



Pisararata-hankkeen tietomallintamisen tilaajaohjaus ratasuunnitteluvaiheessa

Tarja Mäkeläinen | Mirikka Rekola | Juha Hyvärinen
| Terttu Vainio

Pisarrarata-hankkeen tietomallintamisen tilaajaohjaus ratasuunnitteluvaiheessa

Tarja Mäkeläinen, Mirikka Rekola, Juha Hyvärinen & Terttu Vainio

VTT



ISBN 978-951-38-8519-9 (URL: <http://www.vtt.fi/julkaisut>)

VTT Technology 292

ISSN-L 2242-1211

ISSN 2242-122X (Verkkojulkaisu)

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-38-8519-9>

Copyright © VTT 2017

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

PL 1000 (Tekniikantie 4 A, Espoo)

02044 VTT

Puh. 020 722 111, faksi 020 722 7001

Teknologiska forskningscentralen VTT Ab

PB 1000 (Teknikvägen 4 A, Esbo)

FI-02044 VTT

Tfn +358 20 722 111, telefax +358 20 722 7001

VTT Technical Research Centre of Finland Ltd

P.O. Box 1000 (Tekniikantie 4 A, Espoo)

FI-02044 VTT, Finland

Tel. +358 20 722 111, fax +358 20 722 7001

Esipuhe

Pisara-rata-hankkeen ratasuunnittelun keskeisimmät tehtävät ovat olleet asemakaavan ja ratasuunnitelman tuottaminen, jotka varmistavat hankkeen toteuttamiskelpoisuuden. Molemmat ovat hallinnollisia dokumentteja. Rakentamissuunnittelu tehdään vasta myöhemmin. Mallien tuottaminen oli hankeorganisaatiolta tilattavaa palvelua, johon tilaajan oli osattava antaa realistiset vaatimukset ja lähtökohdat sekä ohjattava mallintavaa suunnittelua.

Pisara-rata-hanke oli myös tietomallintamisen kehityshanke, jossa edellytettiin kattavaa mallintamista ratasuunnittelun alusta lähtien. Tähän raporttiin on dokumentoitu kokemukset ja opit Pisara-radan ratasuunnitelman tietomallintamisesta.

VTT osallistui ulkopuolisena asiantuntijana ratasuunnitteluvaiheen tilaajan tietomalliryhmän toimintaan ja seurasi aktiivisesti tietomallintamisen kehitysryhmän toimintaa. Lisäksi VTT haastatteli tilaajatahoja, projektin ohjaajia ja BIM-koordinaattoreita. VTT:n tehtävistä laajin oli kehittää tietomallintamisen hyötyjen arviointia. Arviointiin kehitettiin hyötymatriisi ja seurantaindikaattorit.

Hyödyt Pisara-rata-hankkeen ratasuunnitteluvaiheen mallityöskentelystä voidaan todentaa vasta rakennussuunnittelun aikana. Ratasuunnittelun aikana on kuitenkin ollut jo nähtävissä suunnitelmien laadun parantuminen, kun oma suunnittelualue ja sen rooli kokonaissuunnitelmassa on sisäistetty ja parannuskohdat tunnistettu. Suunnittelijoiden ja suunnittelun ohjauksen toimiva yhteistyö on edistänyt tavoitteiden saavuttamista erityisesti mallipohjaisessa määrälaskennassa ja mallipohjaisten suunnitelmien yhteensovituksessa. Paljon pieniä innovaatioita syntyi erityisesti tietomallintamisen kehitysryhmässä. Tietomallintamiseen kehitettiin mallitekniisiä ratkaisuja, jotka paransivat suunnitteluorganisaatioiden palvelua ja ammattitaitoa.

Pisara-rata-hanke lunasti sille asetetut tavoitteet tietomallintamisen hyödyntämisessä. Kehitysryhmän tuottama mallitekniinen harmonisointi ja lisäohjeistus auttoivat tuottamaan malleja enemmän kuin alussa arvioitiin. Suunnitelmat saatiin sovitettua yhteen, malleista saatiin tuotettua määrätieto, ja mallit palvelivat sidosryhmätyöskentelyn tukena.

Tietomallintamisen kehityshanke tuotti joukon hyviä käytäntöjä, lisäsi ymmärrystä tietomallinnushankkeen organisoinnista sekä tuki hyötylogiikan kehittymistä ja hyötyjen seurantaan siirtymistä. Rohkea tilaajaohjaus ja ammattitaitoinen BIM-koordinointi raivasivat tietä talo- ja infrasuunnittelun mallipohjaiselle yhteistyölle.

VTT:n tiimi kiittää kaikkia tämän raportin tuottamiseen osallistuneita. Kuvia malleista ovat toimittaneet pääosin BIM-koordinaattorit sekä lähtötietomallin ja ylläpitopalvelun palveluntuottajat. Tilaajat ja suunnitteluttajan BIM-pääkoordinaattori ovat täydentäneet raporttia. Tilaajan tietomalliryhmän asiantuntijat ovat kommentoineet raporttia viimeistelyvaiheessa.

Sisältö

Esipuhe	3
Lyhenteet	7
1. Johdanto	8
1.1 Pissararata.....	8
1.2 Tietomallinnus	8
1.3 Pissararadan tietomallinnus	8
2. Toimeksiannon tehtävät	11
2.1 Tutkimus.....	11
2.2 Kehitys	11
3. Tietomallintamisen tavoitteet	12
3.1 Pissarahankkeen tietomallistrategia.....	12
3.2 Tietomallintamisen huomioiminen hankinnassa.....	13
3.2.1 Monitoimijaorganisaatio.....	13
3.3 Tietomallintamisen organisointi.....	14
3.3.1 Tilaajan tietomalliryhmä.....	14
3.3.2 Tietomallikoordinaattorit.....	14
3.3.3 Tietomallintamisen kehitysryhmä	14
3.3.4 Mallintamisen tukitoimet	14
3.3.5 Prosessi.....	14
3.4 Tietomallintamisen ohjeistus.....	16
3.4.1 Tietomallistrategia ja projektisuunnitelma	16
3.4.2 Ohjeet käytännöistä.....	16
3.4.3 Ohjeet ohjelmistoista ja standardeista.....	16
4. Tietomallintamisen toteutus ja ohjaus	17
4.1 Tilaajan tietomalliryhmän toiminta.....	17
4.2 Tietomallintamisen kehitysryhmän toiminta ja kehityskohteet.....	17
4.2.1 Projektikohtainen mallintamisen organisointi ja menettelyt	18
4.2.2 Ennakointi prosessikarttojen avulla	19
4.2.3 Kehitysryhmässä määritellyjä lisäohjeita	19
4.2.4 Mallinnusteknisten ja tiedonsiirron ongelmien ratkaiseminen.....	24
4.3 Roolit ja vastuut	24
4.3.1 Vastuu yhteensovitukselta	25
4.3.2 Vastuu tiedon siirtymisestä ja infopyynnöt	25
4.4 Mallien hyödyntäminen.....	25
4.4.1 Yhteistyö kaupungin kanssa	25
4.4.2 Mallien hyödyntäminen suunnittelun yhteistoiminnassa ja tiedonvaihdossa	28
4.5 Simuloinnit ja analyysit.....	29
4.6 Vahvistusta mallien hyödyntämiseen	29
4.6.1 Sidosryhmäyhteistyö	29

4.6.2	Muut hankkeet samalla alueella	29
4.6.3	Vuorovaikutustilaisuudet	30
4.7	Mallintamisen seuranta ja hankkeen seuranta	30
4.7.1	Sisällön seuranta ja ohjaus	30
4.7.2	Alueiden suunnittelukokoukset	30
4.7.3	Ratasuunnitelman tarkastus	30
4.7.4	Aikatauluseuranta ja suunnittelun fokus	30
4.7.5	Riskien seuranta	31
5.	Infra- ja talomallien yhdistäminen	34
5.1	Koordinaatisto	34
5.2	Tiedonsiirto	34
5.3	Ylläpitojärjestelmä	35
5.4	Lähtötietomalli	36
5.4.1	Hyödyt	36
5.4.2	Haasteet	40
5.5	Koko hankkeen yhdistelmämalli	41
6.	Tietomallintamisen hyötyjen mittaaminen	43
6.1	Taustaselvitykset	43
6.1.1	Taustoitus	43
6.1.2	Kirjallisuuskatsaus	44
6.1.3	Potentiaalisia hyötyjä tunnetaan ja tunnustetaan	45
6.2	Hyötyjen arviointia Pissararata-hankkeessa	45
6.3	Hyötymatriisimetodi	46
6.3.1	Hyötyjen jaottelu	49
6.4	Kehitysyhmässä tunnistetut hyödyt	51
6.5	Seurantaa hyötymittareiden avulla	54
6.5.1	Lähtötietoriippuvaiset suunnittelumuutokset	55
6.5.2	Tietopyyntö, RFI	56
6.5.3	Määritetoihin perustuva kustannusvarmuus (potentiaalinen mittari)	56
6.5.4	Ylläpitopalvelun yhdistelmämallin käyttöaste (potentiaalinen mittari)	57
6.5.5	Suunnittelun yhdistelmämallien käyttöaste (potentiaalinen mittari)	57
6.5.6	Muut huomiot hyödyistä ja näkemyksiä	57
7.	Johtopäätökset	59
7.1	Hankinta	59
7.2	Ohjeistus ja parhaat käytännöt	59
7.3	Standardointi ja ohjelmistojen mahdollisuuksien laajentaminen	60
7.4	Organisoituminen ja ohjaus	61
7.4.1	Ylläpitopalvelu ja yhdistelmämalli ohjauksen apuna	61
7.5	Infra- ja talosuunnittelun yhteistyö	61
7.6	Johtopäätökset hyötyjen seurannasta	62
7.6.1	Prosessin muutos ja hyötyjen saavuttamisen ehdot	62
7.6.2	Matriisi avauksena hyötymittareiden määrittämiseen	63
7.7	Prosessikuvauksien käyttö tietotarpeiden ennakkointiin	64
8.	Suosituksat seuraavaan suunnitteluvaiheeseen	66
8.1	Strategiset päätökset arkistoinnista	66
8.2	Yhteistoiminta takaamaan laatua	66
8.3	Määrittelyt auttavat tavoitteiden saavuttamisessa	66
8.4	Ohjeet vähentävät riskejä	67
8.5	Pelissäntötyö jatkuu	67
8.6	Mallintavaa suunnittelua	67

8.7 Ratkaisujen laatu	67
9. Yhteenveto.....	69
Lähdeviitteet	71
LIITE A Kehitysryhmässä käsitellyt aiheet	73
LIITE B Prosessikartat	73
LIITE C Parhaat käytännöt (Ohjedokumentit).....	73
LIITE D Parhaat käytännöt (Esittelykalvot).....	73
LIITE E Hyötyjen arviointi (Matriisi).....	73
LIITE F Hyötyjen indikaattorit (Seurantalomake)	73
LIITE G Haastatellut henkilöt	73
Tiivistelmä	

Lyhenteet

HLJ	Helsingin liikennejärjestelmä
CAD	Computer Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu
GIS	Geographical Information System, paikkatietojärjestelmä
InfraBIM	Inframalli, infrarakenteiden mallinnus
YIV	Yleiset inframallivaatimukset
HSL	Helsingin seudun liikenne
ICT	Information and Communication Technology, tieto- ja viestintäteknologia
IFC	Kansainvälisesti sovittu tiedonsiirtostandardi (rakennusten suunnittelu ja toteuttaminen)
LandXML	Tiedonsiirtostandardi
IM	Inframodel, tiedonsiirtostandardi (väylien ja infrarakenteiden suunnittelu ja rakentaminen)
BIM	Building Information Model/Modelling/Management, tietomalli/tietomallintaminen/ tiedonhallinta
ARK-malli	Arkkitehtuurisuunnittelun BIM-malli
RAK-malli	Rakenneteknisen suunnittelun BIM-malli
TATE-malli	Talotekniikkasuunnittelun BIM-malli
RS-malli	Ratasuunnittelun inframalli
KAT-malli	Kallioteknisen suunnittelun inframalli
ETRS-GK25	ETRS-GKn-tasokoordinaatisto, joka käyttää Gauss-Krügerin maapallon pintaa sivuavaa projektiota
N2000	Valtakunnallinen korkeusjärjestelmä (perustuu 1978–2004 tarkkavaaitukseen)
xml	Tiedonsiirtoformaatti
dwg	Tiedonsiirtoformaatti
dng	Tiedonsiirtoformaatti
3D-dwg	Tiedonsiirtomuoto
CityGML	Kansainvälinen tiedonsiirtoformaatti (kaupunkisuunnittelun ympäristössä)
5D BIM	BIM-malli, johon liitetty aikataulu ja kustannustietoa
6D BIM	BIM-malli, johon liitetty kiinteistön elinkaaritietoa
ROI	Return of Investment, takaisinmaksuaika
RFI	Request for Information, tietopyyntö
LVI	Lämpö-, vesi-, viemärointi- ja ilmastointijärjestelmien suunnittelu

1. Johdanto

1.1 Pissararata

Pissararata on Helsingin keskustan alle suunniteltu lähijunien kaupunkiratalenkki (Kuva 1. Pissararadan linjaus Helsingin kartalla. Kuva 1). Rata alkaa Pasilasta ja kiertää tunnelissa Töölön, Helsingin keskustan ja Hakaniemen kautta takaisin Pasilaan. Radan suunniteltu kokonaispituus on 8 000 metriä, josta 6 000 metriä on tunneliosuutta (Liikennevirasto, 2015).

Pissararata on sisällytetty Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelmaan yli kymmenen vuoden ajan, HLJ suunnitelmissa vuosilta 2002, 2007, 2011 ja 2015. Yleissuunnitelmat ja ympäristövaikutusten arviointi valmistuivat keväällä 2011. Yleissuunnittelussa määriteltiin Pissararadan toiminnalliset ratkaisut, kuten asemien ja ratatunnelien sijainti, kulkuyhteydet sekä arvioitiin rakentamiskustannukset. Liikennevirasto hyväksyi Pissararadan yleissuunnitelman helmikuussa 2012. Valittu linjaus todettiin taloudellisesti ja teknisesti parhaaksi vaihtoehdoksi (Liikennevirasto, 2015).

Liikenneviraston linjausten mukaisesti Pissararadan suunnittelussa hyödynnettiin tietomallintamista. Yleissuunnitelmavaiheessa malleja oli tehty pienistä osista suunnitelmia ja niitä hyödynnettiin suunnitelmien esittelyssä. Ratasuunnitelmavaiheessa mallintamista edellytettiin kaikilta suunnittelun osapuolilta.

1.2 Tietomallinnus

Tietomalli on rakennuksen tai infrakohteen tiettyyn tarpeeseen tuotettu tietojen kokonaisuus. Tietomalli voi olla myös koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Viimeaikaiset tutkimuspanokset ovat keskittyneet mallintamisen käyttötarkoitusten ohjeistamiseen. YTV 2012 -ohjeisto kuvaa talonrakennuksia ja YIV 2015 -ohjeisto infrarakenteita. Infraohjeiston kehitys aloitettiin RYM/PRE/InfraFINBIM-tutkimushankkeessa, jossa kehitystyötä tehtiin ohjatusti pilottihankeympäristössä.

Tietomallintaminen antaa välineitä ohjata tiedonhallintaa suunnittelu- ja rakennushankkeissa sekä laajemmin omaisuuden hallinnassa koko elinkaaren aikana. Lisäksi tietomallit ja niistä tuotetut havainnollistamisaineistot auttavat kommunikoinnissa sidosryhmien kanssa. Hyötyä lisää mallinnettu toimintaympäristö.

Itse mallintaminen (mallien tuottaminen) on hankeorganisaatiolta tilattavaa palvelua. Tilaajan on osattava antaa tehtävälle realistiset vaatimukset ja lähtökohdat sekä ohjata mallintavaa suunnittelua.

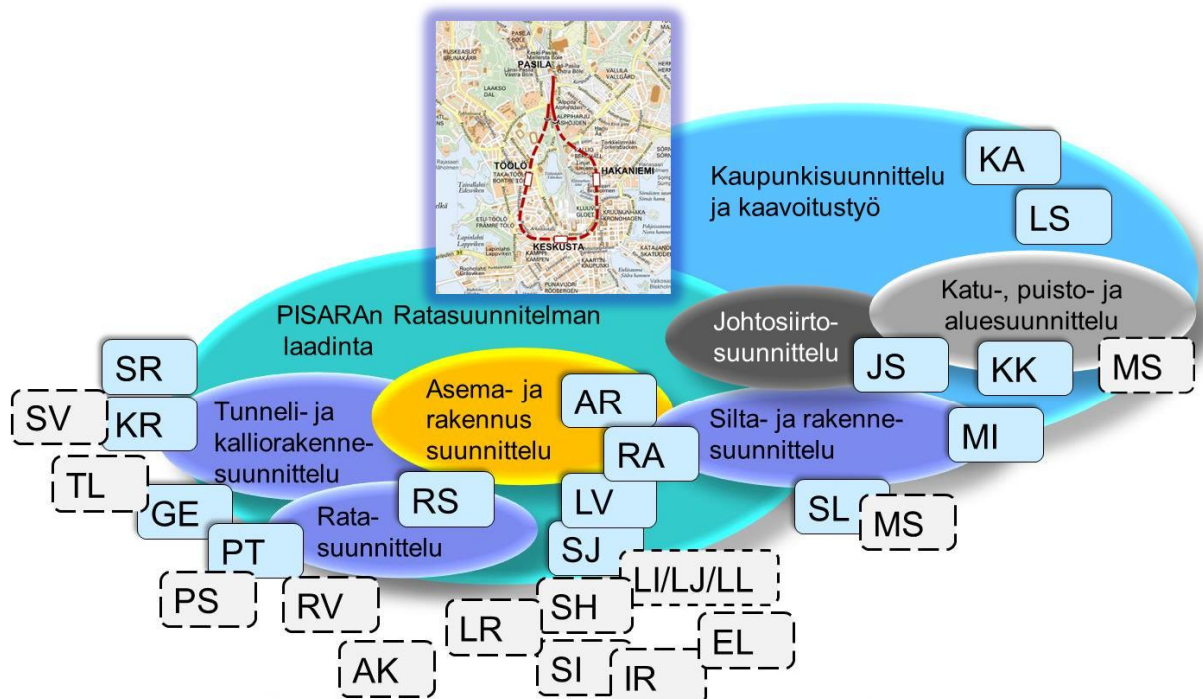
1.3 Pissararadan tietomallinnus

Koska mallintamisprosessi on vasta kehittymässä, Pissararata-hankkeeseen kytkettiin ratasuunnitelman tietomallintamisen analysointi ja dokumentointi sekä kokemusten ja oppien kirjaaminen ohjeeksi.

Pissararata-hankkeessa oli mukana useita osapuolia eri suunnittelualueilta (Kuva 2).



Kuva 1. Pissararadan linjaus Helsingin kartalla. Kuva: Kaupunkimitta- ja suunnitteluosasto, Helsinki 096/2012



Mallintaminen tuo hyötyjä kommunikatoon ja yhteistoimintaan eri tekniikkalajien välillä.

Kuva 2a. Pisara-hankkeen suunnittelualat ja tekniikkalajit (kirjaisinyhenteet). Karttakuva: Liikennevirasto <http://portal.liikennevirasto.fi/portal/page/portal/fi/hankkeet/suunnitteilla/pisara/Pisararadan%20infograafi.pdf>

AK akustiikka ja runkomelusuunnittelu	MI mittaukset
AR arkkitehtisuunnittelu	MS maisemasuunnittelu
EL elementtisuunnittelu (riippumatta valmisosan materiaalista)	PS palosuojaussuunnittelu
GE geotekninen suunnittelu	PT paloturvallisuussuunnittelu
IK irtokalustesuunnittelu	RA rakennusuunnittelu
JS johtosiirtosuunnittelu	RS ratasuunnittelu
KA asemakaavasuunnittelu	RV radioverkkosuunnittelu (viranomaisverkot)
KK katusuunnittelu	SH talotekninen sähkösuunnittelu
KR kalliotekninen suunnittelu	SI sisustussuunnittelu
LI LVI-ilmastointisuunnittelu	SJ talotekniikan sähköjärjestelmien suunnittelu
LJ LVI-jäähdytysuunnittelu	SL siltasuunnittelu
LL LVI-lämmityssuunnittelu	SR sähköratasuunnittelu
LR rakennusautomaatiosuunnittelu	SV erikoisvalaistussuunnittelu
LS katuliikennesuunnittelu	TL radan liikenteenohjauksen ja turvalaitesuunnittelu
LV LVI-vesi- ja viemärisuunnittelu	

Kuva 2b. Pisara-hankkeen suunnittelualat ja tekniikkalajit.

Erityisen haastavan Pissararata-hankkeesta tekee se, että kyseessä oli maanalainen tunnelirata. Siinä yhdistyvät talo- ja inframallinnuksen tuomat mahdollisuudet, mutta haasteena on toisaalta näiden perinteisesti mallintamista eri suunnista lähestyvien alojen yhteensovittaminen (CAD ja GIS).

Tämän raportin luvuissa 1–3 kerrotaan toimeksiannon lähtökohdat ja menetelmät. Huomiot ja analyysit sekä kehitystyön tulokset on esitetty luvuissa 4–7. Suositukset seuraavaan suunnitteluvaiheeseen siirryttäessä on koottu lukuun 8. Kiteytetty yhteenveto Pissararata-hankkeen ratasuunnitteluvaiheen tietomallintamisen tilaajaohjauksen seurannasta ja analyysistä on esitetty luvussa 9 muodossa ”Pissaran mallinnusprosessin opit” eli onnistumisen osatekijät. Raportin liitteet A–F esittelevät tarkemmin huomioiden, analyysien ja kehitystyön sisällöt.

2. Toimeksiannon tehtävät

2.1 Tutkimus

VTT:n projektin tehtävänä on ollut tuottaa Pissararata-hankkeen ratasuunnitteluvaiheen tietomallintamisesta puoleetonta asiantuntijatietoa ja näkemyksiä koskien tietomallitekniikan soveltamista, infra- ja talonrakentamisen mallien yhdistämistä ja tietomallintamisen prosessinohjausta.

VTT:n työryhmä on osallistunut sekä tilaajan tietomalliryhmän että myöhemmin hankkeessa perustetun tietomallintamisen kehitysryhmän kokouksiin ja ottanut kantaa ja arvioinut käsiteltäviä asioita käynnissä olevien kansallisten tutkimus- ja kehityshankkeiden pohjalta. VTT:n rooli tietomallintamisen standardoinnin asiantuntijana on ollut tunnistaa parhaita käytäntöjä vietäväksi alan kehittyviin standardeihin.

