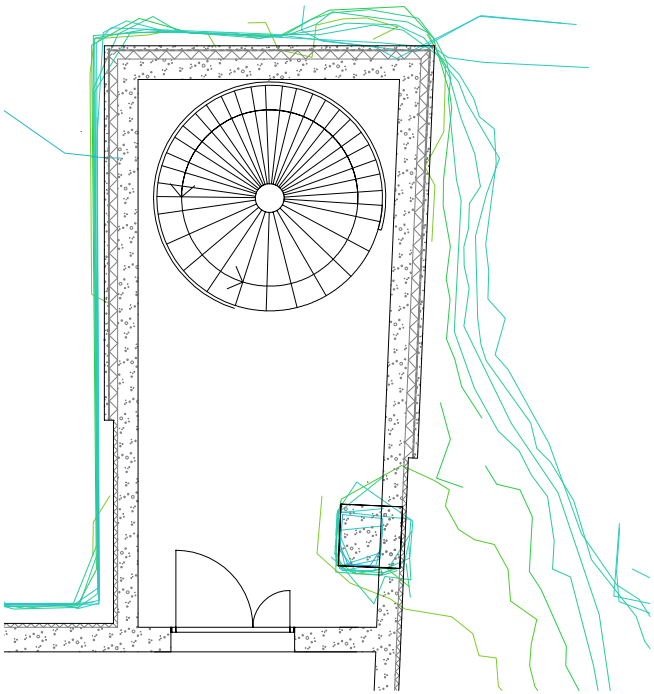
Mittatietoa suoraan työmaakoneilta

6

Olympiastadionin -1. kerroksen tiloista suuri osa on louhittu maan alle vanhan rakennuksen alle, jossa on mm. vanhoja perustuksia, anturoita ja sidepalkkeja, joiden tarkasta sijainnista tai koosta ei ollut suunnitteluvaiheessa saatavilla kattavaa tai luotettavaa tietoa Tästä johtuen esimerkiksi maanalaisten poistumistiereittien toteutettavuutta ei voitu varmistaa. Työmaa toimitti välittömästi kalliolouhinnan jälkeen dwg-tiedostoja, jossa yhdeltä alueelta esitettiin louhittavan kallion toteutuneet sahauslinjat, ja toiselta alueelta valmiiksi louhittu kalliopinta korkokäyrinä. Toteumamittaustieto saatiin suoraan työmaan koneohjaus- ja mittalaitteista sekä kaivinkoneiden mittausjärjestelmistä, jotka oli kalibroitu työmaalla projektin koordinaatistoon. Suunnitelmien tarkistuksia ja muutoksia oli siksi mahdollista tehdä hyvinkin nopealla aikataululla, kun aikaa vievä tarkemittausten tilaus, mittaus ja tiedostojen konvertointi jäivät työvaiheina kokonaan pois.

3D-tietomallien, IoT:n ja pilviteknologian kehityksen, käyttöönoton ja yleistymisen myötä on todennäköistä, että suunnittelijoiden käyttöön saadaan aiempaa helpommin tietoa ilman erillisiä mittamiehiä välikäsinä. Infrarakentamisen puolella älykkäät työnohjausjärjestelmät ja koneohjattu 3D-tietomallipohjainen rakentaminen ovat jo arkipäiväistyneet, ja esimerkiksi suomalainen InfraKit tarjoaa pilvipohjaisen alustan reaaliaikaisen työnjohdon ja mittauksen apuvälineeksi. Talonrakennushankkeissa kehitys kulkee infrahankkeita jäljessä, mikä on ymmärrettävää, kun huomioi erilaiset vaatimukset niin mittatarkkuuden kuin suunnitteluosapuolien määrän suhteen. Myös työvaiheiden, tilanteiden ja yksityiskohtien määrä on suurempi. Suunta vaikuttaa kuitenkin lupaavalta: tulevaisuudessa prosessin vaiheet tarkemittausten tarpeen arvioinnista mittausten tilaukseen ja tiedoston konvertointiin voivat jäädä osin tarpeettomiksi. Jo nyt vaikuttaa siltä, että työmaalla syntyy paljon sellaista tietoa, jota ei osata kysyä ja hyödyntää suunnittelussa.

Kokeilusta heräsi myös ajatus: Voisivatko tulevaisuudessa kaikki työmaalaitteet ja työkoneet kommunikoida IoT:n kautta keskenään, ja päivittää automaattisesti toteutumamallin geometriaa? Tätä geometriaa tulisi luonnollisesti voida automatisoidusti verrata suunnittelutietoon, jolloin suunnittelija voisi saada esimerkiksi varoituksen, jos mittapoikkeama suunnitellun ja toteutuneen välillä ylittää ennalta määritellyn rajan.



Koneohjatut työmaakoneet tuottavat paljon tarkkaa mittatietoa, jota voisi hyödyntää suunnittelussa paremmin.

TYÖKALU

Kevytmittauksia ”mittanauhalla”

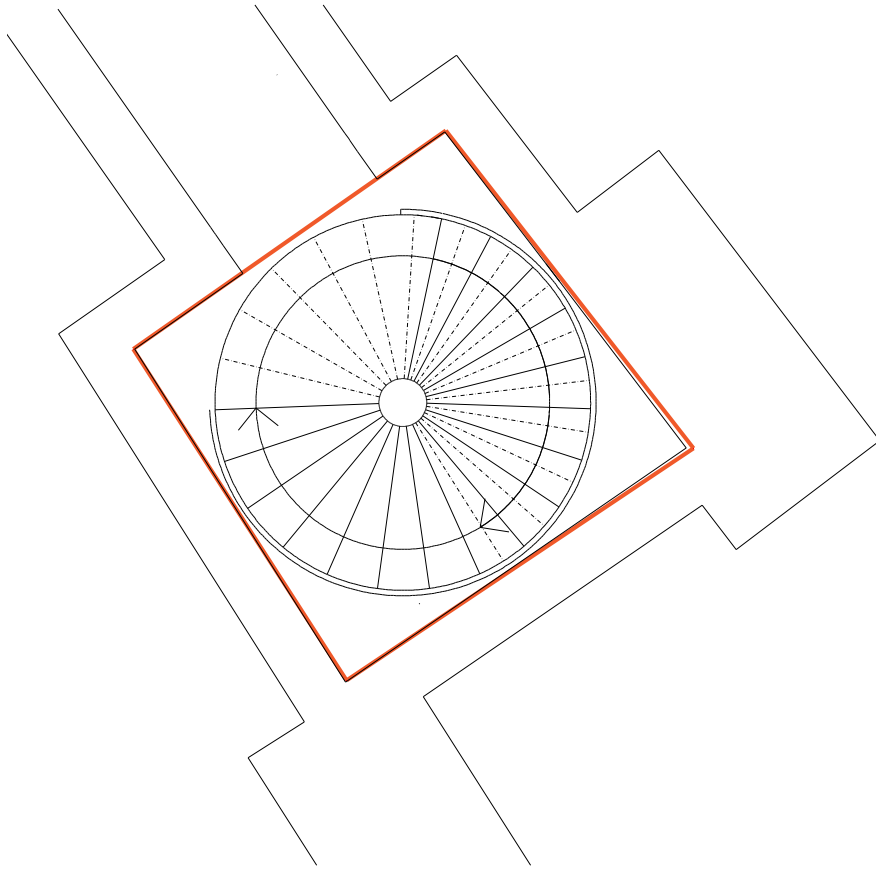
6

Halusimme laserkeilauksen ohella testata myös muita mittaustapoja, sillä joskus suunnittelijalle riittää tieto yksittäisten pintojen tai pisteiden sijainneista projektin koordinaatistossa.

Pistemittauksia pyydettiin mm. kolmesta poistumisportaasta, jotka sijaitsivat erittäin ahtaasti vanhojen perustusten välissä. Tarkekeilaajalla ei ollut pääsyä ahtaaseen kohtaan purun ollessa vielä kesken – toisaalta portaiden suunnittelu oli saatettava valmiiksi. Pääsimme tässä myös vertailemaan mittausten tarkistuksiin kuluvaa aikaa.

Useiden pienten mittausten perusteella nopeat pistemittaukset ovat hyödyllisiä. Ne soveltuvat kuitenkin parhaiten tilanteisiin, joissa geometria on yksinkertainen ja sekä mittauspyynnöt että tulokset helposti kommunikoitavissa. Pistepilvi on muihin mittauksiin nähden ylivoimainen silloin, kun geometria on monimutkainen ja tarvittavia pisteitä on useita ja esimerkiksi useissa eri kerroksissa (esim. vanhaan rakennukseen tehtävät uudet hissikuilut). Pistepilvi on valokuvamainen esitys, ja sen 3D-näkymä materiaalitietoineen auttaa usein tiedon tulkinnassa. Esimerkiksi pilarissa näkynyt spraymaalattu purkumerkintä paljasti, ettei pilarin pintakerrosten purkuja oltu vielä mittausvaiheessa tehty loppuun.

Viestintä tarkemittaajan kanssa siitä, millainen tieto riittää suunnitelman tarkentamiseen, onkin erityisen tärkeää. Yksittäisiä mittoja ja mittapisteitä voidaan usein saada työmaalta jo kesken purkuvaiheen – samassa vaiheessa tehdyt laserkeilaukset saattavat olla suunnittelun kannalta hyvin vaikeatulkintaisia.



TYÖKALU

Pistepilven konvertointi pintamalliksi

7

Kokeilimme hankkeessa myös useita eri työkaluja, ja markkinoille tulee jatkuvasti lisää. Erityisesti halusimme testata pistepilven muokkaamista yksittäisistä pisteistä verkoksi tai pinnoiksi, joita voisi helpommin tarkistaa hankkeissa yleisesti käytössä olevilla suunnitteluohjelmistoilla (esim. ArchiCad, Solibri, Tekla, Autodeskin ohjelmat). Pidämme suunnittelussa hidasteena yhtenäisten tiedostomuotojen puutetta, koska kaikki käytössä olevat ohjelmistot eivät pysty käyttämään pintamalleista ja pistepilvistä samoja tiedostomuotoja. Omissa hankkeissamme esimerkiksi rakenne- ja arkkitehtisuunnittelijoiden tarvitsemat pistepilvitiedostojen muodot poikkeavat toisistaan.

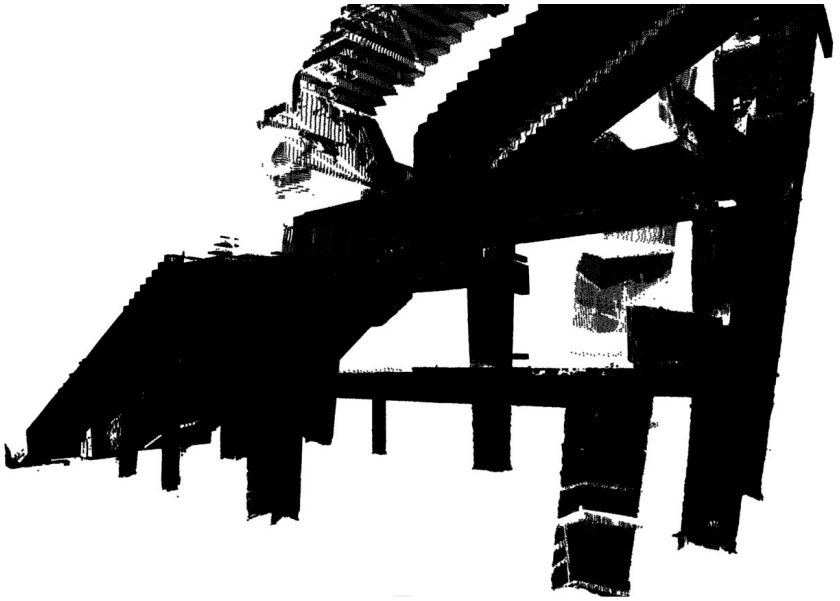
Avoimen lähdekoodin CloudCompare -ohjelma osoittautui hyväksi työvälineeksi. Sillä pystyy muuntamaan formaatteja, rajaamaan ja yhdistelemään pilviä sekä harventamaan pilviä helposti. Pistepilvien muuntaminen pintamalliksi osoittautui myös mahdolliseksi, mutta kokeiluista tuli muhkuraisia ja reikäisiä. Muuntamisen jälkeen syntyneet pintamallit eivät olleet suoraan käyttökelpoisia, vaan olisivat edellyttäneet jatkokäsittelyä. Yleisesti puuhastelu pilvien kanssa on kuitenkin aikaa vievää, joten mittaavan osapuolen pitäisi osata toimittaa suunnittelijoille mahdollisimman sopivaa aineistoa. Niissä tilanteissa, joissa näin ei tapahdu, CloudCompare on hyvä työväline tilanteen paikkailuun.

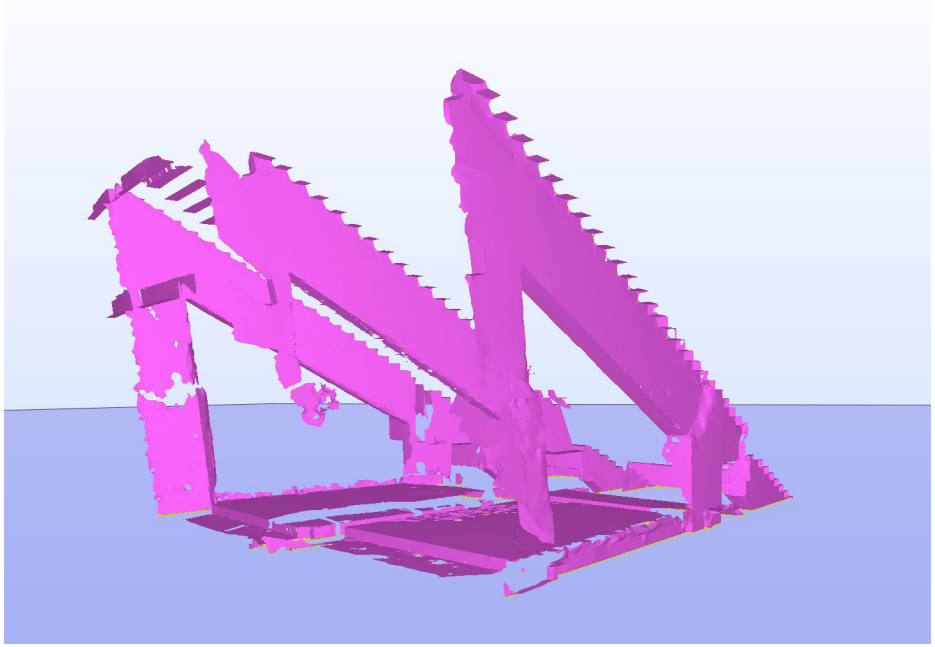
Koska manuaalinen verkoksi muuntaminen on hidasta ja vaivalloista, päättelimme automatisoidumman lähestymistavan palvelevan suunnittelua paremmin. Kokeilemistamme toimivin väline automaattiseen verkoksi muuntamiseen oli Pointfuse. Ohjelmisto perustuu automaattiseen prosessiin, joka muuttaa pistepilvidataa verkoksi (mesh). Pistepilvi ladataan ohjelmaan, valitaan tuotettavalle verkkopinnalle haluttu tarkkuus ja annetaan ohjelman hoitaa muunnostyö. Ohjelmisto tuottaa verkoista erilaisia 3D-tiedostomuotoja mutta myös IFC-tiedostoja, mikä on suunnittelualojen välisen yhteensovittamisen kannalta edullisin muoto. Ohjelmiston käyttöä rakennustyömaavaiheessa on kokeillut esimerkiksi Skanska.

Pointfusella tekemiemme kokeilujen perusteella ohjelma sopii vaativankin pistepilvigeometrian muuntamiseen ja saadun verkon tarkkuus riittää YTV2012 mukaiseen mittatarkkuuteen. Pilvien koko kannattaa rajata kohtuullisen pieneksi ja pistetiheyden tulee olla riittävä verkon muodostamiseksi – muutoin verkoksi muuntaminen muuttuu hitaaksi ja käännöksen onnistuminen on epävarmempaa. Olympiastadionin hankkeen yksittäisen tarkekeilauspilven muuntaminen verkoksi vaati vajaan tunnin käännösajan. Valmis IFC-muotoinen pinta oli tarkkuudeltaan ja luotettavuudeltaan riittävä yhteensovituksen tarpeisiin. Koska IFC-pintamallia voivat hyödyntää kaikki suunnittelualat ja se voidaan liittää yhdistelmämalliin, muunnokseen käytettävä aika on mielestämme perusteltu. Yhteensovitusvaihe nopeutuu eikä pistepilviä ole tarpeen muuntaa eri suunnittelijoita varten useampaan pistepilviformaattiin.

Suunnittelutyön ohessa tehtäviä laajempia ohjelmistokokeiluja vaikeuttavat usein lisenssien hinnat. Moni vastasyntynyt ohjelmisto osoittautuu monimutkaisessa korjaushankkeessa kömpelöksi, hitaaksi ja usein lisenssin hintaan nähden varsin hyödyttömäksi. Lisenssihinnoiltaan ja -politiikaltaan suunnittelutoimistolle sopivat ohjelmien löytäminen on lisähaaste, ohjelmiston toimivuuden lisäksi.

Kokeilujen perusteella sovelluspuolen kehitys näyttää lupaavalta. Suunnitteluohjelmistoista Teklaan on jo lisätty ominaisuus, jolla pistepilvi muunnetaan automaattisesti pinnaksi. On todennäköistä , että jo viiden vuoden päästä pistepilvien käsittely sujuu nykyistä huomattavasti automatisoidummin. Ohjelmistojen kehityksessä pysyminen on kuitenkin haastavaa. Suunnitteluohjelmistot ovat pitkälti vakiintuneita, ja uuden ohjelmiston hankkiminen eri vaiheita varten vaatii ketteryyttä lisensseistä ja osaamisesta johtuvista syistä.