Raportissa esitetyt havainnot ja johtopäätökset perustuvat tilaajan tietomalliryhmän ja tietomallintamisen kehitysryhmän työhön marraskuusta 2013 lokakuuhun 2015 sekä päätoimijoiden haastatteluihin. Näkökulma hankkeeseen on ollut rajallinen erityisesti suunnittelualojen ohjauksen ja projektin kokonaishallinnan osalta.

2.2 Kehitys

VTT:n toinen tehtävä on ollut Pissararata-hankkeen tietomallintamisen hyvien käytäntöjen ripeä kehittäminen ja toimivan yhteistyökulttuurin luominen, mikä sisältää mallinnustekniikan hyötykäytön kirkastamista prosessin rooleissa, kommunikaatiossa ja yksityiskohdissa. Tässä tehtävässä VTT:n tutkimusryhmä on tukenut proaktiivisesti tilaajatahoja, suunnittelun ohjausta ja tietomallikoordinaattoreita seuraavissa osatehtävissä:

1. Tietosisällöt siltojen mallinnuksessa
 - Listaus (ehdotus)
 - Yhteenveto aihepiiriin kehitysprojekteista
2. Prosessin hyötyjen arviointi (luku 6)
 - Hyötyjen arviointi (lyhyt katsaus kansainväliseen kirjallisuuteen ja kalvoesitys)
 - Hyötyjen määrittely tilaajan, projektin ja suunnittelijan näkökulmasta (kysely kehitysryhmälle)
 - Hyötymatriisin kehittäminen
 - Tilaaajien toiminta (case: kaupungin yhteistyöprosessien koordinointi)
 - täysin mallipohjainen toiminta
 - mallien sisällöllinen laaduntarkkailu ja palaute
 - kuvaus tilaajan toiminnasta infraBIM + Talo + kaavoitus suunnittelun rajapinnalla (kappale 4.4.1).
 - Mallien yhdistämisen tuottamat hyödyt koko hankkeelle että alueille
 - haastattelut ja esimerkit
 - hyötyesimerkit (luku 6.4)
 - Hyötyjen analyysi (luku 6)
3. Hyödyn seurannan indikaattorit (luku 6.5)
 - Ehdotukset indikaattoreiksi
 - Indikaattorikyselyt (lähtötietoriippuvaiset suunnittelumuutokset)
 - esimerkit seurantaindikaattoreista. Johtopäätökset ja suositukset raportin luvuissa 7 ja 8.
 - Vaatimusten hallinta (case: määrät osana kustannusarviointia)
 - määrätiedon oikeellisuus ja riittävyys
 - hyötymittarin formulointi indeksiksi
 - tulos = maturity-arviointi. Raportissa johtopäätelmiä ja suosituksia luvuissa 7 ja 8.
4. Hyvien mallinnuskäytäntöjen dokumentointi (raportin liite C)

3. Tietomallintamisen tavoitteet

Tilajaat ovat edellyttäneet Pissararata-hankkeen ratasuunnittelussa kattavaa mallintamista sekä infra- ja talopuolen tietomallipohjaisten suunnittelukäytäntöjen yhteensovittamista. Näihin haettiin suuntaviivoja työpajoista, joihin kutsuttiin kokeneita mallintamisen osajia (Pissara, 2013).

3.1 Pissarahankkeen tietomallistrategia

Pissaran tietomallistrategian (Pissara, 2013) mukaan malleja käytetään:

- Kommunikointiin ja tiedonvaihtoon (hankkeen sisällä ja sidosryhmille)
- Suunnittelun ja toteutuksen laadunvarmistukseen
- Tietomallipohjaiseen hankintaan ja sopimustekniikkaan (rakennusvaiheen urakat)
- Tuotannon suunnitteluun ja -ohjaukseen
- Elinkaaren aikaiseen tiedonhallintaan

Ratasuunnittelun päättyessä näistä on toteutettu kahta ensimmäistä. Kun ratasuunnittelu aloitettiin, tavoiteltavia hyötyjä olivat (Pissara, 2013a)

- Rahoituksen varmistaminen ja kommunikointi päättäjille
- Kaavoitusprosessin tukeminen
- Mahdollisuuksien havaitseminen ja parhaiden vaihtoehtojen löytäminen
- Suunnitteluratkaisujen kustannusohjaus
- Rakennussuunnitelmien laadun parantaminen
- Rakennustyön tuottavuuden parantaminen.

Pissararata-hankkeen projektisuunnitelmassa määriteltiin (1) keskeinen suunnittelutehtävä, (2) suunnittelutyölle ja suunnitelmille asetetut tavoitteet sekä (3) tietomallipohjaiselle suunnittelulle ja tietomalleille asetetut tavoitteet ja (4) tilaajan asettamat erityiset tavoitteet.

Suunnittelualasta ja -toimeksiannosta riippumatta keskeisinä suunnittelutehtävinä kaikissa toimeksiannoissa on ensisijaisesti laatia ensimmäisessä vaiheessa aineisto ratalain mukaista ratasuunnitelmaa varten. Suunnittelutyölle ja suunnitelmille on lisäksi asetettu seuraavat yleiset tavoitteet:

- Suunnitellaan oikeita asioita ja oikeaan aikaan (JOT)
- Sovitetaan suunnitelmien tarkkuustaso kulloistakin käyttötarkoitusta vastaavaksi
- Huomioidaan kattavasti, kustannustehokkaasti ja tarkoituksen mukaisesti kaupunkirakenteen kehittymisen ja maankäytön suunnittelun asettamat reunaehdot.

Tietomallipohjaiselle suunnittelulle ja tietomalleille on asetettu seuraavat tavoitteet, joihin tietomalleja tulee voida hyödyntää ja joihin tietomallien tulee vastata:

- Suunnitelmien yhteensovitus ja laadunvarmistus
- Kallio- ja muiden tilojen dimensioiden hallinta
- Eri suunnittelualojen välinen tiedonvaihto
- Energia-, olosuhde- ja turvallisuus- sekä muiden simulointien (mm. turvalaite- ja liikenteenohjausjärjestelmät, opasteiden näkymät) esittäminen mallipohjaisesti
- Kaavoituksen tukeminen, tiedonvaihto liittyvien hankkeiden, kiinteistönomistajien, viranomaisten ja infran haltijoiden (mm. johtosiirrot) kanssa
- Keskeisten määrätietojen hallinta ja määrätietojen saatavuus sekä vertailu toteutuneisiin määriin (mm. louhinnan toteutuma).

Suunnitteluratkaisuissa tulee huomioida ja suunnitelmat tulee laatia lähtökohtina mm. seuraavat tilaajan asettamat erityiset tavoitteet:

- Kokonaisuuden toiminnallisuus ja käytettävyys
- Suunnitteluratkaisujen kustannustehokkuus
- Turvallisuus ja terveellisyys
- Saavutettavuus ja tilojen koettavuus
- Suunnitteluratkaisujen toteutuskelpoisuus
- Rakenteiden pitkäaikaiskestävyys
- Ympäristönäkökohdat
- Teknisten ratkaisujen ajan- ja yhdenmukaisuus

- Toistuvuuden ja valmisosien laaja hyödyntäminen
- Muut mahdolliset hankkeen teknisten ja toiminnallisten tavoitteiden ja rakentamista säätelevän lainsäädännön edellyttämät erityiset seikat.

Tilaaaja on asettanut tavoitteiksi määräysten mukaisuuden varmistamisen sekä aikataulu- ja kustannustavoitteet. Toimivuustavoitteita (kuten liikenteen sujuvuus) ei asetettu vajavaisten lähtötietojen takia. Jo pelkästään sijainti tiiviisti rakennetussa keskustassa maan alla asetti monia reunaehtoja hankkeelle.

Pisara-hankkeessa oli mukana lähtötietokonsultti, joka vastasi lähtötiedon keräämisestä ja lähtötietomallin muodostamisesta YIV 2015 -menettelyohjeiden (YIV, 2015) mukaan. Lähtötietomallin tuottamista varten oli Tietomallistrategiassa oma ohjeosio (Pisara, 2013: Liitteet 1 ja 6).

3.2 Tietomallintamisen huomioiminen hankinnassa

Nykyaikaiset ICT-työkalut tulisi ottaa käyttöön hankkeen suunnittelussa tilaajan päätöksin alusta lähtien. BIM/3D-tietomallinnuksen työkalut, menetelmät ja osaaminen ovat riittävällä tasolla mallinnuksen käyttämiseksi koko hankkeen laajuudella koko kestolla suunnittelusta ylläpitoon saakka. Ensimmäisenä vaiheena on lähtötietoaineiston (maastomallit, maaperätiedot, olevat rakenteet, tilavaraukset, tutkimustulokset...) koostaminen tietomalliin lähtötietomalliksi ja tietopankiksi.

Aktiivinen tiedonjakelu on haaste. Hankkeen lukuisten osapuolien ja ryhmien tietojenvaihdon ja koordinaation ”megakokoukset” ovat uuvuttavia. On löydettävä tapoja hyödyntää pienryhmätyöskentelyä, työpajoja ja seminaareja, jotta synnytetään ”positiivinen virheistä oppimisen kierre, allianssimalli”. Tarvitaan myös suunnitelmien organisoitua ristiintarkastusta osallistuvien suunnittelutoimistojen kesken.

Projektisuunnitelmassa (Pisara, 2014c) tietomallien hyödyntäminen on määritelty kaikkien suunnittelukonsulttien tehtäväksi ja kuvataan yhdistelmämallin periaate.

Kaikki suunnitelmat laaditaan tietomallipohjaisesti ja tietomallia hyödynnetään laajasti sovituksissa yhteen mm. kriittisillä rajapinnoilla (risteilyt, liittymät kiinteistöihin jne.).

Tietomallien hyödyntämisestä järjestettiin kaksi avointa työpajaa. Tietomallistrategian laatiminen aloitettiin vuosi ennen suunnittelun käynnistämistä.

Ratasuunnittelu hankittiin hankintaklinikkametodilla. Pisara-hankintaklinikka järjestettiin kolmena seminaarina tammi–maaliskuun 2012 aikana (Vaara ja Kuronen, 2012).

Normaalien organisaatiokohtaisten referenssien lisäksi suunnittelijoilta vaadittiin hyväksytysti suoritettu näyttötentti. Tentissä testattiin tarjoajien tietomallipohjaisen suunnittelun osaamista ja Pisaran tietomallistrategian ymmärrystä.

3.2.1 Monitoimijaorganisaatio

Suunnittelun haasteena oli laaja eri suunnittelualoista/ tekniikkalajeista koostuva monitoimijaorganisaatio. Pisaran ratasuunnittelussa aktiivisia olivat: ratasuunnittelu RS, sähköratasuunnittelu SR, kalliotekninen suunnittelu KR, geotekninen suunnittelu GE, paloturvallisuussuunnittelu PT, arkkitehtisuunnittelu AR, rakennesuunnittelu RA, LVI-vesi- ja viemärisuunnittelu LV, talotekniikan sähköjärjestelmien suunnittelu SJ, siltasuunnittelu SL, asemakaava-suunnittelu KA, katuliikennesuunnittelu LS, johtosiirtosuunnittelu JS, katusuunnittelu KK ja mittaukset MI.

AK	akustiikka ja runkomelusuunnittelu
AR	arkkitehtisuunnittelu
EL	elementtisuunnittelu (riippumatta valmisosan materiaalista)
GE	geotekninen suunnittelu
IK	irtokalustesuunnittelu
JS	johtosiirtosuunnittelu
KA	asemakaava-suunnittelu
KK	katusuunnittelu
KR	kalliotekninen suunnittelu
LI	LVI-ilmastointisuunnittelu
LJ	LVI-jäähdytysuunnittelu
LL	LVI-lämmityssuunnittelu
LR	rakennusautomaatiosuunnittelu
LS	katuliikennesuunnittelu
LV	LVI-, vesi- ja viemärisuunnittelu
MI	mittaukset
MS	maisemasuunnittelu
PS	palosuojaussuunnittelu

PT	paloturvallisuussuunnittelu
RA	rakennesuunnittelu
RS	ratasuunnittelu
RV	radioverkkosuunnittelu (viranomaisverkot)
SH	talotekninen sähkösuunnittelu
SI	sisustussuunnittelu
SJ	talotekniikan sähköjärjestelmien suunnittelu
SL	siltasuunnittelu
SR	sähköratasuunnittelu
SV	erikoisvalaistussuunnittelu
TL	radan liikenteenohjauksen ja turvalaitesuunnittelu

Jotta tietomallia voidaan hyödyntää tehokkaasti suunnittelun ohjauksessa ja suunnitelmien yhteensovituksessa, mallin ylläpitäjä päivittää yhdistelmämallin säännöllisin väliajoin Tietomallien hyödyntämisen osalta on tunnistettavissa seuraavat suunnittelun ohjauksen avaintehtävät ja mallinnukseen liittyvät periaatteet:

- IFC- ja LandXML-tiedonsiirtostandardien hyödyntäminen.
- Suunnittelutyön ohjaaminen siten, että käytetään avoimia tiedostoformaatteja ymmärtäen formaattien rajoitukset mm. niiden tietosisältöjen ja yhteen sopivuuksien osalta.
- Seurata ja valvoa suunnittelun etenemistä ja tehtyjä muutoksia suunnittelun etappipisteissä päivitettävän yhdistelmäsuunnitelmamallin avulla.
- Tunnistaa mallinnustyön kurinalaisuus ja keskeiset eroavaisuudet perinteiseen suunnittelutapaan verrattuna sekä tarkastaa ja kommentoida suunnitelmia mallin avulla.
- Huolehtia, että luovutettavat tietomallit tehdään laatujärjestelmän suunnitteluohjeen mallinnusvaatimusten ja -ohjeiden mukaisesti ja että luovutettavat tietomallit täyttävät niille asetut tavoitteet tietomallin käyttötarkoitusten osalta.

Tehokkuuteen pyrittiin hankkimalla ratasuunnittelu ja rakentamissuunnittelu yhtenäisenä toimeksiantona. Tapa on yleinen pienemmissä tiehankkeissa.

3.3 Tietomallintamisen organisointi

3.3.1 Tilaajan tietomalliryhmä

Päätöksiä ja tietomallintamisen ohjausta varten perustettiin tietomalliryhmä, johon osallistuivat tilaajaorganisaatioiden edustajat, suunnitteluttajakonsultin edustaja, projektin tiedonhallintapalvelun tarjoaja ja VTT. Alkuvaiheessa myös Senaatti-kiinteistöjen edustaja osallistui aktiivisesti ryhmän työskentelyyn.

3.3.2 Tietomallikoordinaattorit

Koko hankkeen tietomallikoordinaattorin lisäksi jokaiselle tekniikkalajille ja suunnittelutoimeksiannolle nimettiin tietomallikoordinaattori/ tietomallintamisesta vastaava henkilö. ARK-toimeksiantojen koordinaattoreille kuului laadunvarmistus ja asemakohtainen yhteensovitus. Tehtävät sisältyivät kunkin organisaation toimeksiantoon.

3.3.3 Tietomallintamisen kehitysryhmä

Erityiskysymyksiä käsitteli tietomallintamisen kehitysryhmä, johon kuuluivat kaikki tietomallikoordinaattorit ja/tai tietomallintamisesta vastaavat suunnittelijat. Ryhmää veti Pissararata-hankkeen tietomallinnuksen pääkoordinaattori. Lisää ryhmän toiminnasta kerrotaan luvussa 4.2.

3.3.4 Mallintamisen tukitoimet

Mallintamista tuettiin:

- Lähtötietomallilla ja lähtötietojen ylläpidolla
- Mallien ylläpitojärjestelmällä ja siihen liittyvällä konsulttipalvelulla (luvut 4.4.1.1 ja 5.4)
- Tietoiskut ja koulutukset käytäntöihin ja ylläpitojärjestelmän käyttöön.

3.3.5 Prosessi

Hankkeen **ohjausryhmään kuuluivat** tilaajatahojen ja Helsingin seudun liikenteen (HSL) edustajat. Sen tehtäviin kuului hankkeen budjettiohjaus ja suunnitelmien periaatteellisten ratkaisujen ohjaus. Ohjausryhmän lisäksi oli hanke- ja projektiryhmä, jossa oli edustajia laajemmin eri organisaatioista. Nämä ryhmät eivät hyödyntäneet malleja kokouksissaan.

Tilaaajan päätöksiä tai kommentteja vaativat asiat käsiteltiin kerran kuukaudessa asemakohtaisissa ”suunnittelukokouksissa”. Kokouksissa ei ollut tarkoitus käsitellä yksityiskohtia, näin kuitenkin kävi. Malleja ei hyödynnetty asioiden esittelyssä ja päätöksenteossa.

Yleinen kirjaus tietomallinnuksesta näissä kokouksissa oli: ”Tietomallipohjaiseen suunnitteluun liittyvät asiat käsitellään tietomallinnuksen kehitys- ja asiantuntijaryhmissä.”

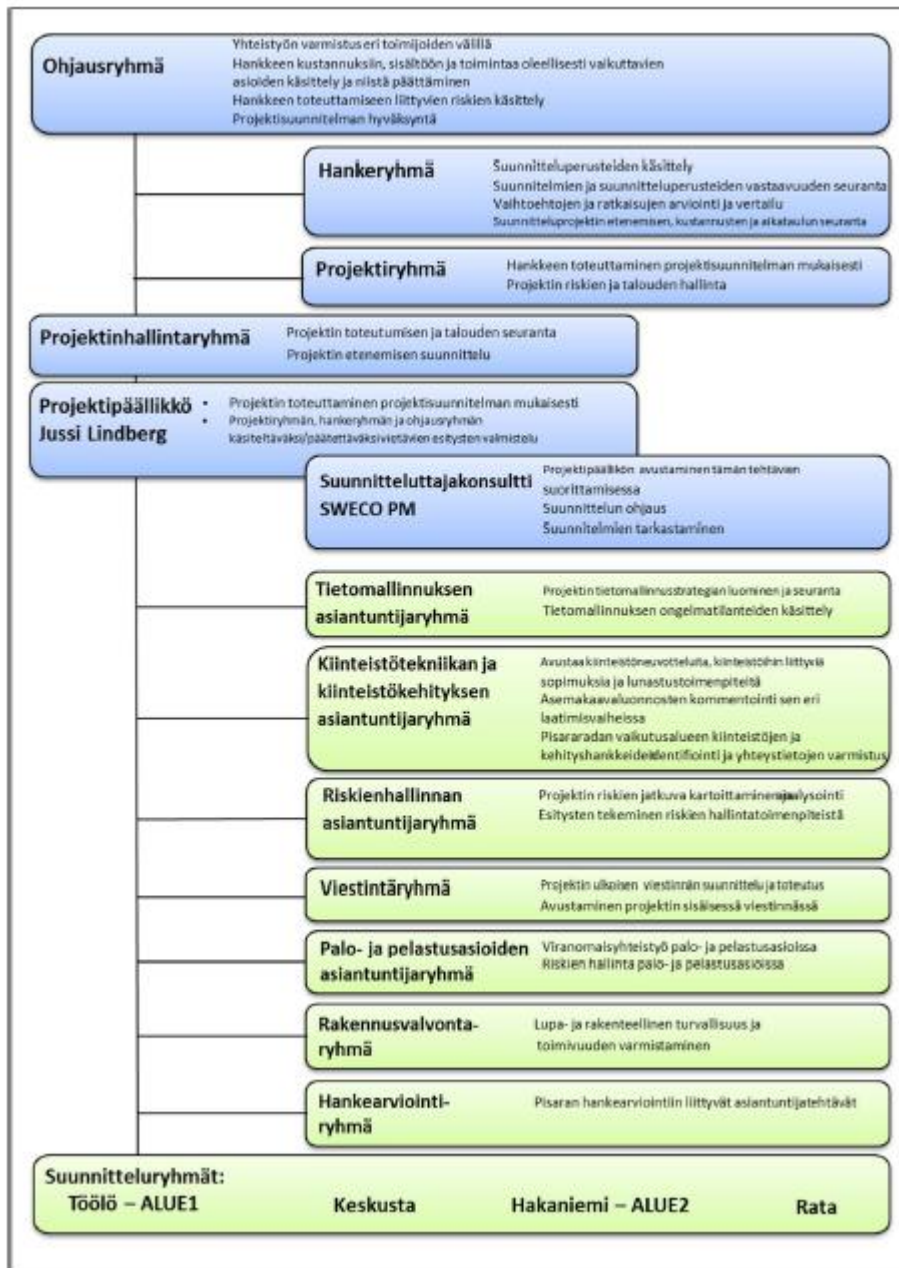
Tilaaajan projektipäällikkö ja kaikki suunnitteluttajakonsultin suunnittelunohjaajat kokoontuivat kerran viikossa tiedonvaihto- ja tilannekatsaukokouksiin, joissa käsiteltiin suunnittelun kokonaistilannetta ja seuraavia toimia. Tilannekatsauksissa hyödynnettiin malleja ratasuunnitelmavaiheen jälkeen.

Tekniikkalajien sisäiset kokoukset kokoontuivat tekniikkalajien suunnittelunohjaajien johdolla. Kokoukset eivät juurikaan hyödyntäneet malleja.

Asemien pääsuunnittelijakokouksissa hyödynnettiin mallia asioiden esittelyssä ja/tai muistion laatimisessa. Ratatoimeksianto piti **koordinaatiokokouksia** rataan liittyvien tekniikkalajien kesken ja kahdenkeskisiä kokouksia arkkitehtien ja talotekniikan kanssa. Kokousmuistiot toimitettiin tilaajille ja suunnittelun ohjaajille.

Tarpeen mukaan suunnitteluttaja kutsui koolle ”poikkitekniisiä” ryhmiä ratkaisemaan kysymyksiä, joihin liittyi usean eri suunnittelualan näkökulmia. Esimerkkejä tällaisista ovat radan kuivatusperiaatteiden ratkaiseminen ja runkomelun vaimentaminen.

Erilaisten teemojen ympärille koottuja ryhmiä olivat mm rakennusvalvontaryhmä, palo- ja pelastusasioiden ryhmä sekä riskienhallintaryhmä. (Kuva 3).



Kuva 3. Pisara radan kokouskaavio (Pisara, 2014b).