Pistepilvimalli (ylhäällä) sekä vastaavasta pistepilvestä Pointfusella generoitu pintamalli (alhaalla). Pintamallia voidaan tarkastella useammilla ohjelmilla, esim. Solibrilla. Pintamallin havaittiin myös pyörivän käyttämillämme ohjelmilla helpommin ja kevyemmin kuin pistepilvimallin.

TYÖKALU

Pistepilven muuntaminen ohjelmallisesti IFC-malliksi

7

Käytännössä keilausdatan tuottaminen on nopeaa, mutta tämän jälkeen tarvitaan merkittävästi aikaa pilven tulkintaan ja tarkentavaan mallintamiseen. Automatisoitu, tekoälyyn perustuva pilven tulkinta ja datan muuntaminen IFC-malliksi sujuvoittaisivat merkittävästi prosessia. Pistepilven automatisoitu muuntaminen IFC-malliksi on jo jonkin aikaa ollut teknisesti mahdollista, ja myös ohjelmistoja kehitetään.

Tutkimusta aiheesta on tehty useita vuosia (ks. esim. Tamke et al. 2016[1] tai Cruz, Ben Hmida, Boochs & Nicolle C 2012[2]). Tutkimuksissa on toistaiseksi käsitelty rajallista määrää rakenneosia, esimerkiksi vain seiniä ovineen ja ikkunoineen. Yksinkertaisilla rakenteilla automaattisen mallintaminen on tuottanut robusteja malleja, joiden luotettavuus on osoittautunut kohtuullisen hyväksi. Toistaiseksi automaatti-BIM-malleista vaikuttavat kiinnostuneen erityisesti kiinteistökehittäjät ja -omistajat, jotka kaipaavat kiinteistöomaisuudestaan paikkansapitäviä malleja (ns. Digital Twin -malli).

Esimerkki automatisoidun mallintamisen tämänhetkisestä tasosta on israelilainen SeeBridge -ohjelmisto, joka pyrkii ohjelmallisesti tuottamaan sillasta tehdystä laserkeilausdatasta olennaisen rakenteellisen luokittelun sisältävän IFC-mallin. Ohjelman tavoitteena on tuottaa laadukasta lähtötietoa siltakorjauksiin ja rakennetutkimuksiin ja korvata erityisosaamista vaativia työvaiheita alalla, jossa insinööreistä on pulaa. Ohjelmistoa on kehitetty osana kansainvälistä Infravation-ohjelmaa (An Infrastructure Innovation Programme).

Sillan rakenneosat (esim. kansi, palkit, pilarit) ovat vakiintuneita, jolloin niiden ohjelmallinen tunnistaminen on melko yksinkertaista. Rakennusten kyseessä ollessa ohjelmistot tarvitsevat yleensä apua rakennusosien tunnistamiseen. Rakennuksen pistepilven tulkitseminen ohjelmallisesti edellyttää käytännössä pilven manuaalista pilkkomista kerroksiin ja segmentointia. Vähänkään monimutkaisemman rakennuksen kohdalla työvaihe muodostuu toistaiseksi niin monimutkaiseksi ja aikaa vieväksi, ettei se käytännössä ole järkevää - mallintaminen pilveen verraten on selvästi nopeampaa.

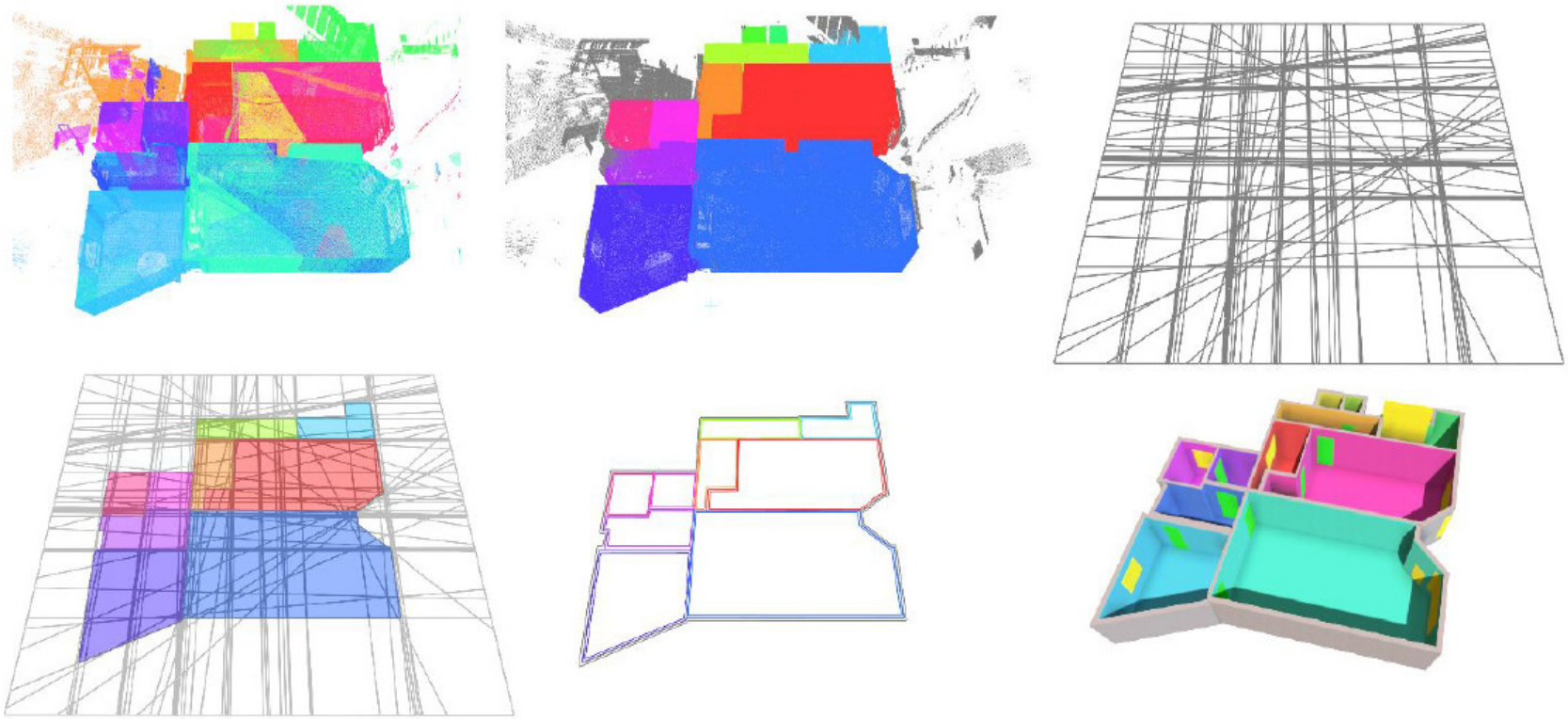
Käsittelemme Kira-Digi-hankkeessamme poikkeuksellisen suuria ja vaativia korjaus-rakennushankkeita, joihin liittyy myös historiallisia arvoja. Näissä hankkeissa jo geometrisesti monimuotoisten rakenteiden mallintaminen pistepilviin verraten on oma haasteensa. Lisäksi mallinnettuihin rakennusosiin halutaan liittää myös tietomallin parametrisia ominaisuuksia (mallintamisen haasteita ovat kuvanneet esimerkiksi Tommasi et. al 2016[3]). Kompleksisissa hankkeissa pistepilven muuntaminen automaattisesti malliksi ei vaikuta vielä lähitulevaisuudessa todennäköiseltä. Suurten pistepilvimäärien ja mallien käsittelyssä ongelmaksi muodostuu helposti myös käsiteltävän datan määrä ja varastointi.

Tiedostomuodon ohella mittatiedon jälkikäsittely helpottuu, kun pistepilvestä saadaan tulevaisuudessa automaattisesti eroteltua ja luokiteltua eri tilat ja rakennusosat. Metodiikkaa on kehitetty esimerkiksi Stanfordin yliopiston Building Parser -tutkimuksessa (2016). Toistaiseksi tyypitys tapahtuu kuitenkin manuaalisesti, ja käytännössä kaikki pistepilvestä suunnittelutietomalliin tuotavat kappaleet joudutaan mallintamaan käsin. Tulevaisuudessa mittalaite voi tunnistaa automaattisesti pinnat ja luokitella ne kantaviksi tai ei kantaviksi rakenteiksi (kappaleiksi) esimerkiksi pintamateriaalin, värin tai muun konenähtävän ominaisuuden perusteella.

1 Tamke, Evers, Zwierzycki, Wessel, Ochmann, Vock & Klein (2016). *An Automated Approach to the Generation of Structured Building Information Models from Unstructured 3d Point Cloud Scans*. Proceedings of IASS Annual Symposia, IASS 2016 Tokyo Symposium: Spatial Structures in the 21st Century – Computational Methods, pp. 1-10. ISSN 2518-6582.

2 Cruz, Hmida, Boochs & Nicolle (2012). *From Unstructured 3D Point Clouds to Structured Knowledge - A Semantics Approach*. Semantics - Advances in Theories and Mathematical Models. Muhammad Tanvir Afzal, ISBN 978-953-51-0535-0.

3 Tommasi C., Achile C., Fassi F. (2016). *From Point Cloud to BIM: A modelling challenge in the cultural heritage field*. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatal Information Sciences. XLI-B5, 429-436. ISPRS Congress, 12–19.7.2016, Prague, Czech Republic. DOI: 10.5194.



Pistepilvestä voidaan osin automatisoidusti luoda BIM-malli, jossa aukot on luokiteltu oviksi ja ikkunoiksi. Kuva: Tamke et al 2016.

TYÖKALU

Pistepilven vertailu suunnittelumalliin ohjelmallisesti

8

Viimeisen noin viiden vuoden aikana pistepilven ja tietomallien vertailua on pyritty tekemään myös ohjelmallisesti. Jo tutkimuksemme ideointivaiheessa peräänkuulutimme ohjelmia, jotka esimerkiksi värillä koodaten voisivat automatisoidusti merkitä tarkekeilauksesta ne pisteet, jotka eroavat merkittävästi suunnitelluista pinnoista. Ideaalitilanteessa tämä olisi jokin jo nykyään suunnitteluprosessissa käytössä olevista ohjelmista, jotta prosessi ei tarpeettomasti mutkistuisi. Arkkitehti- tai rakennesuunnittelussa yleisesti käytössä olevat ohjelmat eivät kuitenkaan tällaista tarjoa, ja vertailuun yleisimmin käytetty Solibri Model Checker taas ei tue pistepilviformaatteja (= siihen ei saada tuotua pistepilviä konvertoimatta niitä ensin pinnoiksi).

Tietomallin ja pistepilven vertailu vaikuttaa ajankohtaiselta tutkimusaiheelta. Esimerkiksi Potsdamin yliopiston tutkijaryhmä on vastikään esittänyt tekniikoita, jolla mallin ja pistepilven tarkkuuseroja voidaan visuaalisesti esittää ja verrata.[1]

Myös käytännön ohjelmistokehitys ohjelmallisen pistepilvivertailun kohdalla näyttää lupaavalta. Kevään 2018 Spar 3D Expossa (Houston 06/2018) esitelty SKUR on kehitetty teollisuuden muutoshankkeiden tarpeisiin, mutta toimii toivomallamme tavalla verraten visuaalisesti pistepilveä ja Autocad 3D DWG-pintamallia ja osoittaen värillä mittatoleranssin poikkeamat. Ohjelmistosta on kuitenkin julkaistu vasta ensimmäinen versio, joka ei tue IFC-tiedostomuotoa – käyttö siis edellyttää vähintään mallien muuntamisen vertailua varten eri muotoon. Tämän tyyppinen ohjelmallinen vertailu voisi toimiessaan auttaa löytämään suunnitelman ja todellisuuden välisiä poikkeamia helpommin ja toimia työvälineenä yhteensovittamisessa ja esim. big room-työskentelyssä. Toistaiseksi kokeiltu ohjelmisto on kuitenkin vielä keskeneräinen eikä sen kallis hinta ole perusteltavissa.

1 **Stojanovich V., Richter R., Döllner J., Trapp M. (2018).** *Comparative visualization of BIM geometry and corresponding point clouds.* International Journal of Sustainable Development and Planning. Vol. 13 No. 1. ISSN 1743-761X

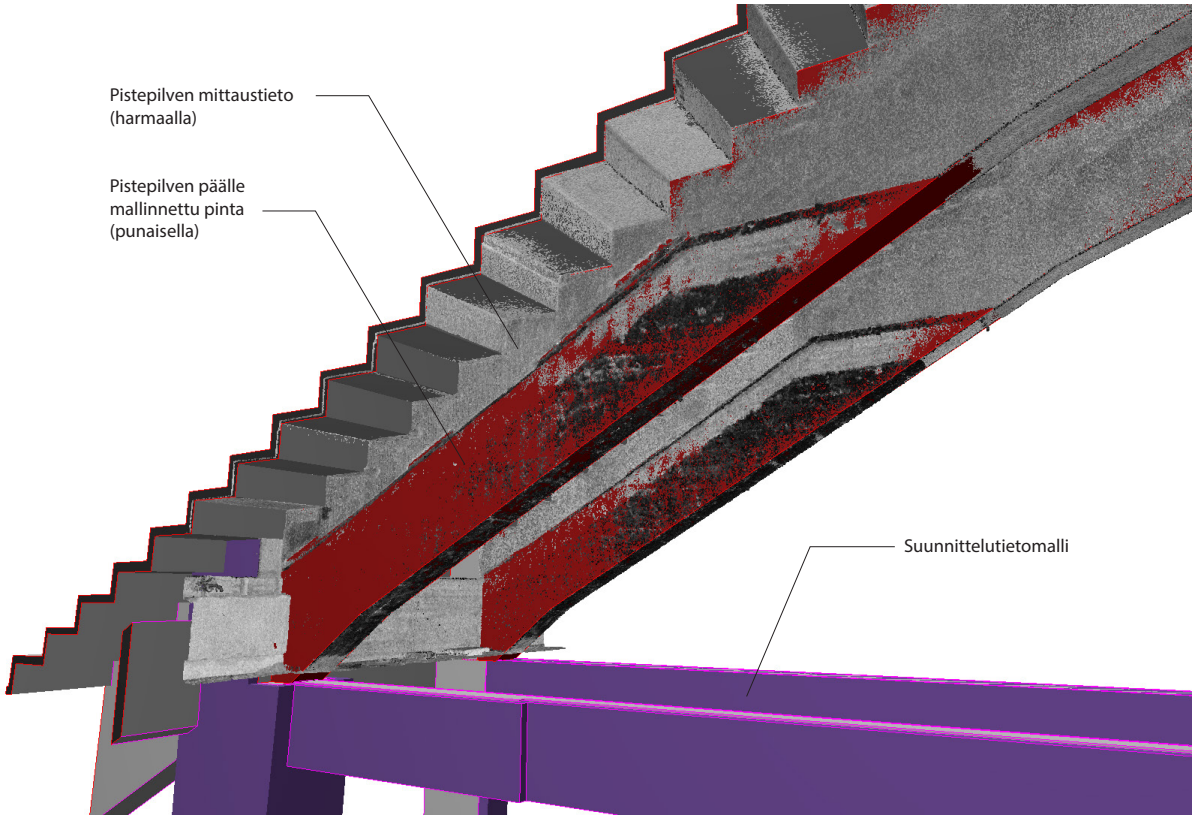
ROOLI

Suunnittelualat vertailevat itse

8

Tarkemittausten tarve voi koskea yhtä tai useampaa suunnittelualaa. Olympiastadionin vanhojen katsomon yläpuolisten pilareiden kohdalla suunnitteluryhmän kesken sovittiin, että rakennesuunnittelija tekee pistepilven vertailun itse suoraan omaan malliinsa. Kyseisillä rakenteilla ei ollut vaikutuksia muihin suunnittelualoihin. Vertailua varten rakennesuunnittelija muutti pistepilven pinnoiksi / verkoksi, jotta sai tiedoston avattua käyttämällään suunnitteluohjelmalla (Tekla). Uudemmalla Tekla 2018:lla pistepilven saa konvertoitua verkoksi automaattisesti.

Pistepilvitiedostoa ei tällöin toimitettu muille suunnittelijoille, eivätkä muut suunnittelijat tehneet omia tarkasteluja. Tällä säästettiin kokonaistyömäärää. Yhteensopivuuden todentamiseen ei kuitenkaan ole olemassa työkalua, joten menettely tulisi huomioida jo suunnittelusopimuksissa. Lisäksi täytyisi olla varmuus siitä, että pistepilvitiedoston konvertointi verkoksi on mennyt oikein.



PROSESSI

Pistepilven vertailu mallin eri suunnitteluvaiheisiin

8

Tietomallinnettavassa rakennushankkeessa on useita erilaisia malleja, joihin tarkemitattuja pistepilviä voidaan verrata. Näitä malleja ovat esimerkiksi alkuperäinen lähtötietomalli (ns. inventontimalli), arkkitehti- ja erillissuunnittelijoiden omat suunnittelutietomallit sekä niistä koottu yhdistelmätietomalli. Myös suunnittelumalleista on erilaisia muutosvaihemalleja sekä niiden yhdistelmiä, kuten lähtötietomalli, purkutietomalli, suunnittelumalli ja toteumamalli.