Tilaaajien tietomallintamisen kehittäjät muodostivat **tietomalliryhmän** ohjaamaan mallintamista. Tehtävänä oli varmistaa tietomallintamiseen liittyvät päätökset nopealla aikataululla.

Koko hankkeen projektipäällikkö osallistui vain osaan tietomallinnuskokouksista. Tietomallintamisen pääkoordinaattori osallistui vain sisäiseen tilannekatsausryhmään. Vuorovaikutus koko hankkeen ja mallinnusprosessin jäi vähäiseksi.

3.4 Tietomallintamisen ohjeistus

3.4.1 Tietomallistrategia ja projektisuunnitelma

Projektin ohjausdokumentit olivat ristiriitaisia tavoiteltavien hyötyjen ja käyttötarkoitusten kesken. Tietomallistrategiassa viitattiin projektisuunnitelmaan, jossa ei ollut määritetty tai aikataulutettu käyttötarkoituksia. Käyttötarkoitukset (yhteensovitus, määrälaskenta) oli kuitenkin määritetty etukäteen. Yhteensovittamisessa oli annettu vapautta asemakohtaisille (Keskusta, Hakaniemi, Töölö) pääsuunnittelijoille, jotka maankäyttö- ja rakentamislain mukaan kantavat vastuu suunnittelusta.

3.4.2 Ohjeet käytännöistä

Hankkeelle laadittiin ennen kilpailutusvaihetta tietomallistrategia (Pisara, 2013). Siinä määriteltiin periaatteellisella tasolla mallintamisen tavoitteet läpi koko elinkaaren sekä roolit ja vastuut. Tietomallistrategia ohjasi suunnittelun tarjouspyyntövaihetta.

ICT- ja tietomalliohje (Pisara, 2014a) määritteli mallintamiskäytäntöjä ja mallien sisältöä. Ohje täsmensi yleisiä tietomallivaatimuksia (inframallinnus [YIV, 2015], talomallinnus [YTV, 2012]). Näitä täydennettiin tilaaajien ohjeilla (Siltojen ja taitorakenteiden tietomalliohjeet (Liikennevirasto, 2014a), Katujen suunnittelun tietomalliohje (Hel, 2014) sekä ohjetta Tiehankkeiden mallipohjaisen suunnittelun hankinta (Liikennevirasto, 2014b).

Pisara-radan suunnitteluohje (Pisara, 2014b) sisälsi suunnitteluperusteita ja noudatettavat määräykset. Myös niissä oli mukana tietomallintamista koskevia kohtia.

Tietomallintamisen aiheuttamista riskeistä tehtiin kartoitus hankkeen valmisteluvaiheessa (Pisara, 2013: Liite 5). Mallinnuksella voitiin vähentää hankkeen riskejä, koska suunnitelmien laatu paranee ja potentiaaliset ongelmat tunnistetaan varhain.

3.4.3 Ohjeet ohjelmistoista ja standardeista

ICT-tietomalliohje (Pisara, 2014a) määritteli tiedon vaihdon formaateiksi IFC2x3 ja LandXML/IM3. Nämä vaatimukset täyttävät ohjelmistot ovat Suomessa yleisesti käytössä. Tarkempi määräys olisi voinut olla ainoastaan sertifioidujen ohjelmistojen salliminen IFC:n tuottamisessa. Tähän ei menty, koska kilpailutusvaiheessa kaikkien IFC-tiedostojen tuottavien suunnittelijoiden käyttämät ohjelmistot todettiin testatuiksi ja hyväksi havaituiksi. Pisara-rata-hankkeessa ei ilmennyt IFC-exportin rajoitteista tai huonosta laadusta johtuvia ongelmia. Ongelmia ilmeni IFC:n tallennettavaksi valittavien tietosisällöissä.

IFC-exportit tuotettiin YTV 2012:n tason 2 ohjeiden mukaan. Infran taitorakenteiden IFC-malleista on viitattu Siltojen tietomalliohjeeseen "soveltuvin osin". Inframallien numerointi ja nimeämiskäytännöt tehtiin InfraBIM-nimikkeistön mukaan.

4. Tietomallintamisen toteutus ja ohjaus

Ohjauksen ja toteutuksen lähtökohta olivat tietomallistrategian tavoitteet ja käyttötarkoitukset (luku 3.1). Tätä täydensivät tilaajan mallinnuslinjaukset ja suunnittelutajakonsultin ohjaus. Keskeisimmät käyttötarkoitukset olivat suunnitelmien yhteensovituksen varmistaminen sekä määrälaskenta ja kustannushallinta. Näiden osalta vaatimukset olivat selvät.

Periaatteena hankkeen ohjauksessa oli tuottaa perusteltuja vaihtoehtoja, joista ohjaaja tai tilaaja valitsee sopivimman. Tämä lähestymistapa omaksuttiin myös tietomallintamisen ohjaamisessa. Yksittäiset suunnittelijat toivat ehdotuksia kehitysryhmään käsiteltäväksi. Tietomallintamisen ohjaaja vei kehitysryhmän ehdotukset suunnittelualojen tai koko hankkeen ohjausryhmiin päätettäväksi.

Tietomallintaminen on itseohjautuva prosessi, jossa tilaajalla on veto-oikeus. Tietomallinnukset ovat ns. learning-by-doing-tyyppistä toimintaa, jossa parhaat käytännöt löytyvät työn edistyessä. Johtaminen kohdistuikin ammattilaisten motivointiin, ongelmanratkaisuun ohjaamiseen ja yhteistoiminnallisuuden synnyttämiseen.

4.1 Tilaajan tietomalliryhmän toiminta

Tilaajan tietomalliryhmässä keskusteltiin, linjattiin ja päätettiin mallinnuskäytäntöihin ja mallien hyödyntämiseen liittyvistä asioista. Ensimmäisissä kokouksissa ratkottiin tietomallintamisen organisointiin liittyviä kysymyksiä tai ohjattiin ne asiantuntijoille. Malliteknologisten käytännön ongelmien ratkomiseen ja ennakoivaan ohjaukseen perustettiin erillinen tietomallintamisen kehitysryhmä. Ryhmän kokoontumisia oli ratasuunnittelun aikana keskimäärin kuukauden välein, yhteensä 30 kpl.

4.2 Tietomallintamisen kehitysryhmän toiminta ja kehityskohteet

Tietomallintamisen kehitysryhmän tehtäviä olivat:

- Hyvien yhteistoiminnallisten käytäntöjen määrittely
- Yhteistyökulttuurin synnyttäminen
- Kehittämisasenteen synnyttäminen
- Tiedon ja osaamisen jakaminen.

Kehitysryhmään kutsuttiin kaikkien toimeksiantojen tietomallinnuksesta vastaavat henkilöt. Alussa edustus oli laaja, mutta supistui aikaa myöten asemien suunnittelijoiden ryhmäksi. Ratasuunnitteluvaiheen lopussa myös ratatoimeksianto saatiin houkutelua viikoittaisiin tapaamisiin, koska oli tarve sopia ja testata ratatunnelin mallinusta.

Tietomallintamisen kehitysryhmä kokoontui keskimäärin kerran kuukaudessa ajallisesti melko lähekkäin tilaajan tietomalliryhmän kokouksen kanssa. Ratasuunnittelun aikana kokouksia oli 25 kpl, ja vuoden 2015 loppuun mennessä oli yhteensä 29 kokoontumista.

Kuva 4 tiivistää Pisara-hankkeessa käytössä olleet mallintamisen tukitoimet (vasen sarake) sekä hankkeessa käytetyt ja kehitetyt mallintamiskäytännöt (muut sarakkeet). Nämä käytännöt mallinnustyön harmonisoinnin, käytötapausten suunnittelun ja mallien tietosisältöjen osalta kehitettiin kehitysryhmässä.

Mallintamisen organisointi ja ohjaus (Pelilajista ja pelikentästä sopiminen)	Koordinointi ja mallinnustyön harmonisointi (Pelisäännöistä sopiminen)	Prosessi + mallintamisen käytötapaukset (Pelitaktiikoiden suunnittelu)	Mallien tietosisältö (Pelivälineiden hallinta)
Työryhmät <ul style="list-style-type: none"> Tilaaajan tietomalliryhmä TM- kehitysryhmä BIM strategia ja projektisuunnitelma <ul style="list-style-type: none"> Yleiset käyttötarkoitukset Periaatteet Lähtötietomalli Ylläpitopalvelu <ul style="list-style-type: none"> Ylläpitopalvelun tuki Mallien verifiointi prosessi ja -palvelu YP-palveluun liittyvä koulutus Ohjeisiin/ käytäntöihin liittyvä valmennus/ "tietoiskut" <ul style="list-style-type: none"> VTT:n tuki 	Kollaboraatiotiedot <ul style="list-style-type: none"> Yhteystiedot Käytettävät sofat ja formaatit Koordinaatisto-sopimukset <ul style="list-style-type: none"> Origot Tulosteiden hallinnan käytännöt <ul style="list-style-type: none"> Tiedostojen nimeäminen ja numerointi Mallien ja malliselosteen numerointi Tasojaot/ Lohkojaot Moduulilinjat Nimiöt Ylläpitopalvelun käyttö ja lisätoiminnot	Ennakoivat prosessikuvaukset <ul style="list-style-type: none"> Yhteensovitus Tietotarpeiden ja siirtoformaatin yksilöinti Referenssimallien vastuutahot Käyttötapauskohtaiset mallintamisen suunnitelmat/ menettelyt <ul style="list-style-type: none"> KSV yhteistyö PS suun. kokoukset & yhteensovitusagendat Ratatunnelin mallinnus/ vastuutahot Tilatarpeet Mallien yhteensovitus ratatunnelien osalta Määrälaskenta 	Nimikkeistölistat <ul style="list-style-type: none"> Infra Talo Taitorakenteet Lähtötietolajit ja tarkkuus Suunnitteluvaiheen tietolajit ja tarkkuus Toimijakohtaiset tietotarpeet <ul style="list-style-type: none"> Määrälaskennan tarvitsemat tiedot ARK > RAK > TATE KAT > ARK RS > ARK RS > RAK Infopyynnöt

Kuva 4. Yhteenveto tietomallintamisen organisoinnista sekä noudatetuista ja kehitetyistä menettelyistä Pisara-hankkeessa.

4.2.1 Projektikohtainen mallintamisen organisointi ja menettelyt

Liikenneviraston ja Helsingin kaupungin organisoimat mallintamisen tukitoimet voidaan kuvata pelilajeina ja pelikentästä sopimisena, mallinnustyön harmonisointi ja koordinointi pelisäännöistä sopimisena. Käyttötarkoitusten analysoinnin ja käyttötapauksen suunnittelu vastaa luonteeltaan pelitaktiikoiden suunnittelua ja harjoittelua. Neljäs osa-alue eli mallien tietosisältöjen ja -formaattien osalta tehdyt määrittelyt vastaavat "pelimetäforassa" pelivälineen, tiedon ja tietolajien hallintaa.

4.2.1.1 Pelilajista ja pelikentästä sopiminen

Mallintaminen organisoitiin osana suunnittelun ohjausta. Suurimmat investoinnit olivat lähtötietomalli, lähtötietojen kerääminen ja hallinta sekä ylläpito. Ylläpito käsitti sekä ratasuunnitteluvaiheen tiedonhallintaan räätälöidyn projektipankin että kakkien suunnittelualueiden ja -alojen yhdistelmämallin ylläpidon. Ratasuunnitteluvaiheen tietomallintamisen organisointi onnistuivat hyvin ja toimi joustavasti.

4.2.1.2 Pelisäännöistä sopiminen

Tietomallintamisen kehitysryhmässä laadittiin mallintamisen harmonisoinnille ja koordinoinnille säännöt. Sääntöjen taustalla olivat BIM-koordinaattoreiden aikaisemmat kokemukset. Dokumenttien ja tietomallien nimeämislogiikasta sopiminen oli haasteellista hankkeen laajuuden ja lohkotuksen johdosta.

4.2.1.3 Pelitaktiikoiden suunnittelu

Tietomallintaminen on joukkuelaji, jossa tähdätään vaatimusten mukaisuuteen ja riskien pienentämiseen. Suunnittelun sujuminen ja hyötyjen saavuttaminen kuvattiin prosessikarttojen avulla. Tarkkoja tiedon käyttötapauksia ei kuvattu. Kuten pelitaktiikoissa on tapana, malliprosessia olisi harjoiteltava. Kuvaukset tulisi laatia yhdessä ennakkoon ja käydä läpi kaikkien osapuolien eli joukkueen kanssa.

4.2.1.4 Pelivälineiden hallinta

Tiedonhallinta mallipohjaisesti on tiedon sisällöllistä määrittelyä, sisältölistauksia ja tarkkuuksia. Sovellukset ovat osat välineistöä ja niiden yhteiskäyttöisyyden tason tunteminen on oleellista. BIM-koordinaattoreiden kehitysryhmä osoitti erinomaista pelivälineiden hallintataitoa, erityisesti tilasuunnittelun ja rakenneteknisen suunnittelun osalta.

4.2.2 Ennakointi prosessikarttojen avulla

Ratasuunnitteluvaiheen alussa ehdotettiin tehtävien ja tarvittavien tietojen pohtimista ja mallintamista ennakoita mallinnusprosessin sujuvoittamiseksi. Tarkoituksena oli auttaa hahmottamaan ennalta eri toimijoiden yhteistyö- ja tiedonsiirtotarpeita suunnittelun/mallintamisen aikana prosessin ohjaamisen tehostamiseksi.

Ratasuunnitteluvaiheen aikana tietomallintamisen kehitysryhmässä järjestettiin työpaja, jossa laadittiin prosessikuvaus suunnittelun vaiheista, hankkeen toimijoista, tuotettavista malleista ja niiden tiedostomuodoista (liite B). Prosessikaavio oli karkea eikä tuottanut juurikaan lisätietoa suunnittelun tai mallintamisen etenemisestä. Tulosta tärkeämmäksi osoittautui kaavion tekeminen, jonka arvioitiin auttaneen kokonaisuuden hahmottamisessa. Hankkeen monimutkaisuus ja kaikkien osapuolten näkökulmat tulivat selville. Mallintamisen edetessä ei palattu hakemaan neuvoa prosessikaavioista. Työn kuluessa vakiotoimijoiden välille hioutui omia prosesseja.

”Ei tässä ole kaavioita katseltu.”

Yleisesti ottaen monimutkaisissa hankkeissa ja uusien osapuolien kanssa toimittaessa on hyötyä yhteisestä prosessikuvauksesta.

4.2.3 Kehitysryhmässä määriteltyjä lisäohjeita

4.2.3.1 Kollaboraatiotiedot

Kehitysryhmä keräsi mallinnusyhteistyön pohjaksi tiedoston, jossa listataan tiiviissä taulukkomuodossa toimijat, yhteystiedot, ohjelmistot, formaatit ja tiedonsiirtomuodot ohjelmistojen kesken (Pisara, 2014c). Samaan tiedostoon kerättiin tiedot kunkin toimeksiannon käyttämästä koordinaatistosta. Kollaboraatiotietoja oli haasteellista saada kattaviksi. Kollaboraatiotiedot tekniikkalajeittain ovat yksi Hyvät käytännöt -esimerkeistä (ks. liite C).

4.2.3.2 Määrälaskennan tarvitsemien tietojen määrittely

Tavoite käyttää mallia määrälaskentaan oli asetettu strategiassa. Suunnittelijat saivat kustannuslaskennasta tarkat ohjeet rakennusosista, rakennusosien nimeämisestä ja ominaisuuksista (Kuva 5).

OHJE TIETOMALLIN RAKENNUSOSIEN TUNNUKSIEN JA NIMIEN KÄYTTÖÖN KUSTANNUSLASKENNAN KANNALTA

Tässä ohjeessa ei ole esitetty kaikkia mahdollisia rakennusosia. Mikäli tunnus puuttuu, käytetään TALO-2000 nimikkeistön tunnusta lisättynä T:llä. Annetut rakennusosien nimet ovat ohjeita. Rakennusosa nimitetään siten, että nimi kuvaa selkeästi mistä rakennusosasta on kyse. Suunnittelijan tehtäväksi jää varmistaa, että malli on laadittu siten, että mallin vähimmäisvaatimukset täyttyvät.

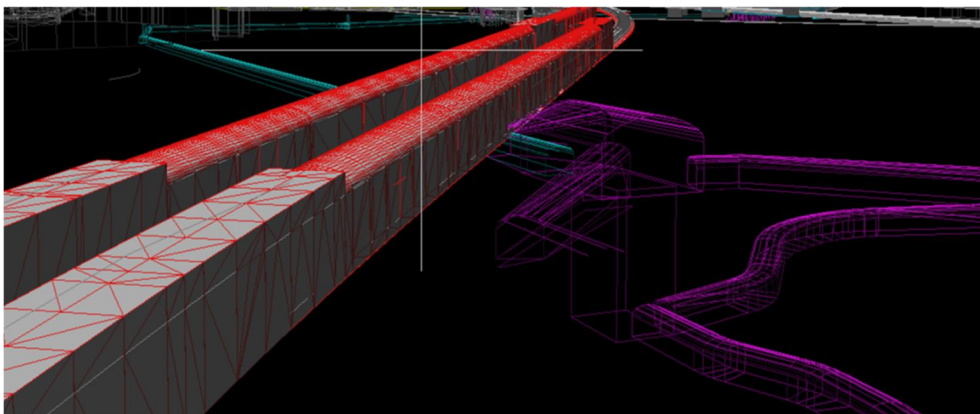
Rakennusosat	Suunnitteluala:	esim. ARK	SUUNNITTELUALUE	esim. Keskusta	Mallin nimi
Tunniste	pääryhmä	rakennusosan nimi	Ominaisuusjoukot	Mallikohtainen ohje	Yksiköt
Ohje:					
Tunniste löydyttävä ifc-mallista.	Pääryhmän nimeä ei ilmoiteta erikseen mallissa.	Rakennusosan nimi ilmoitetaan ifc-mallissa. Tässä ohjeessa esitetyt nimet ovat esimerkkejä.	Ominaisuudet, jotka löydyttävä mallista		Tässä sarakkeessa on yksikkö, jota kustannusarvion teossa tavallisesti käytetään.
ILMOITETAAN MALLISSA		ILMOITETAAN MALLISSA	ILMOITETAAN MALLISSA		
TALO-2000 nimikkeistö					
Tuennat ja vahvistukset					
T1121	paalut	tb-lyöntipaalu	tyyppi		jm, kpl
T1121	paalut	Porrapaalu	tyyppi		jm
T1122	tuennat	Tukiseinä	tyyppi, paksuus, (raudoitus)		m2
T1122	tuennat	Porrapaalulukkoseinä	tyyppi, paksuus		m2
T1122	tuennat	Suihkujenkointi	tyyppi		m2, kpl
T1122	tuennat	Ponttiseinä			m2
T1153	aidat ja tukimuurit	tukimuuri	tyyppi, paksuus, (raudoitus)		m2
Talo-osat					
Perustukset					
T1211	anturat	Reunapalkki	dimensiot, (raudoitus)		jm
T1211	anturat	Seinäantura	dimensiot, (raudoitus)		jm
T1211	anturat	Pilariantura	dimensiot, (raudoitus)		kpl
T1211	anturat	Antura hissi	dimensiot, (raudoitus)		kpl
T1211	anturat	Antura, liukuporras	dimensiot, (raudoitus)		kpl
T1212	perusmuunt, -pilarit, -paikit	Sokkelipalkki	dimensiot, (raudoitus)		jm
T1212	perusmuunt, -pilarit, -paikit	Perusmuuri	dimensiot, (raudoitus)		jm
T1212	perusmuunt, -pilarit, -paikit	Peruspilari	dimensiot, (raudoitus)		kpl
T1213	entyiset perustukset	Siirtymäläatta	dimensiot, (raudoitus)		m2, jm
Alapohjat					
T1221	alapohjajalaat	AP1: ALAPOHJA, LOUHITULLE KALLIOLLE, MAANV	dimensiot, (raudoitus)		m2
T1221	alapohjajalaat	AP2: ALAPOHJA, LOUHITULLE KALLIOLLE, MAANV	dimensiot, (raudoitus)		m2
T1221	alapohjajalaat	AP3: ALAPOHJA, LIUKUPORTAAT JA VINOHISSIT	dimensiot, (raudoitus)		m2
T1221	alapohjajalaat	AP4: ALAPOHJA, LIUKUPORTAIDEN JA VINOHISSIT	dimensiot, (raudoitus)		
T1221	alapohjajalaat	AP5: ALAPOHJA, PUMPPAAMO/VESIALLAS TMS.	dimensiot, (raudoitus)		
T1221	alapohjajalaat	AP6: ALAPOHJA, KULKUYHTEYS TMS. (VEDENPAI)	dimensiot, (raudoitus)		
T1221	alapohjajalaat	AP7: ALAPOHJA, LOUHITULLE KALLIOLLE, ALTAID	dimensiot, (raudoitus)		

Kuva 5. Ote kustannuslaskijan tietolajimäärittelystä.

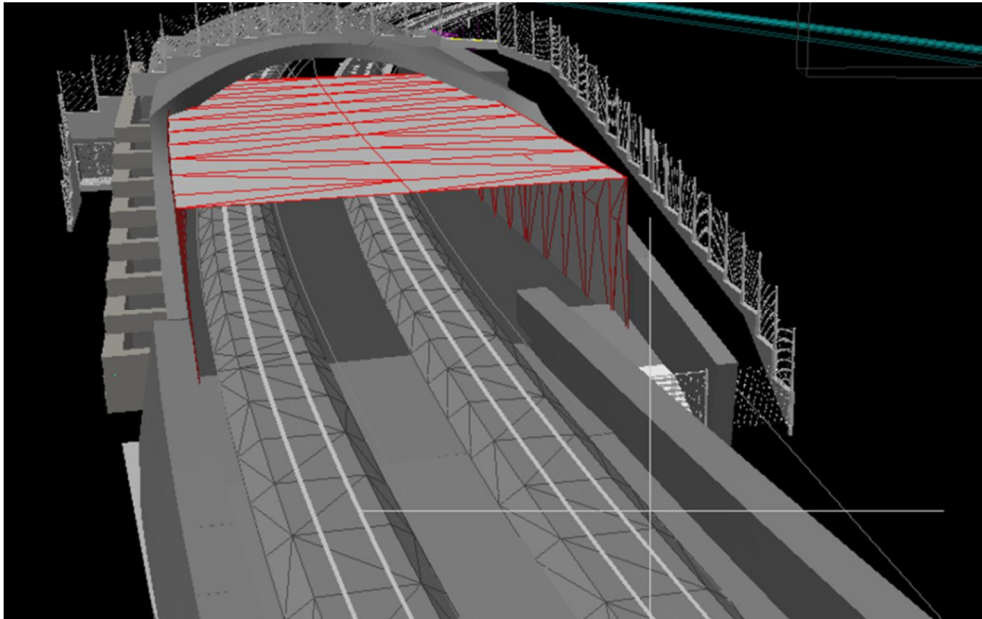
4.2.3.3 Ratatunnelin mallinnuskäytännöt

Ratasuunnittelijoiden haaste oli valita järkevä tarkkuustaso, joka palvelisi sekä seuraavaa suunnitteluvaihetta että suunnitteluryhmän yhteistyötä.