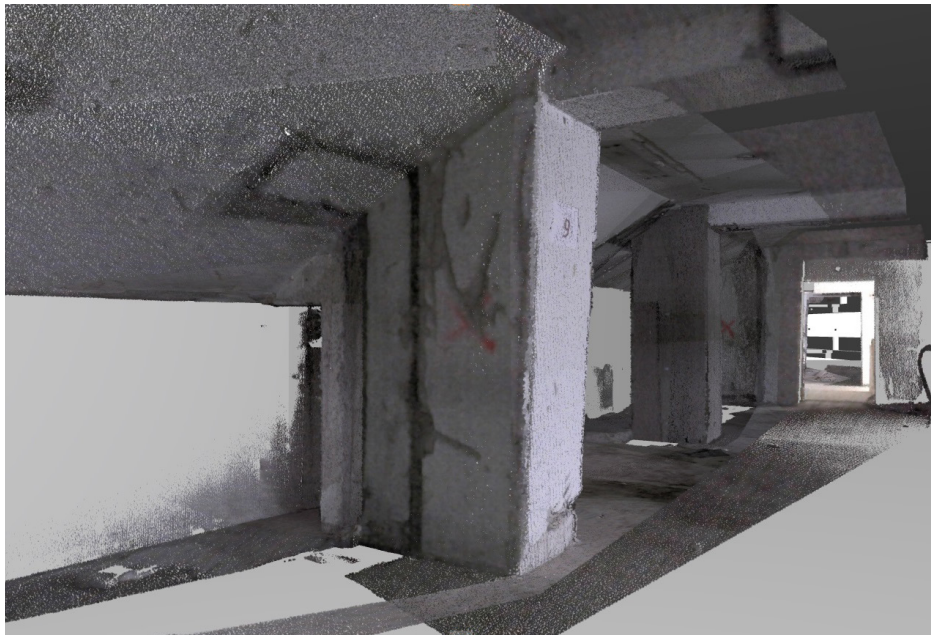
Olympiastadionin eteläkaarteen pilarit jouduttiin mittaamaan uudelleen kevytrakenteiden purkujen jälkeen, jotta voitiin varmistua tärkeiden talotekniikan runkoreittien toteutuskelpoisuudesta. Näiden tilavaraukset suunnitteluvaiheessa perustuivat käytössä olleisiin vanhoihin rakennepiirustuksiin, joita ei kuitenkaan ollut jokaiselta kehäväliltä saatavilla.

Tarkemitattujen pilareiden pistepilvi tuotiin arkkitehdin ArchiCAD-ohjelmassa suunnittelutietomallista tehtyyn, ajantasaiseen kopiotiedostoon, jotta varsinaisen suunnittelumallin tiedostokoko ei kasvaisi hallitsemattomasti.

Kohteesta oli myös saatavilla arkkitehdin purkuvaiheen tietomalli, johon pistepilviä olisi ollut luontevaa verrata, sillä purkuvaiheen tietomallin piti kuvata samaa työvaihetta kuin pistepilvi. Vertailu silmämääräisesti tähän malliin osoittautui kuitenkin vaikeaksi, sillä vaikka kevyet purut oli jo tehty, oli pilareissa vielä vanhoja, uusittaviksi suunniteltuja mantteleointeja, joiden purut olivat osin kesken. Tarkemittaukset ja suunnittelutietomalli eivät siten olleet suoraan vertailukelpoisia keskenään. Sama koski myös inventointimallia ja varsinaista suunnittelutietomallia.

Tarkemitattua pistepilveä on vaikea verrata alkuperäiseen inventointimalliin tai suunnittelutietomalliin tilanteissa, joissa vanhoja rakennusosia on jo muokattu mallissa. Tarkemittaukset tulisi siksi ajoittaa siten, että ne kuvaavat samaa (purku)vaihetta kuin se tietomalli, johon niitä verrataan, jotta varsinaiseen vertailuun menisi mahdollisimman vähän aikaa, ja poikkeamat olisi helpompi todeta silmämääräisesti.

Mikäli inventointimalliin olisi mallinnettu kantavat / kevyet rakennekerrokset esimerkiksi vanhojen rakennesuunnitelmien pohjalta, olisi pistepilven vertailu suoraan inventointimallin purettuun tilanteeseen helpompaa. Nyt arkkitehtimalliin pilkotaan rakenteet rakennesuunnittelijan ja vanhojen rakennekuvien avulla ja arkkitehdin suunnittelumallia verrataan tarkekeilauksen pistepilveen, jolloin suunniteltujen osien liittymät saattavat haitata mallin yksiselitteistä tulkintaa.

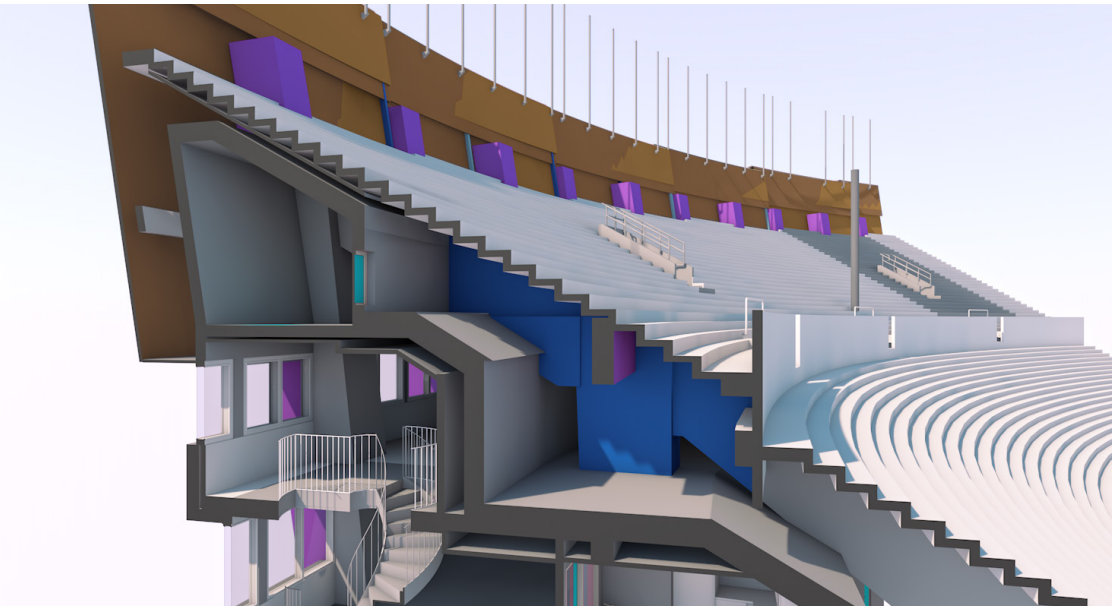


Pistepilveä voidaan verrata joko alkuperäiseen inventointimalliin tai suunnittelutietomalliin. Vertailu edellyttää, että mallit kuvaavat samaa purkuvaihetta ja esimerkiksi eri tasoilla olevat, vertailun kannalta epäolennaiset asiat voidaan piilottaa. Kuvassa ArchiCAD-malli, jonka päälle on tuotu tarkemitattu pistepilvimalli. Pilarin kyljessä oleva punainen raksi paljastaa, ettei pilarin vanhaa eristerappausta ole vielä purettu.

TYÖKALU

Muuttuneen tiedon merkitseminen

11



Olympiastadionin pohjoiskaarteessa tarkemittausten jälkeen päivitetyt rakennusosat merkittiin arkkitehtimalliin eri värillä (kuvassa sinisellä), jotta muiden suunnittelijoiden oli helppo löytää muuttuneet osat tietomallista.

Tarkemitatut alueet ovat usein pieniä ja sijaitsevat eri puolilla rakennusta. Mittaukset myös valmistuvat eriaikaisesti. Useiden eriaikaisten ja satunnaisten muutosten kommunikointi muille suunnittelijoille on vaikeaa varsinkin suurissa rakennushankkeissa.

Olympiastadionin pohjoiskaarteessa tarkemitattiin katsomon alapuolisen, kylmän ullakkotilan kantavat rakenteet. Rakenteet oli alun perin jätetty mittaamatta, koska tiloihin oli vaikea päästä ilman purkuja tai rakenneavauksia, joita ei voitu tehdä koska tilat olivat vielä käytössä. Tarkemittauksilla haluttiin varmistaa talotekniikan reittien toteutuskelpoisuus.

Inventointimallintaja mallinsi tarkemittausten perusteella muuttuneet kappaleet uudestaan, ja arkkitehti vaihtoi nämä kappaleet omaan tietomalliinsa vanhojen kappaleiden tilalle. Tämä vaihe osoittautui hyvin työlääksi, mutta helpompaa tai nopeampaa työtapaa ei ole toistaiseksi löytynyt. Muuttuneet osat merkittiin eri värillä, jotta muut suunnittelijat pystyivät helposti löytämään muutokset, ja jotta uusi tieto ei sekoittuisi alkuperäiseen lähtötietomalliin.

Suunnitteluryhmän kesken tulee sopia menetelmistä, joilla muutokset kommunikoidaan toisille suunnittelijoille. Menetelmä voi olla esimerkiksi ylimääräinen kappale tai tilaobjekti tietomallissa, muuttuneen kappaleen huomiovärjääminen tai siihen voi hyödyntää tietomallien tarkistus- ja laadunvarmistusohjelmiston (esim. Solibri Model Checker) kommunikointityökaluja.

UUDISTETTU

PROSESSI

CLASSIC
Coca-Cola

TAVOITTEET

Roolit

Eri osapuolten välinen roolijako on selvä ja huomioitu sopimuksissa. Tarkemittauksiin liittyvä tarkistus ja lähtötietomallin päivitys on oma työtehtävänsä, jota arkkitehti / pääsuunnittelija voi tarjota. Voidaan ulkoistaa myös alikonsultille tai erilliselle inventointimallintajalle (joka on tiiviisti mukana läpi hankkeen).

Aikataulutus

Tarkemittaukselle ja siitä seuraavalle suunnitelmien tarkentamiselle on varattu aikaa suunnitteluaikataulussa ja urakoitsijan työvaiheaikataulussa.

Kommunikointi

Mittaaja saa yksiselitteiset ohjeet tarkistusmittauksia varten, jotta mitattu kohta vastaa tarpeita. Mittauspyynnöt kulkevat suoraan suunnittelijalta mittaajalle ilman ylimääräisiä välikäsiä ja epäsuoraa kommunikaatiota. Tarvittaessa sovitaan erillinen henkilö, joka koordinoi tarkemittauksia. Eri osapuolet näkevät toistensa mittauspyynnöt ja pyynnöistä ja niiden vasteajasta syntyy lokitiedosto. Tarkemittausten tulokset ja vaikutukset käydään läpi yhdessä, esimerkiksi erillisessä pistepilvi -big roomissa.

Tietosisältö

Pistepilvidata toimitetaan muodossa, joka on mahdollisimman universaali ja avautuu suunnittelijoiden käyttämillä ohjelmilla. Pistepilvi on oikeassa koordinaatistossa. Em. asiat on sovittu erillisessä tarkemittauksen aloituspalaverissa.

Työkalut

Tarkemitatun tiedon vertailu vanhaan lähtötietoon onnistuu automaattisesti muutamalla yleisellä tai muutenkin käytössä olevalla ohjelmalla, eikä vaadi useampaa ohjelmaa (lisenssit). Rakentamisen alussa selvitetään, mitä tietoa koneohjatuilta työmaalaitteilta voidaan saada ja voidaanko tietoa hyödyntää.

Priorisointi

Mittauksia tehdään vain tarvittavista kohdista. Muutoksia suunnittelutietomalliin tehdään vain silloin, kun niistä aiheutuu suunnitelmamuutoksia. Muutosten tekemisestä sovitaan yhdessä ja ne tarkennukset, jotka sovitaan jätettäväksi tekemättä, dokumentoidaan. Lähtötietomallin korjaaminen ei saa hidastaa työmaan etenemistä, jos se ei ole muutossuunnittelun kannalta välttämätöntä. Minimitaso ja mittatarkkuus on selvästi määritetty hankkeen alussa ja ne ovat selviä kaikille osapuolille.

IDEAALIPROSESSI

Koko hankkeen taustalla on ollut ajatus, että nykyistä kevyempi työprosessi palvelisi paremmin kaikkia rakentamisen osapuolia. Uudistetussa toimintamallissa lähtötietomalli on eriytetty suunnittelumallista. Vertaamalla rakentamisen aikana tuotettua tietoa suoraan suunnittelumalleihin varsinaisen lähtötietomallin päivityksen sijaan voisi prosessia nopeuttaa ja tehostaa huomattavasti. Tämä vapauttaisi suunnittelijoiden resursseja pistepilven käsittelystä suunnitteluun, ja tehostaisi koko rakentamisen prosessia.

Lähtötietomallin päivityksen ei nähdäksemme pitäisi kuulua suunnittelijalle, vaikka käytännössä lähtötieto- ja suunnittelumallit sulautuvat yhteen ja myös lähtötietomallissa esitettyjä rakenteita joudutaan merkittävästi muokkaamaan ja korjaamaan suunnittelun aikana. YTV2012 epätäsmällinen ohjeistus velvoittaa käytännössä suunnittelijan korjaamaan kaiken saatavan lisätiedon malliin, vaikka se ei olisi suunnittelun kannalta välttämätöntä, ja vaikka tätä työtä ei ole huomioitu suunnittelun tehtäväluetteloissa. Siksi ehdotamme, että inventointimallintaja vastaisi lähtötietomallin oikeellisuudesta koko hankkeen, myös työmaavaiheen, ajan. Inventointimallintaja voisi koordinoida myös tarkemittausprosessia toimien välikätenä urakoitsijan ja suunnittelijoiden välillä.

Hankkeessa myös tunnistettiin, että työmaalla syntyy paljon sellaista mittatietoa, jota ei tällä hetkellä osata kysyä tai hyödyntää suunnittelussa. Tulevaisuudessa tämän tiedon osuus lisääntyy, jolloin myös tiedon nopea käsittely on tärkeämmässä roolissa. Ehdotamme tämän kolmiulotteisen geometriatiedon keräämistä projektikohtaisesti sovittavalla tavalla eräänlaiseen yhteiseen ”punakynämalliin”, joka on pilvipalvelimella kaikkien suunnittelualojen käytössä. Kehittyviin ohjelmistoihin ja tutkimuksiin vähänkin perehtymällä on ilmeistä, että tekninen tuotekehitys aiheeseen liittyen on kiivasta. Ohjelmistojen kehittyessä pistepilven käsittely, luokittelu ja konvertointi todennäköisesti helpottuu ja automatisoituu ainakin osittain. Toisaalta datan käsittely ja uuden tyyppisten ohjelmien käyttäminen edellyttävät erityisosaamista - nämä suunnittelun uudet tehtävät ja roolit tulee huomioida sopimusasiakirjoissa.

Uudistettu prosessi: *Case Finlandiatalo*

ENNEN TARKEMITTAUSVAIHETTA

Uusi ohjeistus / sopimusmalli:
Tarkemittausvaiheen tehtävät ja vastuut

Tarkemittausprosessi tunnistettu omana vaiheenaan korjausrakentamisen yleisissä sopimusohjeissa ja tehtäväluet-teloissa. Tehtävä ja vastuut kuvattu selkeästi.

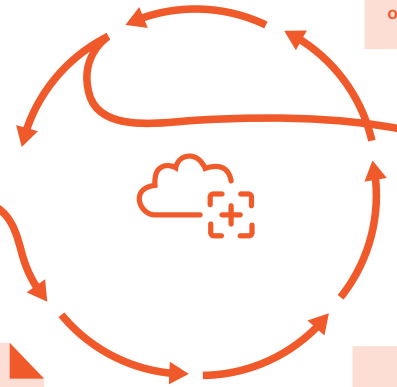
Big room #2

TARKEMITTAUSVAIHE

Käydään yhdessä läpi muutosvaikutukset, yhteensovitetaan suunnitelmat, sovitaan ja dokumentoidaan miltä osin lähtötietoa muutetaan ja miltä ei

Kukin suunnitteluala noutaa tarketiedon pilvestä, vertailee omaan tietomalliin ja arvioi mittausten muutosvaikutukset omiin suunnitelmiinsa

Kukin suunnittelija kirjaa tarvitsemansa mittaukset pilvipohjaiseen tarkemittauskarttaan (sijainti / tarve, tiedostomuoto, prioriteetti)



Tarkemittaus-, suunnittelutieto- ja inventointimallien vertailu tehdään automatisoidusti* (toleranssit sovittu hankkeen alussa)

Työmaa kuittaa tarkemittausten kannalta tarpeelliset purkutyöt valmistuneeksi

Tarkemittaaja hyväksyy mittauspyynnön, ja tekee mittauksen ja tiedoston konvertoinnin sovitun menetelmän mukaan

Mittaustieto dokumentoidaan 3D-geometriana pilvipohjaiseen tarkemittausmalliin ja mittaus kuitataan valmiiksi

TARKEMITTAUSVAIHEEN JÄLKEEN

Kukin suunnitteluala päivittää suunnitelmat tarvittavilta osin ja sovitulla tarkkuudella

Rakennustyöt etenevevät muuttuneiden suunnitelmien osalta

Inventointimallintaja korjaa puutteet lähtötietomalliin, jos on hankkeen kannalta tarpeen (esim. rakennushistorian dokumentoimiseksi)

Suunnittelijat päivittävät as built -toteumatietomallin hankekohtaisesti sovitun mukaan

Uusi rooli:
Inventointimallintaja / tarkemittauskoordinaattori

Vastaa tarkemittausprosessista, tiedonkulusta ja dokumentoinnista koko hankkeen ajan

Uusi työkalu:
Pistepilvipohjainen tarkemittauskartta

Koottu ja kaikkien osapuolten saatavilla oleva reaaliaikainen palvelu, jossa ajantasainen tieto tarkemittausten tarpeesta, vaiheista, valmistumisesta, tuloksista ja vaikutuksista

* Ohjelmistojen kehittyessä pistepilven käsittely, luokittelu, ja konvertointi automatisoituu

Roolijako

Ideaalitilanteessa pääsuunnittelija ja arkkitehti valitaan ennen inventointimallintamisen aloittamista. Tällöin alkuperäinen inventointimalli voidaan tuottaa arkkitehtisuunnittelijan käyttämällä ohjelmistolla ja jo ensimmäiset keilaukset sitoa suunnittelun kannalta järkevään työkoordinaatistoon. Mallin hyödynnettävyys myös rakennesuunnittelun kannalta huomioidaan jo tässä vaiheessa. Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulisi myös kuulla pääsuunnittelijaa sopivan mittaus- ja inventointimallintajan valinnassa, jolloin pääsuunnittelijalla olisi tosiasiallinen mahdollisuus vaikuttaa hankkeen onnistumiseen. Näillä alkuvaiheen valinnoilla on merkittävä vaikutus siihen, millaiseksi aikatauluriskit ja työmäärät myöhemmin hankkeessa - myös tarkentuvan lähtötiedon osalta - muodostuvat.