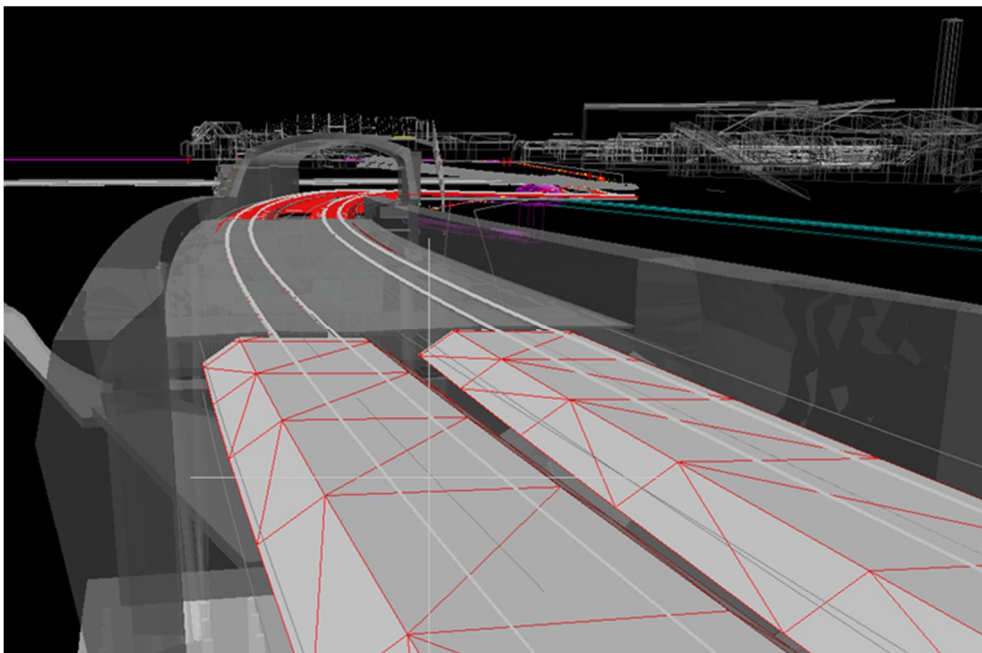
Ratageometria ja ratatunnelin tilavarauus toimivat lähtötietona muulle suunnittelulle. Ratatunnelin sijainti määrytyi lukuisien nykyisten pakkopisteiden kautta (nykyiset raiteet, kallion sijainti, nykyiset maanalaiset ja maanpäälliset rakenteet ja rakennukset). Ratatunnelin osalta tehtyjä mallien yhteensovituksia esitettävät Kuva 6, Kuva 7, Kuva 8 ja Kuva 9.



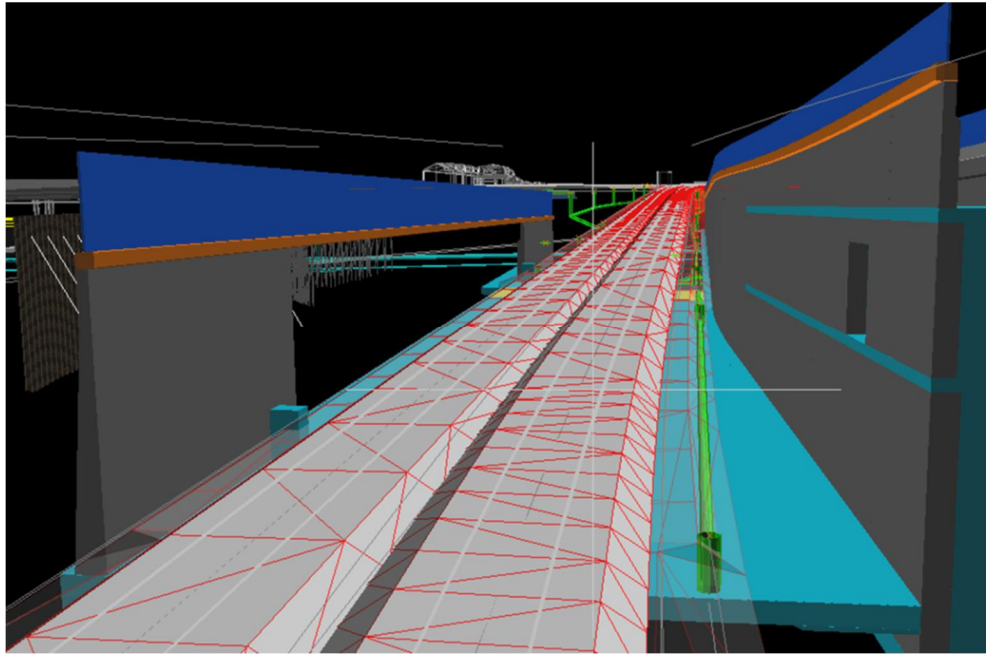
Kuva 6. Rakennemallien ja ratamallien yhteen sovitus. Kuva: Sito Oy.



Kuva 7. Tunnelin suuaukon IFC-mallin ja tunnelin ratatilamallin yhteensovitus. Ratatilamallin pinta- ja viivamalli toimitettiin suuaukon lähtötiedoksi (3d-dwg/dgn-muodossa). Suuaukon valmis IFC-malli vietiin suunnittelujärjestelmään tarkastusta varten. Kuva: Sito Oy.

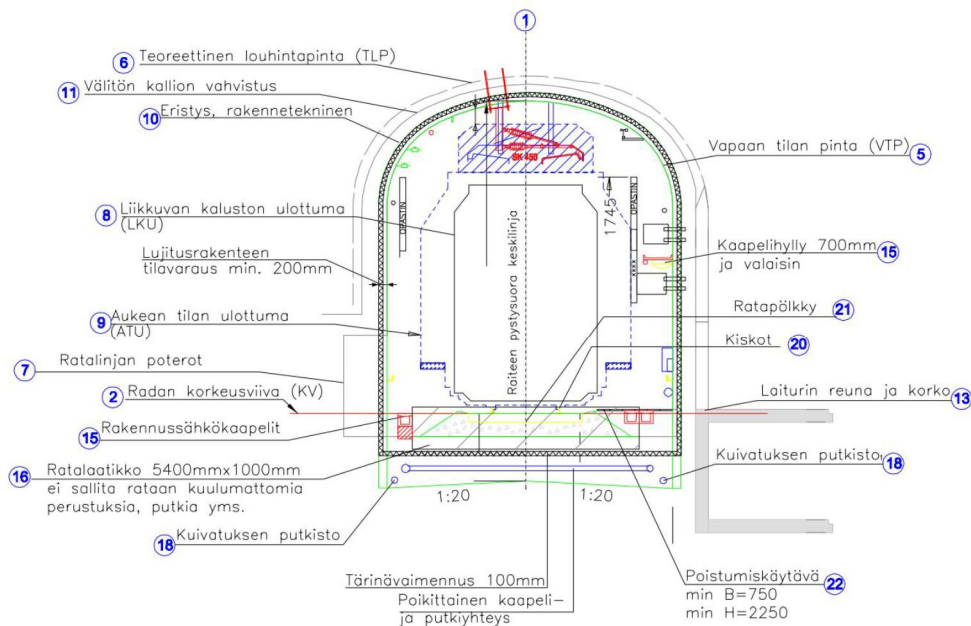


Kuva 8. Vauhtitien sillan kannen lähtötietona toimi radan tukikerroksen pinta- ja viivamalli (3d-dwg/dgn-muodossa). Sillan kansirakenteen valmis IFC-malli vietiin suunnittelujärjestelmään tarkastusta varten, ja sillan viivamalli toimi lähtötietona radan alusrakenteen suunnittelulle. Kuva: Sito Oy.



Kuva 9. Alppipuiston kaukalon, radan rakenteiden sekä kuivatusrakenteiden yhteensovitus. Kuva: Sito Oy.

Ratatunneliin tulevien järjestelmien ja niiden tarvitsemien tilavarausten sovitus tehtiin 2D-yleiskartan avulla. Rata-tilan levityksiä ei mallinnettu ratatilamalliin, koska levitykset olivat koko suunnittelun ajan. Ratatunnelin sijoitettavat rakenteet sovitettiin tyypipoikkileikkaukseen (Kuva 10). Rakenteet on pääosin mallinnettu, mutta sovittelu on vielä käynnissä.



Kuva 10. Poikkileikkauskaavio ratatunnelin mallinnettavista asioista ja käsitteistä.

4.2.3.4 Ratatunnelin tilamalli

Ratatunnelin eri tilojen rajat ja mallinnusvastuut (Taulukko 1, Taulukko 2) selkeytettiin erillisen ohjeen ja havaintokuvien avulla. Suunnittelutehtävien vastuurajat ja mallityöstä sopiminen oli koordinoitava tarkkaan leikkauskaavio-avulla kerros kerrokselta. Onnistunut sopiminen ratatunnelin tilamallin vastuurajoista oli näyttä talo- ja infra-suunnittelun kehittyneestä yhteistyöstä. Ratatunnelin tilamallin vastuurajat ovat yksi Hyvät nöt -esimerkeistä (ks. liite C).

Kehitysryhmässä sovittiin, että ratatunnelin poikkileikkauksen päivityksessä on kiinnitettävä erityisesti huomiota mm. lämmöneristyksiin. Sovittiin että ratasuunnittelija tuottaa Töölöstä välitilavarauksen osoittavan mallin kolmiolituna sekä pelkinä viivoina.

Taulukko 1. Ensimmäinen luonnos osien mallinnusvastausta ja roolitus, kuka mallintaa nyt ja kenen tulisi mallintaa eri osia.

RATASUUNNITTELUVAIHE (Valmistussuunnittelu)	On mallissa	Suunnit. tarve	Tilaajan tarve	Ei ole mallissa	Kuka mallintaa nyt?	Kenen pitäisi mallintaa?	HUOM! KOMMENTIT
1 Ratalinja, raiteen pystysuora keskilinja				X			Ei tarvita, KV hoitaa asian
2 KV (Radan korkeusviiva) koko radalle	X				RS	RS	Korkeusviivan ja raiteen pystysuoran keski-linjan leikkauspiste (KV)
3 Kilometripaalu / Sisempi raide	20	10	?		RS	RS	km-paaluluettelon mukaan 10/ 20 metrin välein - nyt 20m välein, kysyttävä Tast:Ita saadaanko helposti 10m välein?
4 Vastaava paalu / Ulompi raide		X					Poistetaanko kokonaan vai tehdäänkö valmiiksi myös UR ja miten? Maunu Tast?
5 Vapaan tilan pinta VTP	X				1RS 2AR	1RS 2AR	
6 Teoreettinen louhintapinta TLP	X				KR	KR	min +200 vapaan tilan pinnasta
7 Ratalinjan "poterot"	X				1ARK,2KR	1ARK,2KR	Arkkitehti tekee malliin teoreettisen muotoiset varaukset TATE:n ohjeen mukaisesti ja KR tekee todellisen muodon tunneliin.
8 Liikkuvan kaluston ulottuma (LKU)	(X)			X		RS?	Kukakaan ei tarvitse näitä. Paitsi: LKU:n reunasta mitataan joitakin etäisyyksiä.
9 ATU koko radan matkalla	(X)			X	RS	RS	-myös kallistettuna kaarteissa. Ei mallinneta (UValtonen)
10 Eritys, yms. tunneleiden rakenteelliset eristysrakenteet	(X)			X	RAK	RAK	Ei pelkät tyypiratkaisut, betonitunnelien erityis. Ei mallinneta. (WSP Colussi)
11 Välitön kallion vahvistus				X	RS	RS	Ei mallinneta. (WSP Colussi)
12 Poistumistiet / Kulkupinta (kts. kuva)	(X)			X	1RS 2AR	1RS 2AR	Kulkupinta: Ei mallinneta. Tästä määräytyy poistumisteiden korko, kaltevilla osuudella eivät ole kaltevia. Mallinnetaan.
13 Laiturin reuna laatikko, sijainti ja korko (myös kaareva reuna) (XYZ)	X				1RS 2AR	1RS 2AR	RS: Laiturin yläpinta ja -reuna, korko ja sijainti AR: Laiturin rakenne, myös alapuoli
14 Minimi mitta välilevyn (6mm) pohjasta laiturin yläpintaan				X	RS	RS	Kiskot riittää, aluslevy ei mallissa
15 Kaapelihyllyt ja -kanavat (Sähkö)	X				SAH	SAH	SAH tekee tilavaukset ja RAK arkut ja kanaalit
16 Ratalaatikko	X				RS	RS	Maunu TAST kertoo ratalaاتikon sisällön. Ratalaاتikon korkeus muuttuu ylityssiltojen kohdalla !! 0->800->1000
17 Betonitunnelit	X				1ARK,2KR	1ARK,2KR	Tarvitaan
18 Kuivatuksen systeemi (putkisto + kaivot)	X				LVI	LVI	Tarvitaan
19 Ponttiseinät ja kaivannot	X				GEO		Tarvitaan
20 Kiskot	(X)			X		RS	Kiskot määrittäisivät monta lähtätieto asiaa eteenpäin. Tarvitaan ehkä myöhemmin visualisoinneissa yms.
21 Ratapölkky (h vaihtelee)				X			Ei tarvita, ehkä myöhemmin visualisoinneissa yms.
22 Ajotiet ja hätäpoistumiskäytävät	X						Kuten ratatunnelin määräykset. KR,RA,GE,LV,LI hoitavat osuutensa.
TYÖNAIKAISET LISÄYKSET							
Todellinen louhintapinta (laserkeilaus)					Tarpeen koko radalle	Heti louhinnan jälkeen	Laserkeilaus on hyvä ottaa heti louhinnan jälkeen koko radasta ja tuoda malliin.->Kovat
Todellinen lujituspinta eli tehty valmis ruiskubetonointi (Laserkeilaus)					Tarpeen koko radalle	Heti lujituksen jälkeen	Laserkeilaus on hyvä ottaa heti lujituksen jälkeen koko radasta ja tuoda malliin-> Insatall.

Taulukko 2. Lopullinen ohje ratatunnelin muodon ja varusteiden mallinnusvastaista.

RATASUUNNITTELUVAIHE		On mallissa	Suunnitt. tarve	Lisätään malliin	Ei mallinnetta	Kuka mallintaa nyt?	Kenen pitäisi mallintaa?	HUOM! KOMMENTIT
1	Ratalinja, raiteen pystysuora keskilinja				X			Ei tarvita, KV hoitaa asian
2	KV (Radan korkeusviiva) koko radalle	X				RS	RS	Nyt mallinnettu korkeusviivan ja raiteen pystysuoran keski-linjan leikkauspiste (KV+Ratalinja)
3	Kilometripaalu / Sisempi raide		X	10 m		RS	RS	km-paaluluettelon mukaan 10 metrin välein. Ratasuunnittelija lisää malliin 10m välein 3D-objektit
4	Vastaava paalu / Ulompi raide				X			Ei esitetä mallissa.
5	Vapaan tilan pinta VTP	X				1RS 2AR	1RS 2AR	Kiinteät rakenteet eivät saa tulla VTP:lle
6	Teoreettinen louhintapinta TLP	X				KR	KR	Kalliosuunnittelijan mukaan
7a	Ratalinjan "poterot" Ratatunnelissa			X	X	1RS, 2KR	1RS, 2KR	Ratatunnelien osalta ratasuunnittelija esittää mallissa TATE:n määrittelemät tilavaraukset. KR määrittää tämän perusteella teoreettisen louhintapinnan.
7b	Luolan "poterot" Asemalla			X	X	1ARK, 2KR	1ARK, 2KR	Asemien osalta arkkitehti esittää TATE:n määrittelemät tilavaraukset. KR määrittää tämän perusteella teoreettisen louhintapinnan.
8	Liikkuvan kaluston ulottuma (LKU)		(X)	X			RS	Ei mallinnetta toistaiseksi
9	ATU koko radan matkalla		(X)	X			RS	Ei mallinnetta toistaiseksi
10	Eritys, yms. tunneleiden rakenteelliset eristysrakenteet		(X)	X			RAK	Tilavaraus RS mallissa. RAK mallintaa eristeet seuraavassa suunnitteluvaiheessa.
11	Lujitusrakenteen tilavaraus				X			Ei mallinnetta omana objektinaan, tilavaraus otetaan huomioon suunnittelussa
12	Poistumistiet / Kulkupinta (kts. kuva)				X		1RS 2AR	Ei mallinnetta toistaiseksi. ARK tekee ehdotuksen kulkuteiden koroista yhd. tunnelin kohdalla.
13	Laiturin reuna laatikko, sijainti ja korko (myös kaareva reuna) (XYZ)	X				1RS 2AR	1RS 2AR	RS: Laiturin yläpinta ja -reuna, korko ja sijainti AR: Laiturin rakenne, myös alapuoli
14	Välitilan tilavaraus				X	RS	RS	Ratasuunnittelija ottaa huomioon mallissa. Ei esitetä omana objektinaan
15	Kaapelihyllyt, -kanavat ja arkut (Sähkö)	X				SAH	SAH	SAH tekee kaapelihyllyt ja tilavaraukset ratasuunnitelmavaiheessa ja RAK arkut ja kanaalit rakentamissuunnitteluvaiheessa.
16	Ratalaatikko	X				RS	RS	RS mallintanut ratalaation. Ratalaation korkeus - yleisesti KV -1400mm -sillat ja siirtamaiset rakenteet -800mm -muut suunnittelijat huomioivat kork.erikseen
17	Betonitunnelit	X				1RS, 2ARK, 3RAK		RS on esittänyt tunnelit laatikkoina. ARK määrittelee mitoitusperusteet, 1.RAK mallintaa-> 2. ARK
18	Kuivatuksen systeemi (putkisto + kaivot)		X	X		LVI	LVI	Kallistus ehdotetaan toiselle vain puolelle.
19	Ponttiseinät ja kaivannot	X				GEO		Tarvitaan
20	Kiskot				X		RS	-
21	Ratapölkky (h vaihtelee)				X			Ei tarvita, ehkä myöhemmin visualisoinneissa .
	Tukikerros ja välikerros	X				RS		RS /Tarkempi esitys poikkileikkauksessa voisi olla.
TYÖNAIKAISET LISÄYKSET								
	Todellinen louhintapinta (laserkeilaus)					Tarpeen koko radalle	Louhinnan jälkeen	Laserkeilaus on hyvä ottaa heti louhinnan jälkeen koko radasta ja tuoda malliin.->Kovat
	Todellinen lujituspinta eli tehty valmis ruiskubetonointi (Laserkeilaus)					Tarpeen koko radalle	Lujituksen jälkeen.	Laserkeilaus on hyvä ottaa heti lujituksen jälkeen koko radasta ja tuoda malliin-> Installaatioasennukset oikeaan pintaan.

4.2.4 Mallinnusteknisten ja tiedonsiirron ongelmien ratkaiseminen

Kehitysryhmän perustehtävä oli käyttää joukkovoimaa ongelmien ratkomiseen. BIM-koordinaattoreiden ryhmässä jaettiin keinoja ratkaista ohjelmat väliset tiedonsiirron ongelmat. Keskeistä oli kokemusperäinen tieto ohjelmien ominaisuuksista. Esimerkkejä (kehitysryhmän pöytäkirjoista):

- Mikä ruutu pitää kruksata IFC-exportista, jotta joku asia menee oikein?
- Miksi joku viiva vääristyy kuudennen desimaalin kohdalla?
- Kuinka saadaan kevennettyä lähtötietoja, mutta silti tuotua mahdollisimman paljon tietoa omaan suunnitteluohjelmaan?

4.3 Roolit ja vastuut

Kukin suunnittelija, mallinnsi ja vastasi oman suunnittelualansa tietosisällöstä. Pissararata-hankkeessa erikoisuus oli ratalinjan (rata-, rakenne-, kallio- ja geomallien) ja asema-alueiden suunnitelmien (rakennus-, rakenne-, kallio- ja talotekniikkamallien) yhdistäminen. Avorataosuuksilla on lisäksi katu-, ympäristö- ja geosuunnittelua. Tästä yhdistämisestä vastasi ylläpitopalvelun toimittaja. Mallit verifioitiin tässä vaiheessa ICT-ohjeen mukaisesti.

Tunnelisuunnittelun yhteydessä ratasuunnittelija koordinoi sähkörata- ja turvalaitesuunnittelun. Ratasuunnittelija toimii myös perinteisesti rataosuuden "pääsuunnittelijana" vastaten eri tekniikkajen yhteensopivuudesta periaatetasolla. Tunnelin mallinnuksen mukana ratasuunnittelijalle tuli myös eri tekniikkajen tilavarausten mallintaminen.

4.3.1 Vastuu yhteensovituksesta

Kaikkiin Pissararadan suunnittelusopimuksiin on sisällytetty toimeksiannosta vastaavalle suunnittelijalle (toimeksiannon päällikölle) suunnitelmien yhteensovitusvelvoite toimeksiantojen välisillä alueellisilla rajapinnoilla sekä suunnittelualoittain kunkin toimeksiannon suunnittelualueella. (Pisara, 2014b).

4.3.2 Vastuu tiedon siirtymisestä ja infopyynnöt

Yhteisessä suunnitteluprojektissa "kaikki tarvitsevat kaikkien tietoa". Tätä tarvetta palvelivat ylläpitopalvelu ja yhdistelmämalli. Tällä tavalla tilaaja huolehti omasta vastuustaan antaa lähtötiedot ja suunnittelun aikana syntynyt tieto kaikkien käyttöön.

BIM-koordinaattorit sopivat tietojen siirrosta kahdenvälisesti. Infopyyntöjen dokumentointi palvelisi tutkimusta/kehitystä mutta koska pyyntöjä on paljon, niiden dokumentointia ei pidetty mielekkäänä.

Infopyynnöt syntyvät selkeästä tiedontarpeesta. Tiedon määritys syntyy, kun on ensin yritetty tuoda omaan suunnittelusovellukseen tietoa. Vastuu infopyyntöjen osalta on suunnittelijalla, jolla on lähtökohtaisesti vastuu hankkia tarvitsemansa lähtötiedot työn tekemiseksi.

Tietomallintamisen pääkoordinaattorin ohje "Pyritään täyttämään kaverin tiedon tarve kaikkein fiksuimmalla tavalla" kuvaa luottamusta, joka on edellytys yhteistoiminnallisessa tietomalliprosessissa. Ohjaustapa voi kuitenkin jättää katveita, mikäli suunnittelualan koordinaattori on estynyt osallistumasta esim. kehitysryhmän palaveriin. Kehitysryhmä oli vain yksi foorumi tietopyyntöjen esittämiseen. Suurin osa tietopyynnöistä kulki suoraan suunnittelijoiden välillä.

4.4 Mallien hyödyntäminen

Toteutunut merkittävä mallintamisen käyttötarkoitus oli yhteydenpito ja tiedonvaihto kaavoitusprosessin kanssa. Tätä käsitellään tarkemmin luvussa 4.4.1.

Suunnittelun kustannusohjauksessa on hyödynnetty ARK ja RAK malleista tuotettuja määriä. Nämä muodostavat pienen osan kustannusohjaukseen käytettävästä tiedosta ja itse kustannuksista. Myös talotekniikan malleista/ohjelmistoista on ollut mahdollista tuottaa määrätietoa. Inframalleista ei saatu suoraan määrätietoa. Jatkossa tulisi tutkia, miten eri tekniikka-alojen malleja olisi mahdollista hyödyntää määrien tuottamisessa (laskea pinta-aloja ja tilavuuksia) ja kuka tiedon tuottaja olisi (suunnittelija tai tietomallikoordinaattori "valmiiksi" suunnittelusovelluksesta vai erillinen asiantuntija mallin toimittamisen jälkeen).

Rakentamisen osalta (laatu ja tuottavuus) hyötyjen saavuttaminen jää nähtäväksi myöhemmin. Pissararadan mallinnuksen hyötyjen saavuttamista hankaloittaa suunnittelun ja rakentamisen väliin tuleva tauko. Suunnitelmia joudutaan muuttamaan tai tekemään uudestaan, mikäli ne jäävät teknisesti vanhanaikaisiksi.

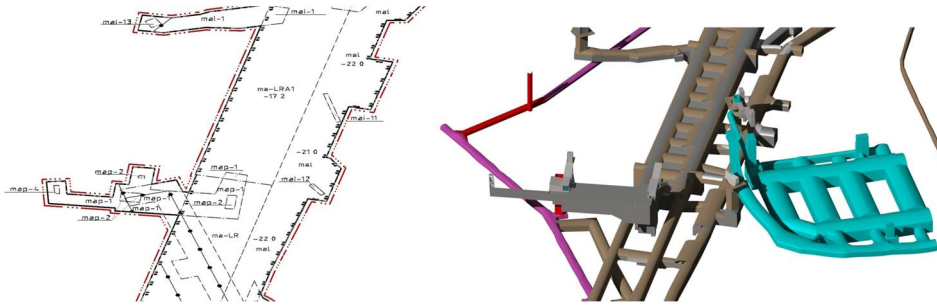
4.4.1 Yhteistyö kaupungin kanssa

Pissararadan toteuttamista varten laadittiin maanalaisen asemakaavan muutos. Yhteydenpito ja tiedonvälitys kaavoitukseen ja kaupungin muille osapuolille osoitautui yhdeksi ratasuunnittelun merkittävimmistä mallien käyttötarkoituksista. Mallipohjainen toteutus auttoi koordinaattoria kommentoimaan suoraan puutteellisia suunnitelmia. Tässä yhteistyössä Helsingin kaupungin Pissara-hankkeen projektipäällikkö oli koordinaattori. Koordinaattorin tehtäviä olivat

- Neuvoa suunnittelijoille tietolähteet (kaupungin tietovarannot)
- Välittää riittävä ja ajantasainen materiaali kaupungin osapuolille
- Varmistaa, että kommentit annetaan takaisin hankkeen osapuolille
- Varmistaa riittävä osallistuminen suunnitteluun.

Pissara oli ensimmäinen hanke, joka mallinnettiin niin varhaisessa vaiheessa, että kaavoitus ja ratasuunnittelu saattoivat edetä vuorovaikutuksessa. Kaupungin projektipäällikkö haki uusimmat mallit ylläpitojärjestelmästä ja laittoi ne saataville kaupunkisuunnitteluvirastossa. Muissa kaupungin virastoissa tai laitoksissa ei juurikaan käytetty tietomalleja. Kaupunkisuunnitteluvirasto seurasi hanketta mallien kautta. Täydentävänä aineistona käytettiin CAD-tiedostoja ja tulostustiedostoja.

Pissara-hankkeen mallit toimivat kaavoituksen havainnollisina lähtötietoina ja kaavan arviointityökaluna mm. sen suhteen, mahtuuko rata sille varattuun tilaan (Kuva 11). Lisäksi niiden avulla arvioitiin toteuttaako suunnitelma määräykset ja minkälaisia vaikutuksia suunnitelmalla eri toimijoille on. Tämän käsittelyn myötä malleista löydettiin jonkin verran virheitä kuten vääriä lähtötietoja ja korkeusasemia. Mallien hyödyntäminen kaupungin toimesta toimi hankkeen sisällöllisenä laadunvarmistuksena.



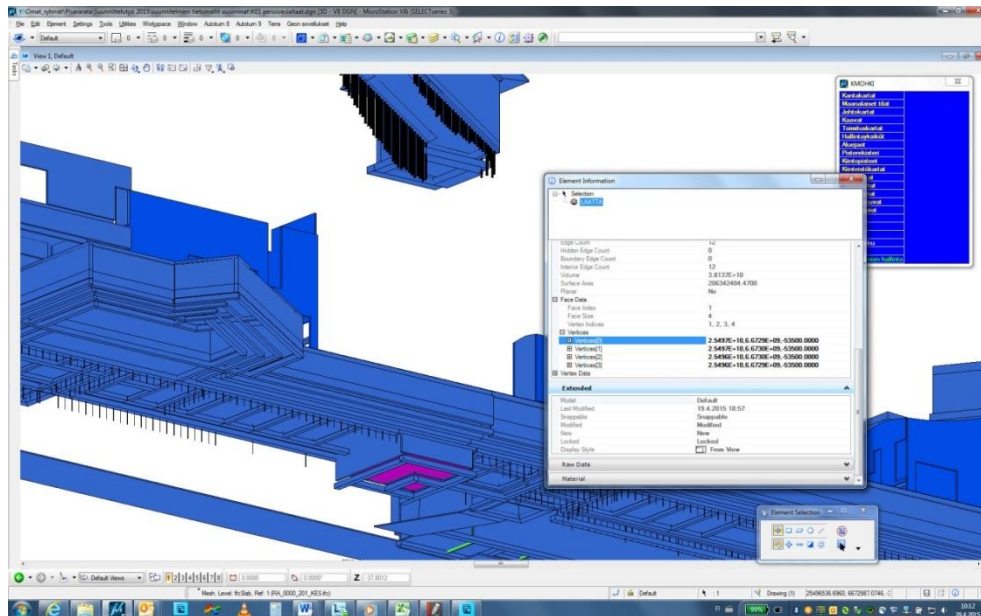
Kuva 11. Vasemmalla kuva asemakaavasta ja oikealla vastaava ratakannan tietomalli.
Kuvat: Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto.

Kaupungin 3D-kehityshanke on tukenut mallipohjaista yhteistyötä ja vauhdittanut kaupunkia toimintatapojen muutoksessa.

Kuva 12 ja Kuva 13 ovat esimerkkejä kaavoitustyön tueksi laadituista malleista. Arkkitehti tarkisti kaavamääräyksiin vaikuttavia tietoja piirustuksista ja halusi, että katsotaan myös alimman kuivatusvesialtaan korkeusasema ja Forumin parkkilaitoksen luiskaan suunnitellun ritilän pinta-ala. Nämä tiedot saatiin mallista suoraan. Tietomallintavaan suunnitteluun käytettyjä tietolähteitä olivat (Tarkkala, 2015):

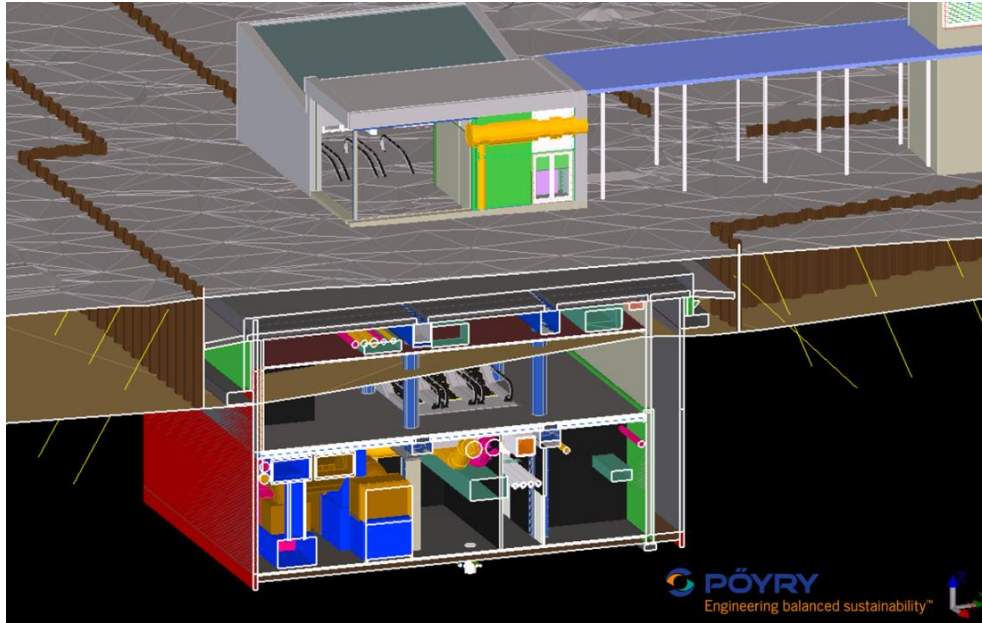
- Kiinteistörekisteri
- Rakennusvalvonnan arkisto
- HKR:n ja HKL:n arkistot
- Muut kaupungin tietoaaineistot
- Väestötieto.

Mallintamisen vaatima mittatarkkuuden parantaminen lähtöaineistoissa hyödytti kaupunkimittausosastoa. Esimerkiksi Pisara-hankkeen ratasuunnittelun aikaisilla rakennusmittauksilla on täydennetty mittaustietoja.

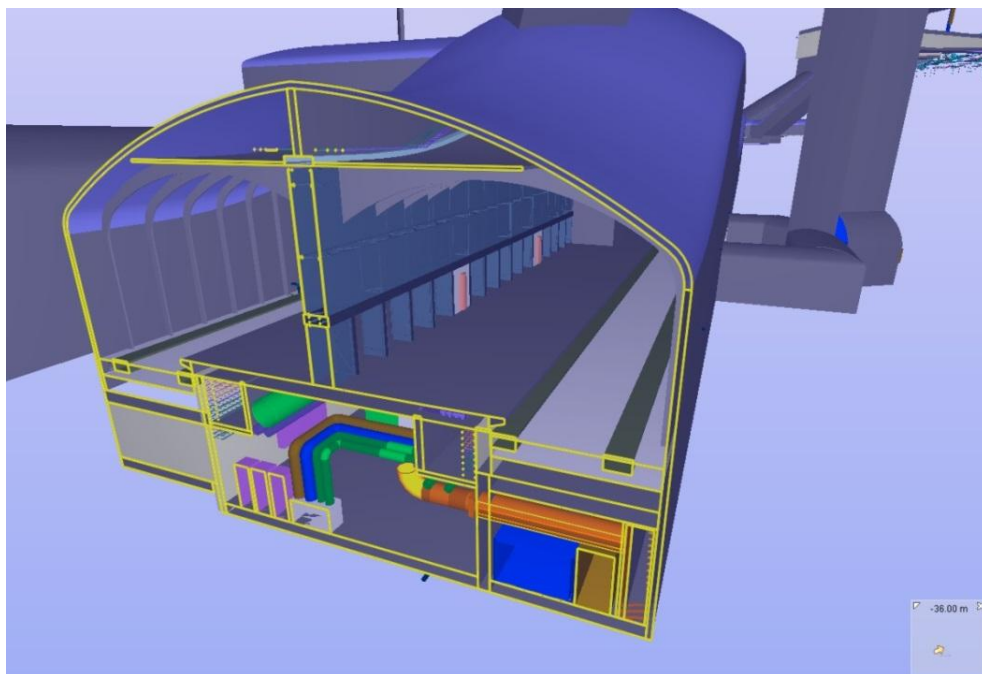


Kuva 12. Alimman kuivatusvesialtaan korkeusasema. Ote yhdistelmämallista.

Kuva 14 esittää otteen Töölön aseman yhteensovitusmallista. Rakennesuunnittelijan natiivimalli (Tekla Structures -ohjelmasta), jossa muiden tekniikka-alojen tietomallit (ifc- tai 3d-dwg-muodossa) ovat referenssitietoina. Lähötietoaaineistosta on tuotu Töölön torin nykyinen pinta. Tietomalli havainnollistaa tilan tarpeita ja täten rakennesuunnittelija ymmärtää paremmin esim. LVI-suunnittelijan tilantarpeet. Kuva 15 esittää, miten yhdistelmämalli tukee suunnittelutyötä. Keskustan asemahallin yleisötiloissa talotekniikan reititykset on pyritty piilottamaan. Malli oli tehokas työväline reititystilojen ja niiden tilantarpeiden kartoittamiseen.



Kuva 14. Yhteensovitettu tietomalli työaineistosta. Mallin tuottajat Arkkitehdit Davidsson Tarkela Oy (ARK), Pöry Finland Oy (RAK), Pöry Finland Oy (KAT), Pöry Finland Oy (GEO), Granlund Oy (LVI) ja Nissinen Niemistö Granlund (S).



Kuva 15. Talotekniikan reitityksien tutkiminen. Kuva: Työyhteisö CJN-Arkkigraf.

4.4.2 Mallien hyödyntäminen suunnittelun yhteistoiminnassa ja tiedonvaihdossa

Keskeneräisten mallien jakaminen oli uusi, opetettava asia infrasuunnittelijoille. Alkuvaiheen tietoa ei jaettu, tai tuotetun materiaalin tarkkuus oli väärä. Malleja yritettiin pitää ajan tasalla, mikä vei aikaa ja tuhlsi resursseja.

Malleja käytettiin (1) oman suunnittelun ”jatkuvana tukena” (ARK, RAK, TATE) ja (2) erillisinä yhdistelmämallina kokonaistilanteen arvioinnissa ja suunnitelmien yhteensovittamisessa (ylläpitojärjestelmän malli, Solibri, Navisworks).

4.4.2.1 Pankitus

Projektitasoinen yhdistelmämalli tuotettiin pankitusprosessin avulla. Siihen sisältyi mallien verifiointi. Alussa kolmen viikon pankitusväli pidennettiin neljään viikkoon, jotta koko suunnitteluketju ennätti päivittää mallinsa. Yleensä ratasuunnittelijan tekemät muutokset johtivat muiden mallien muutoksiin (RS > ARK > RAK > KAT > TATE). Näitä muutoksia kuvataan seurantaindikaattorissa ”lähtötietoriippuvaiset suunnittelumuutokset” (luku 6.5.1).

Mallien verifiointia (luku 4.4.1.1) pidettiin tarpeellisena toimintona. Jäykkä tarkistusprosessi ja yhdistelmämallin tuottaminen olivat kuitenkin hidaste tiivistahtiselle suunnitteluprosessille. Yhdistelmämallin tekeminen ainoastaan verifiointin läpäisseyttä malleista johti siihen, että

- Kaikkien mallit eivät olleet mukana, koska eivät olleet ylläpitojärjestelmässä oikeassa aikataulussa tai eivät läpäisseet tarkastusta
- Kun uusimmat versiot puuttuvat, käytettiin edellistä verifiointin läpäisyyttä versiota mallista, jolloin yhdistelmämallista tuli epäkoherentti.

Verifiointiprosessi varmisti sen, että käytettävissä oleva materiaali täytti sovitut vaatimukset. Vastuuta ei haluta ottaa ”vapaamuotoisesti” annetusta materiaalista ja sen pohjalta tehdyistä johtopäätöksistä tai virheellisistä toimenpiteistä. Sekä varmistetulle että ad hoc -materiaalille on kuitenkin käyttötärpeensa prosessissa.

Yhdistelmämallin hyödyllisyys konkretisoitui talotekniikan mallinnuksen alettua ja kun päästiin sovittamaan yhteen eri suunnittelu/tekniikkalajien malleja.

4.5 Simuloinnit ja analyysit

Hankkeessa tutkittiin simulaatioilla tai laskelmilla seuraavia asioita (Tarkkala, 2015)

- Junan energiantarve
- Näkemä rautatietunnelissa
- Kallioperän jännitys- ja siirtymätila, louhintavaiheet ja lujitteet
- Pohjaveden virtaus
- Käytön aikainen ilmaääni (savunpoiston koekäyttö, raideliikenne)
- Käytön aikainen runkoääni ja eristysten valinta
- Palon leviäminen
- Savunpoisto, näkyvyys
- Savun leviäminen palotilanteessa
- Liikennemalli (linjojen kuormittuminen, asemien käyttäjämäärät)
- Jalankulkijoiden poistuminen hätätilanteessa
- Jalankulkuvirta eri käyttötilanteissa
- Partikkelipitoisuus, ilmanpaine, ilman virtaus
- Lämpötila.

Pisararadan lämpötila- ja painesimuloinneissa pystyttiin hyödyntämään tietomalleja. Muissa simulointiohjelmissa jouduttiin laatimaan omat mallit. Kustannuslaskentaan käytettiin ARK- ja RAK-malleista tuotettuja määriä.

4.6 Vahvistusta mallien hyödyntämiseen

4.6.1 Sidosryhmäyhteistyö

Pisararata-hankkeessa oli mukana kiinteistöryhmä, jonka vastuulla olivat kiinteistöihin liittyvät lupa-asiat. Tämä työ tehtiin hankkeen alussa, jotta voitiin varmistua valitulla ratkaisulla eteneminen. Mallit eivät olleet tässä vaiheessa valmiina. Malleja olisi voitu hyödyntää myös keskusteluissa kaupallisten sidosryhmien kanssa. Kaupalliset toimijat eivät osu yhtenkään suunnittelijan viralliselle tontille.

4.6.2 Muut hankkeet samalla alueella

Mallintamisprosessin aikana ja lähtötiedon käsittelyn yhteydessä päätettiin vaihtaa malleja toisten projektien kesken törmäysten välttämiseksi. Maanalaisessa rakentamisessa tämä oli erityisen tarpeellista. Pisararata-hanke vaihtoi malleja Stadionin korjaustyömaan, Töölönkadun pysäköintilaitoksen sekä Kampin, Makkaratalon ja Hakaniemen metroaseman hankkeiden kesken. Mallien vaihto koettiin molemmin puolin hyödylliseksi. Kaupunkisuunnitteluvirastosta saatiin maankäytön suunnittelun tilavarauksmalleja nykyisistä ja suunnitelluista maanalaisista tiloista ja tunneleista. Toistaiseksi mikään virallinen taho ei kerää malleja. On siis tiedettävä suunnittelussa olevat projektit ja osattava kysyä, mikäli haluaa hyödyntää yhteistyötä.

4.6.3 Vuorovaikutustilaisuudet

Asemakaavan käynnistysvaiheen yleisötilaisuus pidettiin syksyllä 2012. Luonnosvaiheen kolme alueellista yleisötilaisuutta järjestettiin syksyllä 2013. Lisäksi järjestettiin ylimääräisiä esittelytilaisuuksia kesällä 2014 ja talvella 2015. Esittelyaineistona käytettiin perinteisiä piirustuksia ja tietokoneella esitettyä aineistoa. Osallistumis- ja arviointisuunnitelmassa kuvattiin sidosryhmät ja vuorovaikutustilaisuudet asemakaavamuutoksien osalta (Hel, 2012), joissa käsiteltiin maanalaiset asemakaavat ja asemien osalta ulostuloreiitit kaupunkirakenteeseen.

4.7 Mallintamisen seuranta ja hankkeen seuranta

4.7.1 Sisällön seuranta ja ohjaus

Ohjaukseksi lasketaan tilaajan mallinnuslinjaukset ja suunnitteluttajakonsultin tekemät käytännön ohjaustoimet. Tekniikkalajien ohjaajat ohjasivat tekniikkalajikohtaisesti suunnittelua. Ratasuunnitteluvaiheessa 11 tekniikkalajia oli aktiivisena:

- Ratasuunnittelu
- Liikenteen ohjaus ja turvalaitesuunnittelu
- Sähköratasuunnittelu
- Arkkitehtisuunnittelu
- Rakennesuunnittelu
- Kallio- ja geotekninen suunnittelu
- Talotekninen LVI-suunnittelu
- Talotekninen sähkö- ja automaatio-suunnittelu
- Katu- ja puistosuunnittelu
- Johtosiirtosuunnittelu
- Katu-, liikenne- ja ympäristösuunnittelu.

Mallintamisen koordinoinnissa pohdittavaksi tuli mallintamisen ja perinteisen CAD-suunnittelun tai jopa ideaskitsien käyttö suunnittelutyön sisällön kuvauksena suunnittelijoiden välillä ja tekniikkalajien suunnittelunohjaajien kanssa. Kokemuksien mukaan perinteiset menetelmät edistävät parhaiten alkuvaiheen suunnittelua. Suunnitteluohjelmat ovat tehty tarkkaa mallipohjista suunnittelua varten. Kun isot asiat hakevat paikkaansa, mallintaminen on liian jäykkä apuväline iterointiin.

Ylläpitopalveluun otettiin käyttöön mallin kommentointitoiminnallisuus. Sen käyttö ei yleistynyt. Koulutusta käyttöön oli saatavilla mutta opit ennättivät unohtua ennen kuin yhdistelmämallit saatiin tuotettua. Osalla toimijoista (mm. kaupunki) oli vaikeuksia päästä palomuurin läpi kommentointiympäristöön. Haasteena voidaan pitää myös sitä, että kommentointiympäristö vaati oman ohjelman. Koska ihmiset pystyvät sisäistämään osaksi työskentelyään vain rajallisen määrän eri järjestelmiä, pitäisi tämä työkalu saada osaksi päivittäin käytettäviä työkaluja.