Nykyisellään mittausten koordinoijan tehtävä jää määrittelemättä ja sen saatetaan olettaa kuuluvan pääsuunnittelijan yhteensovittamisvelvollisuuden piiriin. Mittauksia tulisi kuitenkin koordinoida järjestelmällisesti - pääsuunnittelijalla on suuren hankkeen työmaan alkaessa jo nykyisellään suuri työtaakka, jolloin yksittäiset mittaustarpeet jäävät todennäköisemmin suunnittelijoiden ja työmaan välisen viestinnän varaan. Pää-/arkkitehtisuunnittelijan alaisen nimetyn mittausten organisoijan lisäksi osia tehtävänkuvasta voisi kuulua tietomallikoordinaattorille, joka saattaa käytännössä nähdä yhteensovittamista haittaavat lähtötietopuutteet.

Olisi erityisen hyödyllistä, jos inventointimallintaja tai vastaava kohteen lähtötilanteen hyvin tunteva taho jatkaisi osapuolena hankkeen kaikissa vaiheissa. Tämä osapuoli koordinoisi myös tarkentavia lisämittauksia työmaan ja suunnittelijoiden välillä - kun yhteistyömalli syntyy jo hankkeen varhaisessa vaiheessa ja rakennuksen ongelmakohdat kaikille tutut, viestiminen osapuolien välillä helpottuu. Nykyisellään kohteen inventointimallintaja jättää tyypillisesti hankkeen kun siirrytään hankesuunnitteluun, ja työmaa-aikainen tarkemittaaja on yleensä urakoitsijan alainen. Tässä katkokohdassa kahden mittaustahon välillä hukkuu paljon tietoa. Ideaalitilanteessa kaikki suunnittelijoiden tarvitsemat mittaukset hankkeen alusta loppuun suorittaa sama inventointimallintamisessakin käytetty mittaustaho, joka voi olla pääsuunnittelijan/arkkitehdin alikonsultti.

Aikataulutus

Suuressakaan kohteessa inventointimallinnusta ei kannata aloittaa merkittävästi etukäteen, kahdesta syystä:

1. *Ohjelmistoversiot vanhenevat ja vanhalla versiolla tehty inventointimalli saattaa olla jo suunnittelumalliksi siirrettäessä teknisesti vanhentunut. Vanhemmalla versiolla tehty malli kehittää usein merkittävän määrän virheitä uudemmalla versiolla käytettäessä. Näiden korjaaminen on välttämätöntä ja lisää (arkkitehdin) työmäärää.*

2. *Jos inventointimallintaminen aloitetaan ennen pää-/ arkkitehtisuunnittelijan valitsemista, saatetaan malli tuottaa suunnittelun kannalta väärällä ohjelmistolla. Geometrialtaan haastavan ja kooltaan suuren inventointimallin konvertointi toiselle ohjelmistolle on erittäin vaikeaa ja joskus mahdotonta (jolloin inventointimalli joudutaan mallintamaan uudestaan).*

Kaikki suunnittelualat pitävät listaa epävarmoista lähtötiedoista ja mittaustarpeista luonnosvaiheesta lähtien. Tämän tiedon muuntaminen työmaan purkujen alkaessa mittauskartaksi ja mittausjärjestyksen koordinointi yhdessä työmaan purkujärjestyksen kanssa nopeuttaa tarketiedon käsittelyä. Työmaan alkuvaiheissa olisi hyödyllistä pitää myös mittaustarpeiden aloituspalaveri, jossa selvitetään, mitä (reaaliaikaista) mittaustietoa saadaan työmaalta, varmistettaisiin tiedostoformaattien ja koordinaatistojen yhteensopivuuden lisäksi myös prioriteeteiltään kullekin suunnittelualalle keskeisimmät tarkemittaukset. Eri vaiheissa tehtyjen tarkemittausten valmistuttua järjestetään big room -tapaaminen, jossa työmaa ja suunnittelijat yhdessä sopivat ja dokumentoivat, mitkä tarketiedoista aiheuttavat suunnitelmamuutoksia. Näin työmaa voi aikatauluttaa työkohteet paremmin ja toisaalta suunnitelmien tarkentamiselle jää vaadittu aika.

MITÄ JÄI KOKEILEMATTA?

Hankkeen kokeilut pohjautuivat saatavilla olevaan aineistoon sekä jo olemassa oleviin työkaluihin. Korjausrakentamisen ja -suunnittelun kannalta keskeisessä ja laajassa aiheessa olisi vielä aihetta uusillekin kokeiluille ja kokeilevalle kehittämiselle.

Laserkeilaus tuottaa tällä hetkellä tarkinta mittatietoa kompleksisista kohteista, mutta pistepilvet ovat tiedostomuotona työläitä suunnittelijoiden hyödyntää. Tietomallit eivät nykykäytännöillä ole helposti sovitettavissa yhteen pistepilvien kanssa. Tämänhetkisillä työkaluilla pistepilvitiedoston automatisoitu konvertointi geometriseksi pinnaksi on mahdollista, mutta muuntaminen vaatii työtä ja nyt löydettyjä työkaluja pitäisi testata tätä kokeilua laajemmin.

Vaikka ohjelmistot, tiedostomuodot ja työkalut ovat keskeisessä roolissa, ei ohjelmistokehitykseen ollut tässä hankkeessa mahdollista merkittävässä määrin syventyä. Työn aikana emme myöskään kokeilleet mittauksen tekemistä itse esimerkiksi käsikäyttöisellä SLAM-keilaimella.

Tässä hankkeessa emme kokeilleet työpolkua, jossa tarketietoa päivitettäisiin yksinomaan inventointimalliin, ei suunnittelumalleihin. Tämän testaaminen edellyttäisi inventointimallintajan sitomista hankkeeseen alusta loppuun asti, mikä ei kokeilluhankkeidemme vaihe huomioiden ollut mahdollista. Toisaalta purkujen esittäminen suunnittelumallissa käytännössä edellyttää lähtötietomallin pilkkomista ja ”tuhoamista”, emmekä keksineet ongelman ratkaisemiseen luontevaa lähestymistapaa.

Sopimusmallien edelleen kehittäminen on jätetty tämän kokeiluhankkeen ulkopuolelle, koska näihin emme yksin voi vaikuttaa. Rakentamisvaiheessa tehtävien täydentävien mittauksien, täydennysten ja tarkennusten päivittämiseen liittyvät työvaiheet ja vastuunjako pitäisi ohjeistaa ja yhdenmukaistaa myös tietomallin käyttöä koskevissa yleisissä ohjeistuksissa, mm. Yleisissä tietomallivaatimuksissa (YTV2012). Suunnittelua tehdään monialaisissa työryhmissä, joissa on mukana useita eri organisaatioita. Eri organisaatioiden ja suunnittelualojen ohjelmistoissa, toimintatavoissa ja laatujärjestelmissä on huomattavia eroja, jotka vaikuttavat helposti suunnitelmien yhteensovitusvaiheessa myös muihin osapuoliin. Tätä riskiä ei pystytä ottamaan huomioon, ellei tilannetta saada selkiytettyä sopimuksin.

Tilanne on kokonaisuudessaan hankala sopimuksellisesti, koska tarkentuvan lähtötiedon käsittely puuttuu rakentamisen tehtäväluetteloista ja Rakennusurakan yleisistä sopimusehdoista (YSE 1998). Tehtävä jää erikseen sovittavaksi ja siksi usein puutteellisesti määritellyksi. Tilaajien ja suunnittelijoiden tulisi arvioida resurssitarve ja aikataulutus hankekohtaisesti ennen suunnittelun aloittamista. Toisaalta – kuten aiemmin todettu – eri suunnittelijoiden valmiudet ja käytännöt vaikuttavat hankkeessa toisiinsa jolloin työmäärien arviointi etukäteen on mahdotonta.