4.7.2 Alueiden suunnittelukokoukset

Suunnittelijatahojen vastuuhenkilöt, suunnittelun ohjaajat ja tarvittaessa tietomallintamisen koordinaattori kokoontuivat alueittain käsittelemään suuria asia kokonaisuuksia, kuten sitä, otetaanko läntinen sisäänkäynti ohjelmaan vai ei, käynnistetäänkö neuvottelut tietyn kiinteistön kanssa vai ei jne. Lisäksi kokouksissa sovittiin asiakohtaista menettelyistä. Tarvittaessa asiat ohjattiin kehitysryhmälle tai tilaajan tietomalliryhmälle käsiteltävä. Yhteinen kokous järjestettiin suunnitteluohjaajille kerran kuukaudessa tilaajan projektipäällikön kanssa.

4.7.3 Ratasuunnitelman tarkastus

Suunnittelunohjaajat tarkistivat ratasuunnitelman omalta vastuualueeltaan. Tietomallintamisen koordinaattori esitteli mallin suunnittelunohjaajien kanssa perinteisen piirustusten tarkastamisen lisäksi.

4.7.4 Aikatauluseuranta ja suunnittelun fokus

Pääsuunnittelijat ja vastaavat suunnittelijat suunnittelivat ja aikatauluttivat mallintamisen sekä määrittivät sisältövaatimukset suunnitelmille ja malleille. Käytännössä yhdistelmämallin tuottaminen rytmitti mallintamis- ja suunnittelutyön etenemisen.

Ratasuunnittelun keskeisimmät tehtävät olivat oikeusvaikutteisen asemakaavan ja ratasuunnitelman tuottaminen. Molemmat ovat hallinnollisia dokumentteja. Suunnittelun fokus oli varmistaa toteuttamiskelpoisuus. Detalji-suunnittelu tehdään vasta rakentamissuunnitteluvaiheessa.

Määrälaskentaan valmistautumisen yhteydessä kustannuslaskijat täsmensivät laskentaan tarvittavat litteroinnit ja rakennetyyppikoodit, jotka vietiin malleihin tietolajitarkennuksina.

4.7.5 Riskien seuranta

Pisarat-hankkeessa suunnittelun aikana tehdään aktiivisesti riskienarviointia. Tavoitteena on, että suunnittelijat tunnistavat itsenäisesti suunnitelman (suunnittelutyön, suunnitelmien ja suunnittelun kohteen) vaaroja, ongelmia tai häiriöitä (jäljempänä riskit) osana suunnittelutyötä. (Lähde: Riskienhallintaohje Pisarat-hankkeen suunnittelijoille.)

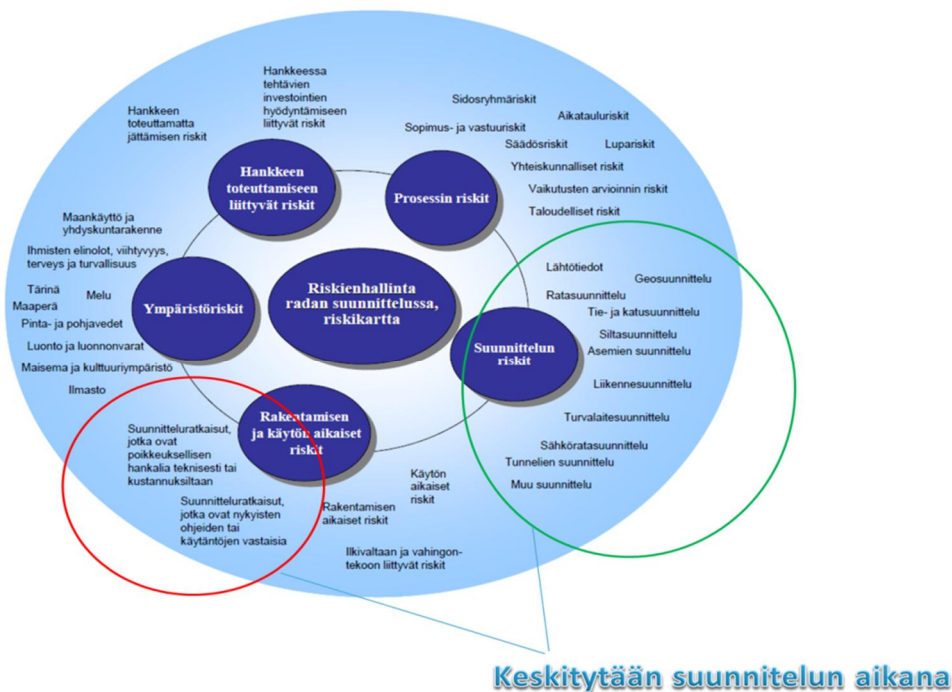
Riskien hallinnan vaatimukset ovat suunnitteluttamisen näkökulmasta onnistuneet kun

- Yllättäviä, merkittäviä riskejä ei esiinny
- Riskit on tunnistettu mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja on pystytty tekemään tarvittavat toimenpiteet
- Viranomaisvaatimukset on huomioitu

Koko projektin riskienhallintasuunnitelma tehtiin ratasuunnitteluvaiheen alussa (Kuva 16). Ideointivaiheessa pääsuunnittelijoita pyydettiin pitämään riskipäiväkirjaa. Seuranta toteutettiin ratasuunnitteluvaiheessa jatkuvilla työpajoilla.

Prosessin mallintaminen etukäteen oli yksi käytetty menettely vähentää riskiä. Suunnitteluttamisen toimesta laadittiin kartta lähtötietojen päivittämisestä, kustannuslaskennasta ja suunnitelmien toimittamisesta toiselle osapuolelle.

Tämä kartta osoittautui hyödylliseksi, koska iteraatiokierroksia jouduttiin tekemään hyvin moneen suuntaan ja kysymyksiä oli kierrätettävä useilla suunnittelijoilla.



Kuva 16. Suunnitteluvaiheen riskikartta.

4.7.5.1 Tietomallintamisen riskit

Tietomallintamisen riskit liittyvät uuteen tekniikkaan (

Taulukko 3, Kuva 17). Tätä silmällä pitäen perustettiin kehitysryhmä, jossa toimijoiden havaitsemat riskit käytiin läpi ja ratkottiin. Hankkeessa oli mukana myös riskienhallinnan konsultti.

Taulukko 3. Tietomallintamisen riskit.

Yhteensopivuusongelmat
Mallissa olevan tiedon riittämätön laatu
Laitteistojen kyky käsitellä malleja
Mallin päivittämisen aikataulujen pettäminen
Tietomallinnuksen vastainen asenne
Tietomalliosaamisen vaje
Tietomallinnuksen puutteellinen ohjeistus
Tietoturvan pettäminen
Tietomallinnuksen kustannusten nousu
Mallintamisen organisoinnin epäonnistuminen
Suunnittelun ohjaus epäonnistuminen.

Suunnittelijoiden riskienhallinnan 10 'käskyä'

1. **PEREHDY** - Lue riskienhallinnasta laadittu tehty ohje
2. **TUNNISTA** - Keskity laatimasi suunnitelmaan liittyviin riskeihin – **JÄTÄ** muiden aiheuttamat riskit vähemmälle huomiolla
3. **SELVITÄ** tarkoin mitä/mitkä ovat laatimasi suunnitelman aiheuttamia riskejä. Lähtötiedot ja tietomallit eivät ole riskejä. Suunnitteluun tehtävät muutokset ovat osa normaalia suunnittelutyötä, muutokset eivät ole riskejä!
4. **KIRJAA** suunnitelmaan liittyvät riskit riskipäiväkirjaan. **KUVAA** riski ja sen seuraukset niin tarkkaan, että muutkin ymmärtävät mitä tarkoitat.
SUUNNITTELE mitä riskeille tehdään – **PÄÄTÄ** voiko itse ratkaista ongelman ja poistaa riskin. **KIRJAA** riskipäiväkirjaan ratkaisu ja riskienhallintatoimenpide. Samoin se, milloin riski on hallittu/poistettu.
5. **PÄÄTÄ** viedäänkö riski suunnitteluryhmälle käsiteltäväksi ja toimita aineisto suunnitteluryhmän kokoukseen.
6. **KIRJAA** riskipäiväkirjaan suunnitteluryhmässä tai alueellisessa suunnittelukokouksessa riskin käsittelyssä löytyneet ratkaisut. Kirjaa myös onko riski hallittu/poistettu.
7. **VIE** tehdyt päätökset ja riskienhallintatoimenpiteet käytäntöön. **TARKISTA** niiden vaikutukset suunnitelmiin.
8. **SEURAA** riskejä sekä toimenpiteiden toteuttamista. **VARAUDU** muutoksiin riskien osalta.
9. **TUNNISTA** suunnitelman liittyviä riskejä jatkuvasti koko suunnittelutyön ajan ja kirjaa ne riskipäiväkirjaan.
10. **PIDÄ** ajattelusi avoimena riskien suhteen. **POHDI** aina mitä vaikutuksia suunnittelutyö voi aiheuttaa riskien kannalta.

Kuva 17. Ohjeita suunnittelijoille riskipäiväkirjaa varten.
Lähde: Pisaran laatujärjestelmän liite (LAATU_Liite6_RISKIENHAL.xls).

4.7.5.2 Kustannusriskit

Mallintamisen kustannuksia pyrittiin aluksi seuraamaan tuntikirjauksien perusteella. Mallinnustyön erottaminen suunnittelusta katsottiin turhaksi, joten tilaajat luopuivat erottelusta.

Lähtötietomallin tuottaminen ja ylläpitäminen sekä ylläpitopalvelu olivat perusteltua Pisararata-hankeessa.

Tilaaajan tietomalliryhmästä ei ole koitunut juuri kustannuksia tilaajalle. Tietomallintamisen kehitysryhmässä paikalla oli n. 10 henkeä, 2–3 h/kokous, kerran kuussa.

5. Infra- ja talomallien yhdistäminen

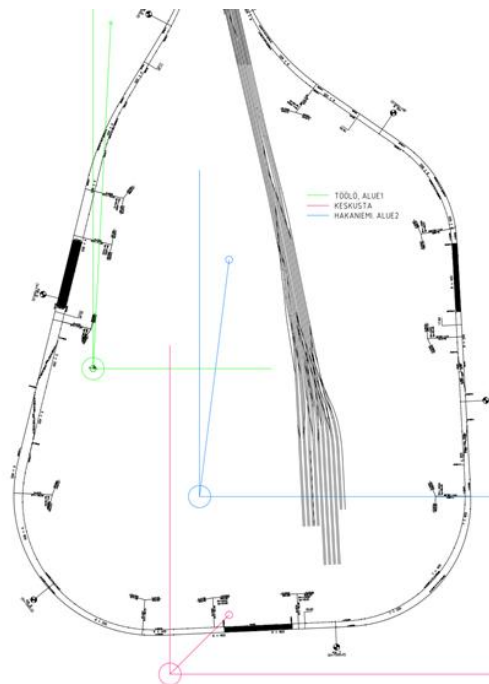
5.1 Koordinaatisto

Infran suunnitteluohjelmistot toimivat maailmankoordinaatistossa ja talopuoli käyttäjän asettamassa paikallis-/projektkoordinaatistossa. Tämä oli haaste mallien yhteensovituksessa. Projektitason vaatimus oli tuottaa kaikki luovutettava aineisto globaalissa ETRS-GK25-koordinaatistossa ja N2000-korkeusjärjestelmässä.

Talopuolella ICT- ja tietomalliohje antaa pääsuunnittelijalle luvan päättää paikallinen koordinaatisto, ja tätä lupaa asemien pääsuunnittelijat myös käyttivät (Kuva 18).

Koordinaatistojen käyttö ohjeistettiin ja lokaalin origon sijainti tiedotettiin sekä sovittiin, missä koordinaatistossa kukin toimii. Kaikki ohjelmistot eivät taipuneet valittuihin koordinaatistoihin. Paikalliset ohjelmistotoimittajat painostettiin ratkaisemaan koordinaatistojen käyttöön liittynyt ongelma.

Koordinaatistovalintaa pohdittiin jälkempäin. Olisiko kannattanut ottaa käyttöön yksi origo kolmen erillisen sijaan? Työtä olisi säästynyt yhdistelmämallien kokoamisessa. Yksi yhteinen koordinaatisto olisi ajautunut melko kauas kauimmaisesta suunnittelualueesta, eikä kaikkien ohjelmien toimivuutta voitu taata.



Kuva 18. Asemien paikalliset koordinaatistot. Oletettiin, että Hakaniemen origo olisi asemille yhteinen. Töölö ja Keskusta olivat kuitenkin ennättäneet aloittaa mallintamisen omilla erillisissä koordinaatistoissa.

5.2 Tiedonsiirto

Strategisella tasolla oli linjattu avointen tiedonsiirtoformaattien käyttö. Koska talopuolella ja infrapuolella eri standardit, tiedon siirtäminen toimijalta toiselle pelkästään avoimissa formateissa osoittautui mahdottomaksi. Kollaboraatiotiedoston siirtoformaattitaulukkoa käytettiin työvälineenä eri tiedonsiirtotapaukseen sopivan/käyttökelpoisen siirtoformaatin löytämiseen ja dokumentoimiseen (Kuva 19, liite C). Ylläpitojärjestelmän yhdistelmämalliin pystyttiin tuomaan sekä IFC- että IM-muotoista aineistoa ja useita muita formaatteja (dwg, dgn, jne.).

FROM ↓	TO	Solibri	Tekla Structures	Cadmatic	MagiCad	Laser-keilaus	Autodesk Revit
Solibri		X	-	-	-	-	-
Tekla Structures	IFC2X3 (3D.DWG)		X	.xml	3D-dwg / 2D-dwg	-	IFC2X3 (3D.dwg)
Cadmatic			.3dd	X			
MagiCad	IFC2X3		IFC2X3		X		IFC2X3
Laser-keilaus			3D.dwg			X	
AutoDesk Revit	IFC2X3		IFC2X3		2D-dwg		X
Microstation			3D.dwg				
AutoCad			3D.dwg		Dwg		
Navisworks	-	-	-	-	-	-	NWC, NWI
Citycad	-	-	3D-dwg	-	-	-	-

Kuva 19. Ote kollaboraatiotiedoston siirtoformaattitaulukosta, jossa esitetään, mistä ohjelmasta voidaan missäkin formaatissa siirtää tietoa toiseen ohjelmaan.

Kaikki ohjelmistot eivät vielä tuota ja/tai lue avoimia formaatteja (IFC, landXML/IM3). Asemien osalta (ARK, RAK, TATE) tieto pystyttiin siirtämään IFC-muodossa. Koska asemien suunnittelijat eivät pystyneet hyödyntämään LandXML/IM3-muotoista aineistoa, infrapuolen tieto siirrettiin talopuolen ohjelmiin 3D-dwg-muodossa. Dwg on erittäin yleinen formaatti, jota useimmat CAD-/mallinnusohjelmistot tukevat. Käytännössä tämä oli myös Pisara-hankkeessa suurin yhteinen nimittäjä formaattien kesken. Infrapuolen tekniikkalajien keskinäisestä tiedonvaihdosta ja yhteensovittamisesta mallien avulla ei ole esimerkkejä.

Ratasuunnitelmavaiheessa 3D-dwg pääosin oli riittävä formaatti tiedon siirtämiseen ja mallien käyttämiseen suunnitelmien yhteensovituksessa. Rakennussuunnitteluvaiheen alettua kävi ilmi, ettei esimerkiksi 3D-dwg-kalliopintamallin mittatarkkuus riitä rakennesuunnittelijalle.

Haastatteluissa tuotiin esiin useita tiedonsiirtoon ja työkaluihin sekä mallinnustekniikkaan liittyviä huomioita. Esimerkiksi rakennesuunnittelijat hyödynsivät alusta lähtien Teklan mahdollisuutta asettaa projektiokohtaiset asetukset. Myös muiden työkalujen käytön niksejä jaettiin tapauskohtaisesti.

5.3 Ylläpitojärjestelmä

Projektille oli hankittu keskitetty tiedonhallintapalvelu Viasys VDC Oy:ltä. Järjestelmään tallennettiin keskitetysti kaikki projektin dokumentit ja mallit. Järjestelmä versioi aineiston automaattisesti, jotta käyttäjillä oli viimeisin revisio käytettävissä. Käyttöoikeuksilla säädeltiin aineistojen tallentamista ja lataamista.

Nimensä mukaisesti ylläpitojärjestelmä tähtäsi tiedon jäsenettyyn tallentamiseen, jotta se olisi löydettävissä ja hyödynnettävissä myös projektin ylläpitovaiheessa. Tieto oli luokiteltu ja haettavissa metatietojen perusteella. Aloittelevan käyttäjän tuli opetella metatietojen käyttö. Logiikan sisäistämisen jälkeen palvelua pidettiin hyvänä ja käytettävänä.

"Jos tietää mitä on etsimässä, sen löytää."

"Aikataulua ei löydä hakusanalla 'aikataulu' vaan 'laatu4'."

"Suunnitteluperusteet löytyvät hakusanalla 'supe'."

Kehitysryhmä pyrki optimoimaan tiedon jaottelu- ja hakutapoja. Tiedostot nimettiin ohjeen mukaan, mutta metatiedot jätettiin täyttämättä. Tämä heikensi hakujen onnistumista loogisilla hakusanoilla.

Kiinteistötiedoissa käytetään yleisesti sekä lyhyttä että pitkää muotoa, esim. Lasipalatsin kiinteistö on 91-4-194-1 tai 091-004-0194-0001-0000. Rakennusvalvonnan tiedoissa on lyhyt muoto, mutta tallettavien tiedostojen nimeämisessä olisi kannattanut käyttää pitkää muotoa. Haku ylläpitojärjestelmästä olisi joissakin tapauksissa tuottanut täsmällisemmät tulokset.

Ylläpitojärjestelmään tallennettiin rakennusvalvonnan arkistosta suunnitelmapiirustuksia ja laskelmia pdf-muodossa (Kuva 20). Joidenkin rakennusten pohjarakenteista, kellareista ja muista tärkeistä osista tehtiin tietomalleja, jotka olivat lähtötietoa. Mallin tuottamistavan vuoksi ne olivat osa suunnitelmamallia.

Vanhon tai yksinkertaisten rakennusten suunnitelmapiirustusten lukumäärä on niin vähäinen, että ne pystytään lukemaan kerralla ja tallettamaan yhdeksi zip-tiedostoksi. Keskustan uusien rakennusten suunnitelmapiirustusten määrä oli liian suuri ja määrää yritettiinkin rajata suunnittelualan (ARK, RAK jne.) ja lupatunnuksen perusteella. Tämä muodosti riskin, sillä tiedot piti hakea ja tallentaa toisin.

Yleisillä alueilla sijaitsevien rakennusten lupatunnukset ja rakennustunnukset olivat sekoittuneet toisiinsa niin, että ne aiheuttivat riskin tietosisällön oikeellisuudesta.

Info: PISARARATA_LÄHTÖTIETOLUETTELO.xlsx [pääryhmä: E_Muu aineisto, alaryhmä: E2_Ohjeet] listaa kaiken lähtöaineiston ja siihen liittyvät lisätiedot mitä järjestelmään on tallennettu.

Haku

Lähtötieto Suunnitelma Tilaajan asiakirja Työaineisto

Suunnitteluala: Lohko: Dokumenttityyppi: Hakusana(t):

Aikaväli(muodossa pp.kk.vvvv): -

Dokumentti	Suunnitteluala	Lohko	Dokumenttityyppi	Toimeksiar	Sisältö	Revisio	Status	Muokattu
<input type="checkbox"/> AR_T1023_2600_KES.dwg	AR	KES	Luonnossuunnitelma		Tasokuva		Tallennettu	23.11.2015 17:12:30 t
<input type="checkbox"/> AR_T1023_2500_KES.dwg	AR	KES	Luonnossuunnitelma		Tasokuva		Tallennettu	23.11.2015 17:12:23 t
<input type="checkbox"/> AR_T1023_2400_KES.dwg	AR	KES	Luonnossuunnitelma		Tasokuva		Tallennettu	23.11.2015 17:12:18 t
<input type="checkbox"/> AR_T1023_2300_KES.dwg	AR	KES	Luonnossuunnitelma		Tasokuva		Tallennettu	23.11.2015 17:12:13 t
<input type="checkbox"/> AR_T1023_2200_KES.dwg	AR	KES	Luonnossuunnitelma		Tasokuva		Tallennettu	23.11.2015 17:12:07 t

Kuva 20. Kuvakaappaus ylläpitojärjestelmän käyttöliittymästä.

5.4 Lähtötietomalli

Lähtötietokonsultin tehtäviin kuuluvat: aineiston hankinta, laaduntarkastus ja toimittaminen ylläpitojärjestelmään. Tarkemmin lähtötietoihin liittyneitä ohjeita on käsitelty liitteessä C (Pissaran parhaat käytännöt). Ylläpito palvelun toimittaja laati lähtötietoaineistosta geometrisen lähtötietomallin.

Pissara-hankkeen lähtötietomallissa (Kuva 21, Kuva 22) esitettiin suunnittelualueen rakennuskanta, maanalaiset tilat ja tunnelit, putket ja johtotiedot, jotka oli tuotu kaupungin ym. toimijoiden rekistereistä. Maaperätietojen osalta lähtötietona oli alussa edellisen suunnitteluvaiheen kalliopintamalli. Tämä tarkentui tutkimus- ja mittaustiedon lisääntyessä suunnittelun edetessä.

Pohjatutkimustiedot menivät kaupungin geotekniselle osastolle, joka teki niistä pintamallin. Pintamallit tuotiin aina lähtötietona myös suunnitelmamalleihin, koska ne päivittyivät koko ajan tutkimustiedon lisääntyessä. Maaperä- ja kalliitutkimustiedot olivat suunnittelijoiden järjestelmässä, mutta eivät tietomalleissa. Tunneliosuuden kallion ja joidenkin maakerrosten pintamallit olivat yhdistelmämallissa.