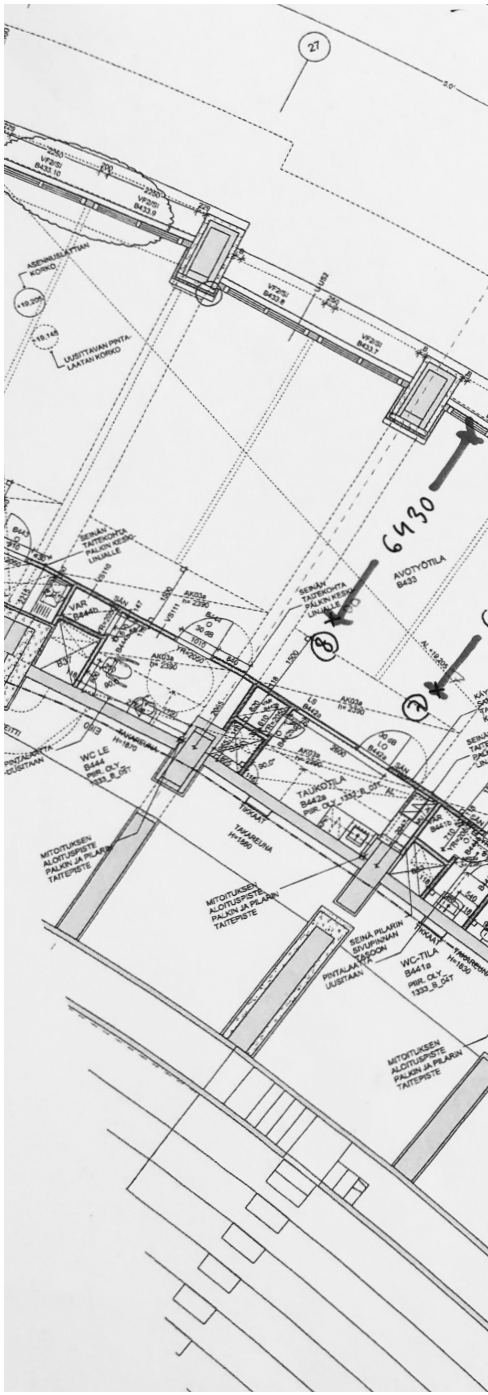
LOPPUSANAT

Tarkentuva lähtötieto on pullonkaula, joka koskee erityisesti suuria, kompleksisia korjausrakennushankkeita. Näissä hankkeissa on tyypillisesti työmaan aikana on tyypillisesti paljon muitakin muutossuunnittelua aiheuttavia tekijöitä. Kustannuspaineista ja säästötavoitteista, keskeneräisistä suunnitelmista, rakennustuotteiden ja -materiaalien saatavuudesta sekä tilaajasta johtuvien muutosten rinnalla muuttuva lähtötieto voi tuntua pieneltä muuttujalta kokonaisuudessa. Toisaalta kaikkien mahdollisten epävarmuus- ja muutostekijöiden vähentäminen rakennushankkeissa sujuvoittaa prosessia, ja puutteellinen lähtötieto on riski hankkeen onnistumiselle.

Rakennusten tietomallintamiseen liitetään jatkuvasti uusia vaatimuksia, joilla pyritään parantamaan tietomallien hyödynnettävyyttä myös käytön aikana ja tulevaisuuden muutoksissa. Tarkentuvan lähtötiedon mallintamiseen liittyvä ongelma saattaa korjautua itsestään siinä vaiheessa, kun suuri osa rakennuskannasta on tietomallinnettu, ja vanhemmistakin kohteista löytyy luotettavampia aikaisempia suunnittelu-, toteuma- ja käyttötietomalleja uuden suunnittelun lähtötiedoksi.

Tietomallintamisen ja lähtötiedon tarkkuusvaatimukset kuitenkin kasvavat jatkuvasti, ja jopa viisi vuotta sitten tehty aloitettu lähtötietomalli voi olla tekniseltä laadultaan tai luokittelultaan riittämätön nykysuunnittelun tarpeisiin. Inventointimallintamisen ohjeistus geometrisesti haastavien kohteiden osalta on tälläkin hetkellä osin riittämätön, ja inventointimallintajan vastuulle jää nykyisellään monia sellaisia päätöksiä, jotka vaikuttavat myöhemmin suunnitteluun – esimerkiksi vanhojen rakennesuunnitelmien hyödyntämisen tapa. Rakentamisen pitkä aikajänne huomioiden voi olla, etteivät tämän hetken tietomallit koskaan tule riittämään tulevaisuuden lisääntyneisiin tarpeisiin – tiedostomuodot, ohjelmistot ja tiedon jäsentämisen (luokittelun) tavat voivat olla täysin muuttuneet. Suurin tarve vaikuttaa kuitenkin olevan varsinkin luotettavalle kantavien rakenteiden lähtötietomallille, joka jo pelkkänä pintamallina (geometriana) riittäisi vastaamaan tärkeimpiin tärkeisiin kysymyksiin.

Täydellisen tarkasti todellisuutta kuvaava tietomalli ei kuitenkaan ole itseisarvo. Joissain tilanteissa yksinkertainen, mittanauhalla tehty käsivaramittaus palvelee tarkoitustaan erinomaisesti, eikä projektiryhmää kannata silloin kuormittaa lasermittauksilla, joiden tekemiseen, käsittelyyn, analysointiin ja tulkitsemiseen menee aina oma aikansa. Selkeät toimintatavat ja yhteisesti sovitut priorisointisäännöt ovat tarpeen.



TYÖRYHMÄ

Susanna Anttila
arkkitehti, tietomallikoordinaattori, pääsuunnittelija

Juuso Hatakka
arkkitehti

Emmi Jääskeläinen
arkkitehti, muotoilija

Anssi Lauttia
arkkitehti

Taro Nieminen
3D- ja tietomallintaja

Heikki Saarinen
it-manageri

Teemu Tuomi
arkkitehti, pääsuunnittelija, toimitusjohtaja

TERMISTÖ

big room
yhteistyömekanismi, jossa kaikki tietyn ongelman ratkaisemiseen tarvittavat henkilöt kokoontuvat samaan tilaan ratkaisemaan reaaliaikaisesti selvästi määritellyn ongelman. Edellyttää fasilitaattorin. Yhteinen työtila + toimintamalli, joka perustuu organisoidulle yhteistyölle.

BIM
Building Information Model, rakennuksen tietomalli. Tässä raportissa käsitellään lähinnä suunnittelun ja rakentamisen aikaisia tietomalleja sekä toteumamallia.

IFC
(The Industry Foundation Classes): ohjelmistoriippumaton, objektipohjainen tiedostomuoto tietomallisisällön välittämiseen. IFCn välittämä parametrinen tieto on standardoitua, ominaisuuksia hallinnoi buildingSMART. IFC-mallista puhuttaessa tarkoitetaan mitä tahansa tässä tiedostomuodossa toimitettavaa tietomallia.

inventointimalli
Yleisten tietomallivaatimusten mukainen tietomalli, joka tuotetaan rakennuksesta laserkeilausten pohjalta ennen suunnittelun aloittamista. Inventointimallilla on itsenäinen arvonsa lähtötilanteen dokumentaationa, eikä mallinnuksessa välttämättä ole huomioitu jatkokäyttäjä tarpeita. Vaativan ja suuren hankkeen inventointimallin mallintaa usein suunnittelusta erillinen taho, mutta myös arkkitehti voi tuottaa inventointimallin.

laserkeilaus
mittaustapa, jolla kohteesta saadaan lasersäteiden avulla mittatarkkaa kolmiulotteista tietoa. Mittalaitteessa on nollapiste, josta lähtee liikkeelle lasersäde - tämän avulla mitataan kohteen etäisyys mittalaitteesta. Jokaiselle mitatulle pisteelle voidaan laskea koordinaatit. Koordinaattien lisäksi järjestelmä tallentaa jokaiselle pisteelle myös intensiteettiarvon paluusignaalin voimakkuuden pohjalta. Mitatut pisteet kootaan tiedostoihin, joista muodostetaan pistepilvi.

lähtötietomalli
ks. inventointimalli. Lähtötietomalli on inventointimalli, jossa lisäksi voi olla huomioituna myös jatkokäytön (esim. suunnittelun) tuottamia vaatimuksia. Esimerkiksi arkkitehtisuunnittelijan laatujärjestelmän mukaiseksi saatettu inventointimalli, jossa ei vielä ole suunnittelutietoa. Termejä inventointimalli ja lähtötietomalli käytetään usein samassa merkityksessä, eli tarkat merkitykset eivät ole vakiintuneita.

pistepilvi
laserkeilaimen tuottamista tiedostoista koottu kolmiulotteinen tietokonemalli, johon on sijoitettu piste jokaisen säteen kimmoamispisteeseen.

ARKKITEHDITNRT

Kalevankatu 31
00250 helsinki
(09) 09-686 6780
www.n-r-t.fi