Lähtötietoaineisto on erittäin alueellisesti ja sisällöllisesti. Prosessin aikana myös laserkeilattua tietoa lisättiin lähtötietomalliin, esimerkiksi rautatieaseman tunnelien osalta. Valtavan tietomassan hyödyntäminen erillisten tiedostojen kokoelmasta olisi ollut erittäin työlästä. Suunnittelijat korostivat geometrisen lähtötietomallin sekä kalliopintamallien tuottamista tärkeänä osan suunnittelun tehokkuutta.

Lähtötiedot päivittyivät sitä mukaa, kun saatiin lisää mittaustietoja ja tarkennuksia. Pissararata-hankkeessa sovellettiin YIV:n lähtötieto-ohjeen mukaista luokitusohjetta (Kuva 23). Lähtötietopalvelu laati kartan päivittyneistä tiedoista.

5.4.1 Hyödyt

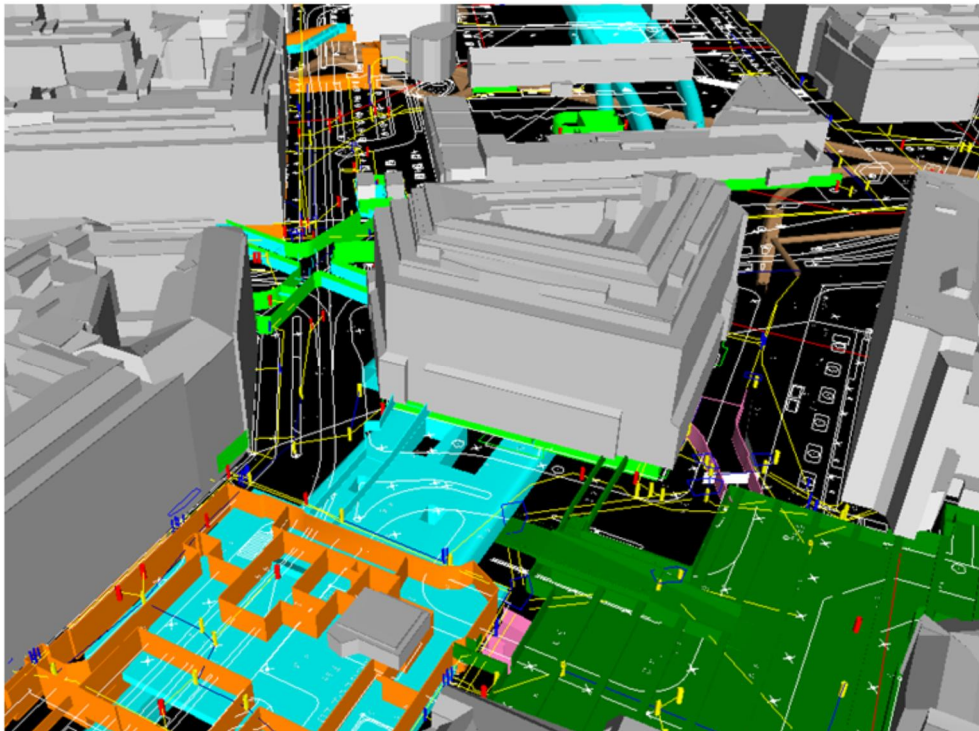
Naviswork-lähtötietomalli nopeutti oleellisen ja oikean datan löytymistä suuresta tietomassasta. Palvelutoimittajalla oli omaan sisäisen laaduntarkkailuun Navis-malli, jossa oli lähtötietomallia oikea-aikaisempaa ja yksityiskohtaisempaa tietoa. Ensimmäisen vuoden aikana myös suunnittelijat käyttivät sitä, koska se oli tuttu, nopea ja kätevä. Lähtötietopaketti päivitettiin Pissararata-hankkeessa neljännesvuosittain, mikäli uutta aineistoa oli saatu.

Suunnittelun alussa lähtötietomalli auttoi ja nopeutti maanalaisen maailman, esimerkiksi tunnelien, risteyskiä. Pidettiin myös hyvänä, että kaikki data oli siirretty samaan koordinaatistoon ja korkeusjärjestelmään. Esimerkiksi keskustan aseman sovittaminen lukuisten olemassa olevien maanalaisen tilojen lomaan vaati arkkitehdin käyttämään Revit-ohjelmaan 3D-tiedon näistä tiloista. Tiedot olivat ehdottaman tarpeellisia, mutta sujuva työskentely vaatii tehokkaan työaseman.

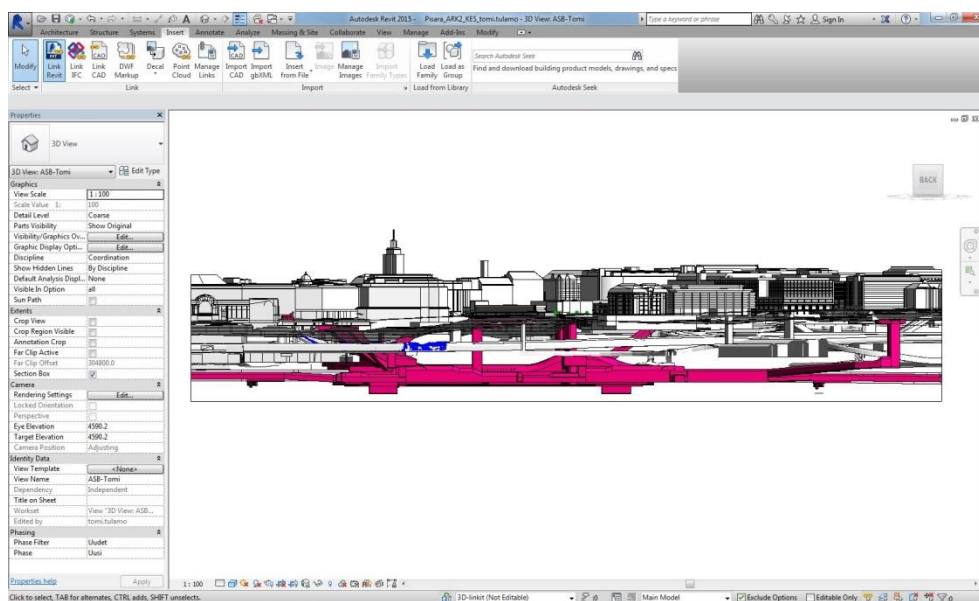
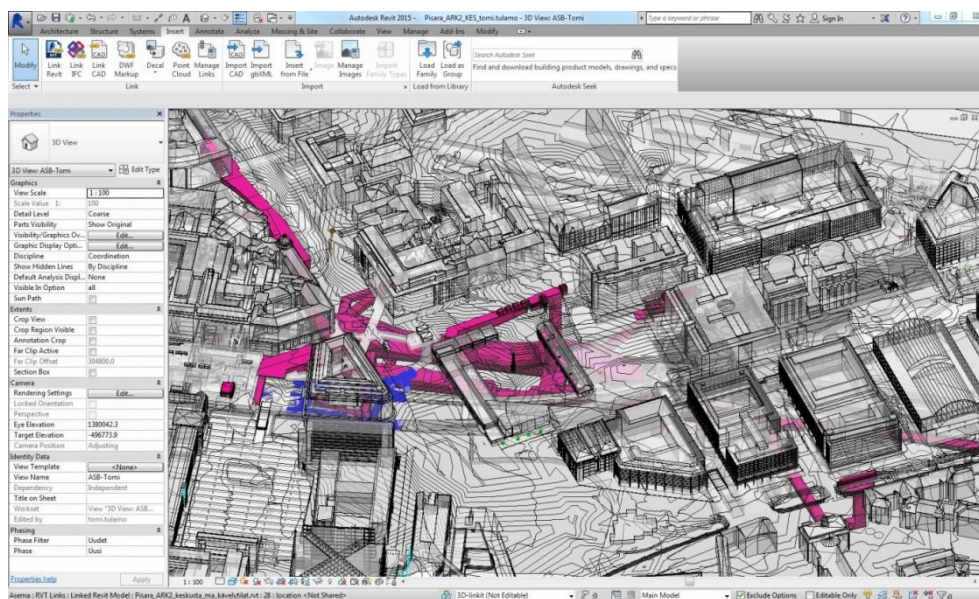
*"Auttoi hahmottamaan lähtöaineiston ihan eri tavalla."
"Lähtötietokonsultti ollut välissä valmistelemassa aineistoa. Ihan välttämätöntä.
Raakadata ei käy suoraan tietomalleihin."*

Lisäksi lähtötietomallista oli hyötyä lähtötiedon viemisessä omaan malliin referenssitiedoksi. Karttatiedon siirtäminen helpottui 3D-rakennusten avulla ja referenssitiedon sijoittaminen rakennusten muodon perusteella. Maaperätutkimusten suunnittelussa hyödynnettiin lähtötietomallia kairauspisteiden valitsemisessa.

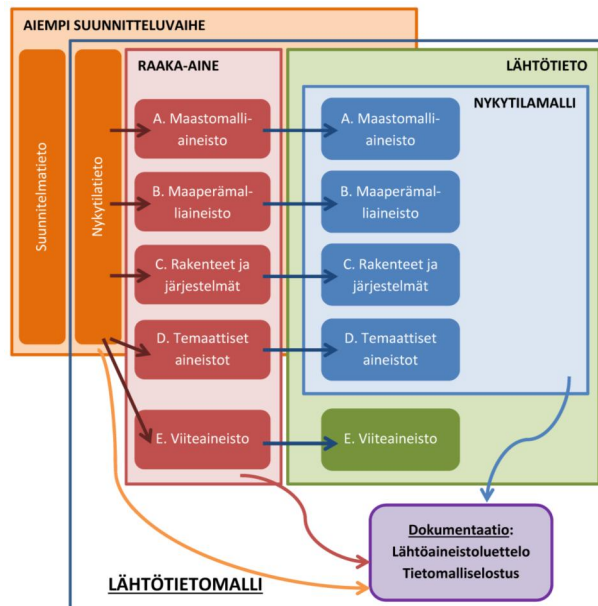
"Määritelty kairauslinja tarkastettiin lähtötietomallista, että ainakaan olemassa olevien tietojen mukaan ei osu putkiin tai ole perustuksia sillä kohdalla."



Kuva 21. Lähtötietomalli Pissararataa (ratalinjausta ja asemia) ympäröivästä kaupungista maanalaisine tiloineen.
Kuva: Ramboll Finland Oy, Pissararata Lähtötiedot, esitys 3.12.2015.



Kuva 22 a ja b. Lähtötietomallin käyttö suunnitelmamallin yhteydessä. Keskustan aseman suunnittelussa haasteena oli uuden aseman sijoittaminen lukuisien olemassa olevien maanalaisten tilojen lomaan. Kuvassa näkyy myös sinisellä korostettuna laserkeilaamalla tarkennettuja kohtia, jotka on täydennetty arkkitehtisuunnittelun lähtötietoihin. Pisanan Keskustan asema on väritetty kuvissa punaisella huomioväriä luettavuuden parantamiseksi. Kuvat: Työyhteisliittymä CJN-Arkkigraf.

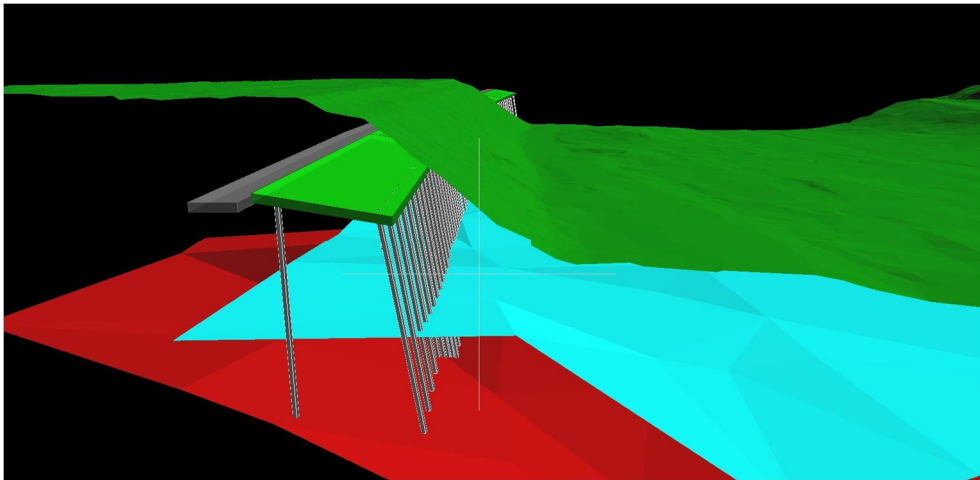


Alakansio	Esimerkit (suunnitteluvaiheesta riippuen)
A_Maastomalli	<ul style="list-style-type: none"> • Maanpintamalli • Pintavesitiedot ja/tai -malli • Tarkentavat maastotiedot (puusto ja muu kasvillisuus) • Yms.
B_Maaperamalli	<ul style="list-style-type: none"> • Pohjatutkimustiedot • Tulkittu kalliopinta ja maalajirajapinnat • Pohjavesitiedot • Maaperäkartat
C_Rakenteet	<ul style="list-style-type: none"> • Olemassa olevien rakenteiden ja järjestelmien tiedot, esim.: <ul style="list-style-type: none"> - Vesihuoltoverkostot, kaivot - Turvallisuusrakenteet ja opastusjärjestelmät - Johto- ja laitetiedot - Sillat - Laiturit - Valaistus - Viitoitus ja opastustaulut - Vesiväylien turvalaitteet - Aita- ja kaiderakenteet - Pohjavedensuojaus yms.
D_Temaattiset	<ul style="list-style-type: none"> • Sisältää sekä fyysisesti olemassa olevia aineistoja (esim. muinais-muistot) että ei-fyysisiä aineistoja (esim. kaavatiedot tai liito-oravien elinalueet aluerajauksena). Aineistoja ovat mm: <ul style="list-style-type: none"> - Kartta-aineistot (pohjakartat yms.) - Ilmakuvat - Kaava-aineistot - Ympäristöaineistot (luonto, uhanalaiset lajit, kulttuuripe-rintö yms.) - Liikenneaineistot <ul style="list-style-type: none"> - Nykyinen liikenneverkko - Erikoiskuljetusreitit yms. - Pilaantuneet maat - Kiinteistörajat ja maanomistajatiedot - Rakennus- ja huoneistorekisteri - Toteuttamiseen liittyvät alueiden käyttöoikeudet (tie-, katu- ja rata-alueen rajat, läjitysalueet, väliaikaiset käyttöoikeudet, laskuoja-alueet, suoja-alueet ja -vyöhykkeet) - Vesiväyläalueet

E_Viiteaineisto	<ul style="list-style-type: none"> • Muut hankkeeseen liittyvät suunnitelmat • Maastokäynnit ja valokuvat
-----------------	---

Kuva 23. Lähtötietomallin rakenne ja kansiot Yleisten inframallivaatimusten (YIV, 2015) mukaan.

Kuva 24 on esimerkki laserkeilausaineistosta saadun lähtötietomallin hyödyntämisestä 3D-maanpintamallin (vihreä) muodossa. Kuvassa näkyy nykyistä ratapengertä ja Alppipuiston maastoa. Arkistoitujen suunnitelmapiirustuksien perusteella mallinnetut olemassa olevat rakenteet: paalulaatta (kirkkaan vihreä), osa paaluhattukentästä (harmaa) ja tarvittavilta osin teräsbetonipaalut. Nämä sijaitsevat pääradan itäisimmän raiteen alla. Savi-/koheesiomaakerroksen alapinta (turkoosi) sekä kallion pinta (punainen) on arvioitu maaperätutkimusten perusteella. Näiden perusteella on suunniteltu Pesararaiteiden pohjarakennerekaisut ja -määrät ratasuunnitelmavaiheessa. Olemassa olevien pohjarakenteiden mallit ovat olleet käytössä myös muiden toimeksiantojen lähtötietoina.



Kuva 24. Lähtötietomallin hyödyntäminen. Kuva: Sito Oy.

5.4.2 Haasteet

Aluksi mallin muotoon viety tieto aiheutti projektin osapuolissa hämmennystä. Oli epäselvää, mitä kaikkea pakettissa oli, mistä data oli peräisin ja missä muodossa se siirretään omaan ohjelmistoon, jotta se asettuu kohdalleen, pysyy ehyenä ja mahdollistaa jatkotyöskentelyn.

”Kaupungilta tuleva lähtötieto/ muilta suunnittelijoilta tullut lähtötieto. Syvällisemmin olisi pitänyt kertoa mitä sisältää.”

Kokonaisen lähtötietomallia katselupaketin tarkastelu on hidasta tai se ei onnistunut ollenkaan. Oli tehtävä hankalia päätöksiä, mitä voisi suodattaa pois menettämättä oleellista. Tiedon siirto omaan ohjelmistoon vaati erilaisia toimenpiteitä, jotta tiedot näkyivät oikein (ARK/Revit).

Johtotietoja oli mallissa nimetty eri korkeusjärjestelmien mukaan, joka viittasi siihen, että tietoa olisi tuotettu eri korkeusjärjestelmissä.

Toinen nimeämiseen liittynyt epäselvyys koski ”tunneleita ja maanalaisia tiloja” ja ”kellareita”. Luokittelu osoitti tilan pääluokkaan. Pääluokasta ei kuitenkaan välttämättä löytynyt sitä, mitä sieltä odotti löytävänsä. Kun oletti löytävänsä tunnelin, se olikin tila, ja toisinpäin.

”Maanalaiset tilat ja tunnelit olivat sekaisin. Nimi ei ollut looginen.”

Lähtötietojen kokoamisessa linjattiin, että aineistot pidetään niissä kokonaisuuksissa, joissa ne on kaupungilta saatu. Näin tehtiin vastuukysymyksen vuoksi.

Lähtötiedosta tuotettiin valmiiksi yksi koko kokonaisuuden sisältävä katselupaketti, joka oli käyttökelpoinen ainoastaan kokonaisu suunnitelman havainnollistamiseen. Käyttöä olisi ollut enemmän alueittain tai muista pienemmistä kokonaisuuksista tehdyillä malleilla.

Teknologia ei ole vielä kypsää tietomassojen joustavaan hyödyntämiseen ja visualisointiin. CityGML:n pitäisi tuoda tulevaisuudessa helpotusta lähtötiedon käsittelyyn.

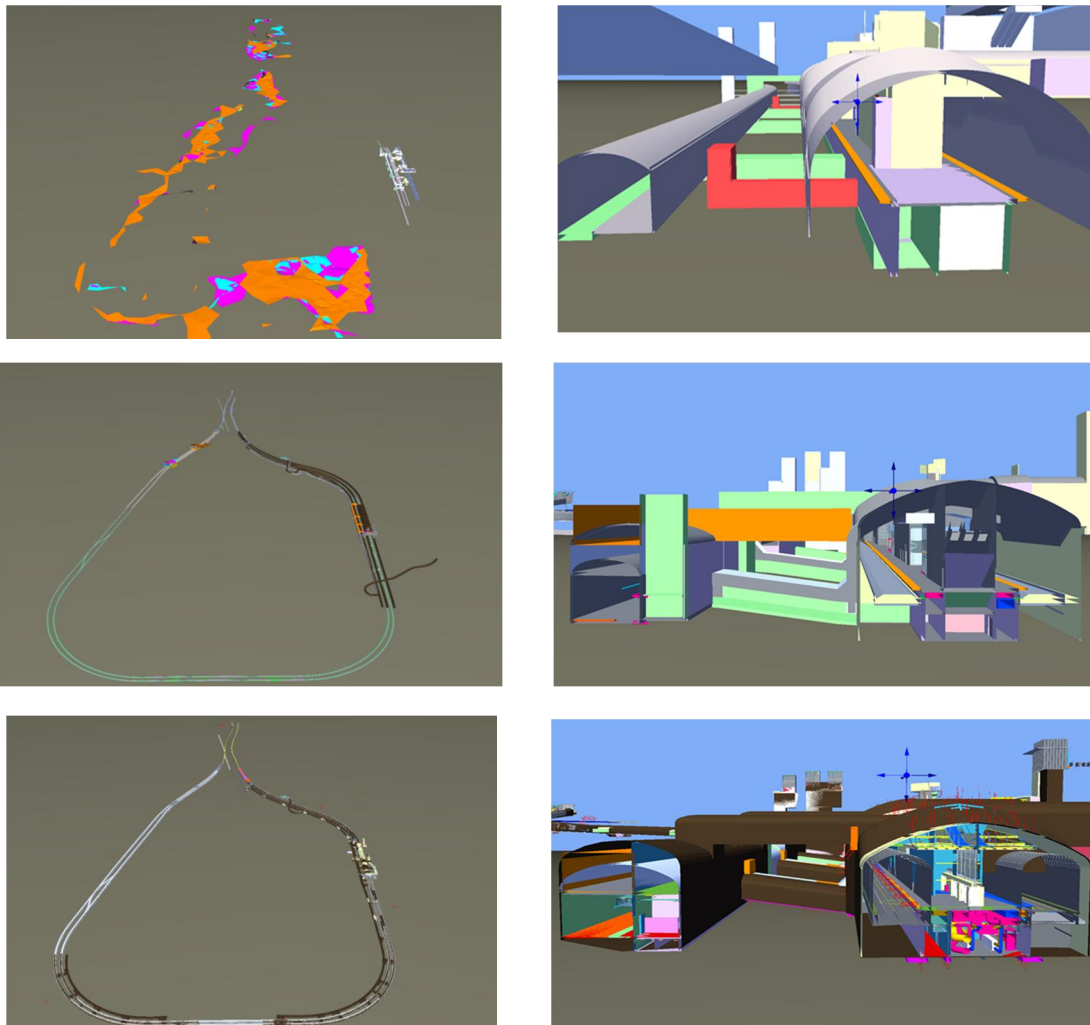
5.5 Koko hankkeen yhdistelmämalli

Hankkeen yhdistelmämallissa esitettiin lähtötietomalli ja kaikki suunnitelmamallit. Mallin tuottaminen sisälsi osamallien julkaisu- ja laadunvarmistusprosessin (luku 4.4.2).

Yhdistelmämallin käyttö jäi vähäiseksi. Asemien tietomallikoordinaattorit tekivät omat yhdistelmämallit Solibri-ympäristöön. Sitä pidettiin teknisesti parempana kuin katselupakettia. Katselupaketti ei myöskään taipunut ad hoc -muutosten testaamiseen.

Kaupunkisuunnitteluvirastossa käytettävä Microstation V8i -versio mahdollisti IFC- ja dwg-suunnitelmamallien käyttämisen CAD-tiedostojen referenssinä, jolloin oman yhdistelmämallin pystyi kokoamaan haluamistaan suunnitelmamalleista. Tietoturvan takia virtuaalimallia, kuten esim. VDC Explorer, voi ajaa vain tietyistä tiedostopalvelimista, johon uusien versioiden tallentaminen oli luvitettu. Puutteellisten teknisten ominaisuuksien lisäksi yhdistelmämallin käyttöä rajoittivat sen vaatima suuri muistitarve ja tiedoston avaamisen pitkä kesto.

YPJ-palvelun yhdistelmämallin pääasialliseksi käyttötavaksi muodostui toimia lähtötietojen ja tulosteiden sisällysluettelona. Siitä löytyivät omaa suunnittelutehtävää koskevat olennaiset tiedot ja mallit ladattavaksi kevyempään osamalliin.



Kuva 25. Yhdistelmämallin kuvat ratasuunnitelmavaiheen alussa ja loppupuolella Hakaniemen asemalta.
Kuvat: Viasys VDC.

Mallit pankitettiin aluksi niin taajaan, etteivät kaikkien suunnittelijoiden mallit olleet päivittyneet ja verifiointiprosessi pudotti osamalleja pois yhdistelmämallista (luku 4.4.1.1). Näin toimien projektitasoinen yhdistelmämalli oli epäkoherentti. Yhdistelmämalliin avattiin kommentointi-ikkuna, mutta sitä ei käytetty suunnittelun ohjauksessa. Tilaajan olisi pitänyt tässä kohtaa testauttaa kommentointia, jotta käyttökelpoisuudesta olisi saatu kokemuksia.

Yhdistelmämallista kehkeytyi ratasuunnitteluvaiheen loppupuolella liian suuri. Rakentamissuunnitteluvaiheen käynnistyessä pohditaan tapoja keventää ja osittaa mallia. CityGML:n käyttöönoton odotetaan keventävän lähtötiedon käsittelyä tulevaisuudessa. Kaiken kattavaa mallia tarvitaan harvassa tehtävässä. Suunnittelualueille kannattaakin tehdä erillinen pienempi yhdistelmämalli.

Haastattelujen mukaan tärkeimpinä hyötyinä ylläpitojärjestelmästä ja -palvelusta pidettiin mallien tarkastusprosessia ja tiedon keskitettyä tallentamista. Suunnittelijoiden näkökulmasta tärkeintä on se, että kaikilta on jatkuvasti ajantasaiset aineistot saatavilla.

6. Tietomallintamisen hyötyjen mittaaminen

Tavoitteeksi asetettiin Pisara-hankkeen tietomallintamisesta hyötyjen tunnistaminen, kuvaaminen ja niiden saavuttamisen arviointi. Lisäksi osapuolten kokemia hyötyjä kirjattiin konkreettisina esimerkkeinä.

6.1 Taustaselvitykset

6.1.1 Taustoitus

Nopea taustoitus kohdentui tieteellisiin julkaisuihin ja muihin selvityksiin. Tavoitteena oli löytää tietomallintamisen hyötyjen (Taulukko 4) arvioinnille menetelmä.

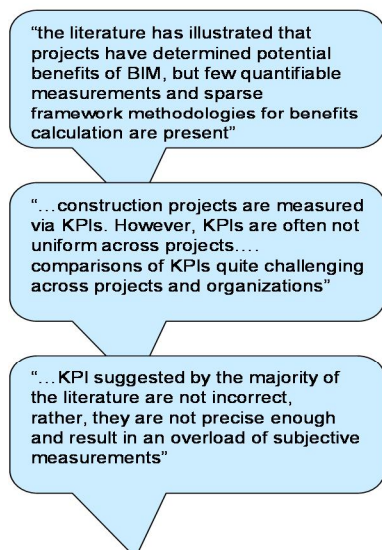
Taulukko 4. Potentiaalisia hyötyjä tietomallintamisesta projektin ohjaukseen (Allison, 2010).

Potential benefit for PMs	Why?
Organize the project schedule and budget	An integrated 5D BIM model immediately updates both the schedule and budget when any design change occurs.
Work well with the design team	By using the integrated 5D BIM model to visualize and explore the impact of changes, s/he can keep project scope in check and become a trustworthy liaison between the designers and owner.
Hiring and controlling the subcontractors	Having a handle on clash detection and coordination plays a key role in keeping sub-contractors' work predictable.
Requests for information (RFIs) and change orders	Utilizing coordination resolution in preconstruction, these numbers can be brought to near zero.
Optimize the owner's experience and satisfaction	Owner received a big injection of confidence in the GC when the PM showed him/her how design decisions impacted cost and schedule
Project closeout	PM to present a 6D BIM – a facilities resource with information on warranties, specifications, maintenance schedules, and other valuable information
Profit margin	By thoroughly understanding the project in 5D, the PM has more tools at his disposal to keep tight reins, and more reports to monitor progress
Progressive Owners are mandating BIM on their projects	Becoming the BIM expert, in both preconstruction and out in the field, makes the PM invaluable and a key player.
PM Firm Growth	Project's success with 5D BIM means the opportunity to grow the firm's reputation and helps the corporate.

6.1.2 Kirjallisuuskatsaus

Aikaisempi tutkimus on tunnistanut potentiaalisia tietomallintamisen hyötyjä sekä suunnitteluvaiheessa että toteutusvaiheessa (Kuva 26). Useasti mainitaan läpimenoajan lyhentyminen ja toimijoiden yhteistyön koordinointi. Kolmantena kategoriana on tunnistettu uudelleen tekemisen vähentyminen, visualisoinnin hyödyntäminen, tehokkuuden parannus ja projektikustannuksiin vaikuttaminen (Barlish, 2012).

Literature Review – Top Mentioned Benefits*



Benefit	Frequency	Unit
Schedule	11	Days
Sequencing coordination	7	N/A
Rework	5	N/A
Visualization	5	N/A
Productivity	5	N/A
Project cost	5	\$ or %
Communication	4	N/A
Design/engineering	4	N/A
Physical conflicts	4	N/A
Labor	3	N/A
RFIs	3	#
Safety	3	N/A
Change orders	2	\$ or %
Maintenance applications	2	N/A
Prefabrication	2	N/A
Quality	2	N/A
Simulation	2	N/A
As-Builts	1	N/A
Pilot cost	1	\$ or %

*Kristen Barlish (2011): How To Measure the Benefits of BIM - A Case Study Approach

Kuva 26. Tunnistettuja tietomallintamisen hyötyjä (Barlish, 2012).

McGraw-Hill Constructionin (2012) tekemä BIM survey listaa erityyppisiä hyötyjä pohjoisamerikkalaisten kiinteistö- ja rakennusalan toimijoiden liiketoimintaan ROI:n kautta (Return of Investment). Projektitason hyötyjä on tunnistettu kymmenen: parantunut työmaan turvallisuus, positiivinen vaikutus kestävän rakentamisen tavoitteeseen, positiivinen vaikutus henkilöstön virkistykseen ja työkiertoon, nopeutunut lupakäsittelyprosessi, lisääntynyt yhteistoiminta, alentuneet projektikustannukset, lyhentyneet iterointikierrokset projektitehtävissä ja toimituksissa/julkaisussa, parempi toimijoiden välinen kommunikaatio, parantuneet tulokset, parantunut tehokkuus. Seuraavassa kuvassa (Kuva 31) on arvioitu näiden hyötyjen kohdentumista arkkitehdeille, insinööreille, urakoitsijoille ja omistajille/tilaajille. McGraw-Hill Construction on tehnyt BIM-aiheisia käyttöönottot ja hyödyntämisen seuranta tutkimuksia vuosittain (SmartMarket Reports and Industry Analytics Reports).

Jo vuonna 2008 suoritetun vastaavan selvityksen vastaajista noin puolet kertoi seuraavansa BIM-projektien hyötyjä ja arvioi ne keskimääräisiksi tai hieman paremmiksi. Tarkemmin seuratut kaksi BIM-pilottiprojektia raportoivat, että ne saavuttivat 300–500 %:n luokkaa olevan hyödyn mallipohjaisessa työskentelyssä (Gudgel, 2009). Tarkennettu selvitys määritteli yleisen BIMin tuoman ROI:n tasolle 11–30 %.

Kun BIMin tuottamiin hyötyihin paneuduttiin projekteissa, oli eri hyötyjen tunnistaminen laajempaa ja merkitys suurempaa kuin intuitiivinen tuntemus mallintamisen tuomista hyödyistä. Negatiiviset kokemukset liittyvät BIM-ohjelmistojen käytettävyyteen.

The Business Value of BIM in North America 2007-2012

Elements That Improve ROI for BIM Users by Player

Source: McGraw-Hill Construction, 2012

	Improved Job-Site Safety	Positive Impact on Sustainability	Positive Impact on Staff Recruitment and Retention	Faster Plan Approval and Permits	Increased Prefabrication	Lower Project Cost	Reduced Cycle Time for Project Activities and Delivery	Better Multi-Party Communication	Improved Project Process Outcomes	Improved Personnel Productivity
Architect	13%	47%	46%	35%	19%	62%	68%	74%	74%	79%
Engineer	13%	20%	28%	28%	22%	41%	50%	65%	59%	59%
Contractor	57%	36%	37%	48%	81%	78%	79%	71%	81%	85%
Owner	33%	67%	17%	50%	50%	83%	50%	100%	100%	50%
TOTAL	33%	37%	37%	40%	48%	65%	68%	71%	74%	77%

More than 75% 51% to 75% 26% to 50% 25% or Less

Kuva 27. Toimijakohtaisesti tunnistettuja hyötyjä McGraw-Hill Constructionin selvitykseen perustuen (McGraw-Hill, 2012)

6.1.3 Potentiaalisia hyötyjä tunnetaan ja tunnustetaan

Projektin onnistumisen kriteereitä on peilattu myös yleisiin projektinjohtamisen teeseihin. Tietomallintamisen voidaan nähdä vaikuttavan positiivisesti kaikkiin PMBOKin johtamis- ja ohjaustyön alueisiin: koordinoinnin parantumiseen, päämäärän selventämiseen, läpimenoajan kontrolliin tai pienentämiseen, kustannusten kontrolliin tai pienentämiseen, laadun kontrolliin tai lisäämiseen, organisoitumisen parantamiseen, kommunikoinnin parantamiseen, negatiivisten riskien vähentämiseen ja hankintojen tukemiseen. (Bryde et al., 2013.)

Yleisiä BIM-työskentelyn tuomia etuja ja potentiaalisia hyötyjä (advantages) on listattu paljon. Suurimpia etuja ovat (1) prosessin sujuvoituminen ja tiedon löytyminen, (2) tarkkuuden lisääntyminen ja näin virheiden vähentyminen sekä (3) yhteistyön tiivistyminen ja näin laadun parantuminen.

Ryhmittelyä BIMin vaikutusalueista on tutkittu laajasti. Vuosien 2003 ja 2013 välillä on tehty 1440 julkaistua tutkimusta. Vuosina 2008–2013 yli 86 artikkelissa on tutkittu liiketoimintaan vaikuttavia asioita ja 165 artikkelissa BIMin vaikutusta projektin hyvään toimivuuteen, kuten asiantuntijoiden tehtäviin ja rooleihin, tuotannon laatuun ja kustannuksiin sekä tehokkuuteen.

6.2 Hyötyjen arviointia Pisararata-hankkeessa

Hyötyjen mittaaminen on hankalaa (Giel & Issa, 2013; Liang et al., 2013; Lu et al., 2014), koska lopullisen aika-rahahyödyn saavuttaminen ei ole suora tai yksiselitteinen seuraus yksittäisistä mallinnustoimenpiteistä. Tietomallinnus mahdollistaa toimintatapoja, joista seuraa erilaisia hyötyjä. Nämäkin ketjut eivät ole yksiselitteisiä, sillä suunnittelutyö on integroitunutta tekniikkalajien ja suunnittelualojen välistä yhteistoimintaa, johon vaikuttaa hyvin moni asia. Usein projektivaiheen aikana mallintamisella saadaan aikaan sen vaiheen parempi lopputulos, jonka hyödyt mitataan seuraavan vaiheen tai vasta käyttövaiheen aikana. Kokonaisuuden laadusta (lopputuotteen ja prosessin laatu) hyötyvät tilaaja ja omistajat.

Määrällisten mittareiden sijaan arvioitiin koettuja hyötyjä ja hyödyllisiä toimintatapoja: Mitä mallinnettiin, miten mallinnettiin, miten toimittiin, mitä siitä seurasi? Mitä hyötyä tästä koettiin olevan? Tavoitteeksi asetettiin systemaattinen luokiteltu kuvaus hyödyistä.

6.3 Hyötymatriisimetodi

Analyysin tueksi kehitettiin ns. hyötymatriisi. Pisanan hyötymatriisin kehittämisessä sovellettiin LEAN-periaatteiden listausta (Taulukko 5) ja BIM-käyttötarkoitusten listausta (

Taulukko 6). Näiden listauksien muodostamassa matriisissa voidaan tunnistaa 56 hyötyä, joita on käsitelty myös tieteellisissä artikkeleissa (Sacks et al., 2010). Näin tunnistettujen hyötyjen listaus löytyy liitteestä E1.

Taulukko 5. LEAN-periaatteet (Sacks et al., 2010).

Principal area	Principle
Flow process	Reduce variability
	Get quality right the first time (reduce product variability)
	Focus on improving upstream flow variability (reduce production variability)
	Reduce cycle times
	Reduce production cycle durations
	Reduce inventory
	Reduce batch sizes (strive for single piece flow)
	Increase flexibility
	Reduce changeover times
	Use multiskilled teams
	Select an appropriate production control approach
	Use pull systems
	Level the production
	Standardize
	Institute continuous improvement
	Use visual management
	Visualize production methods
	Visualize production process
	Design the production system for flow and value
	Simplify
Use parallel processing	
Use only reliable technology	
Ensure the capability of the production system	
Value generation process	Ensure comprehensive requirement capture
	Focus on concept selection
	Ensure requirement flow down
	Verify and validate
Problem solving	Go and see for yourself
	Decide by consensus, consider all options
Developing partners	Cultivate an extended network of partners

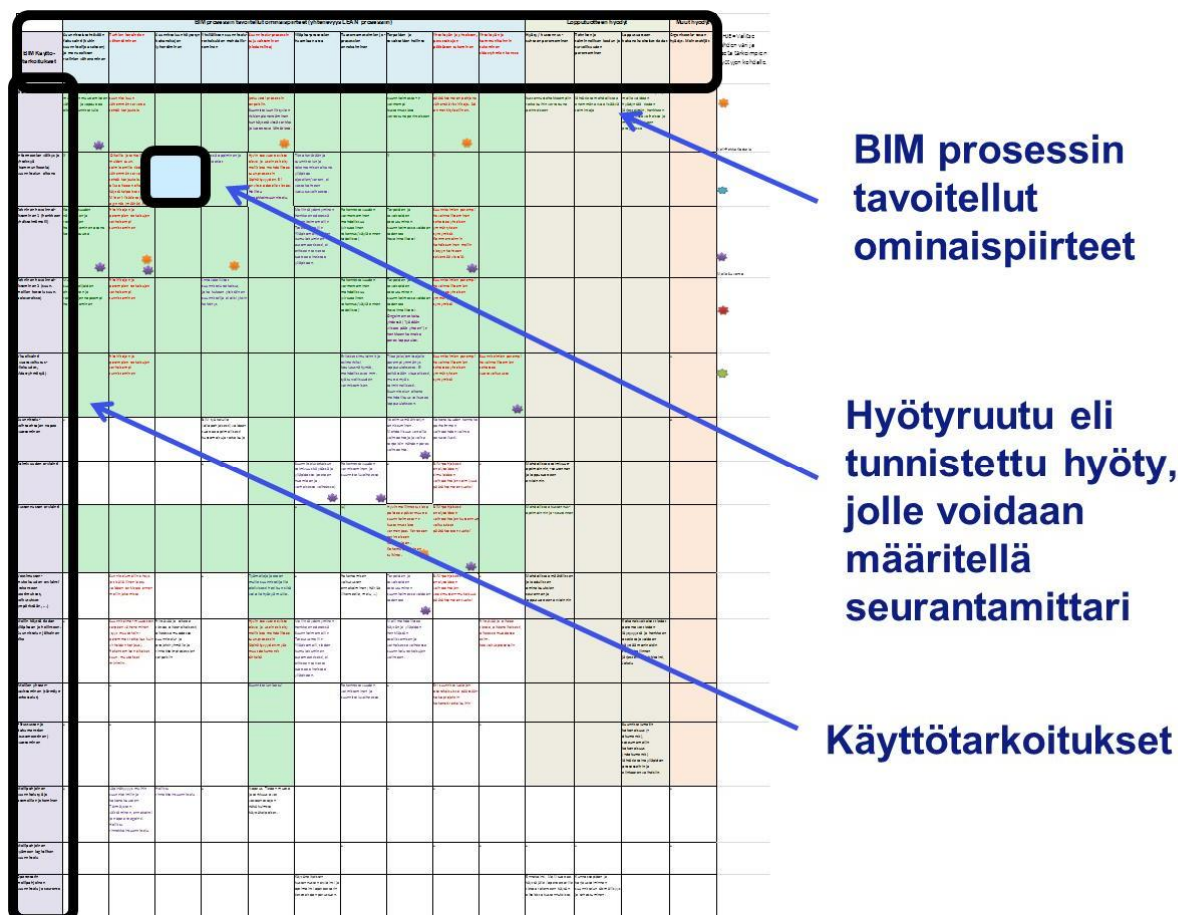
Taulukko 6. BIM-käyttötarkoitukset hankkeen vaiheittain (Sacks et al., 2010).

Stage	Functional area and function
Design	Visualization of form
	Aesthetic and functional evaluation
	Rapid generation of multiple design alternatives
	Reuse of model data for predictive analyses
	Predictive analysis of performance
	Automated cost estimation
	Evaluation of conformance to program/client value
	Maintenance of information and design model integrity
	Single information source
	Automated clash checking
Automated generation of drawings and documents	
Design and fabrication detailing	Collaboration in design and construction
	Multiuser editing of a single discipline model
	Multiuser viewing of merged or separate multidiscipline models
Preconstruction and construction	Rapid generation and evaluation of construction plan alternatives
	Automated generation of construction tasks
	Construction process simulation
	4D visualization of construction schedules
	Online/electronic object-based communication
	Visualizations of process status
	Online communication of product and process information
	Computer-controlled fabrication
	Integration with project partner (supply chain) databases
	Provision of context for status data collection on site/off site

6.3.1 Hyötyjen jaottelu

Pisarat-hankkeen sisältöjen avulla laadittiin hyötymatriisi, jonka avulla yksittäisiä hyötyjä on mahdollista päästä tarkastelemaan (Kuva 28). Hyödyt voidaan jakaa toimivan prosessin tuottamiin hyötyihin, loppu-tuotteen hyötyihin sekä muihin hyötyihin.

Hyötymatriisin sarakkeet ja rivit määriteltiin siten, että prosessin ominaispiirteet ja hyödyt listattiin sarakkeiksi (Taulukko 7, Taulukko 8). Riveiksi tunnistettiin Pisara-hankkeen ratasuunnitteluvaiheen tiedon käytötarkoitukset, joita tunnistettiin yhteensä 15 toimintoa (Taulukko 9.).



Kuva 28. Ote muodostetusta Pisaran hyötymatriisista.

Hyöty ja indikaattori

BIM-prosessin ominaispiirteiden ja BIM-käyttötarkoitusten risteyskohdassa on potentiaalisen hyödyn kuvaus. Kullekin hyödyille voidaan määrittellä indikaattori. Esim. Lähtötietoriippuvaiset suunnittelumuutokset (matriisin solu D4), Määrätietoihin pohjaava kustannusvarmuus (matriisin solu J11), Infopyyntö (matriisin solu G5). Indikaattorille voidaan määrittellä sen mittaus- tai seurantatapa projektin eri vaiheissa (suunnittelu, toteutus, ylläpito).

BIM-tavoiteprosessin ominaispiirteet ovat Lean design -prosessin periaatteita noudattavia (Sacks et al., 2010). Lisäksi ominaispiirteiden määrittelyssä painotettiin a) avoimen tiedon yhteiskäyttöisyyttä, b) tiedon sujuvaa siirtoa/jakelua, c) tiedon metatietoja, d) yhteistyötä ja kommunikaatiota sekä e) mallien ja dokumenttien hallintaa/ ylläpitoa. Sujuvan mallinnusprosessin päämääränä on f) käyttää tietoa aktiivisesti päätöksenteon tukena (mm. visualisoinnin kautta) erilaisilla päätöksenteon tasoilla.

Käyttötarkoitus ja käyttötapaus

Käyttötarkoitukset kertovat, mihin erityisiin tarkasteluihin/päätöksiin mallia tai mallitietoa käytetään. Jokaisen käyttötarkoituksen tarpeet tietosisällölle on kuvattu alan mallinnusohjeissa yleisellä tasolla. Käyttötarkoitukset kuvataan tiedonsiirron prosessikaavioksi, jotta tiedon luonnin, jakelun ja johtamisen roolit ja osatehtävät ovat selkeitä. Myös tietosisältö, siirtoformaatit ja sovellusten versiot tarkennetaan yksittäisten tietotehtävien tai tiedonsiirtojen yhteydessä. Näin tarkennettua käyttötarkoitusta kutsutaan tiedon käyttötapaukseksi.

Edellytykset hyödyn saavuttamiselle

Potentiaalisen hyödyn saavuttamisen edellytyksenä on, että osaaminen on pätevää ja BIM-tekniikat ovat käyttökelpoisia sekä tavoitteet asetettu. Työskentelyprosessin aikana BIM-käyttötarkoitusten tulee olla riittävästi tuettuja prosessin ohjauksen ja tiimin johtamisen avulla.

Taulukko 7. Tietomalliproessin tavoiteltavat ominaispiirteet (BIM Hyötymatriisi, VTT 2015).

BIM-prosessin tavoitellut ominaispiirteet (yhtenevyys LEAN-prosessiin)
Suunnittelutehtävään fokuointi (kukin suunnittelija osaltaan) ja manuaalisten rutiinien väheneminen
Turhien iterointien vähentäminen
Suunnitteluun käytetyn kokonaisajan lyhentäminen
Yksilöllisten suunnitteluratkaisuiden mahdollistaminen
Suunnitteluprosessin sujuvoittaminen (tiedonsiirto)
Ylläpitoprosessien huomioon otto
Tuotantomenetelmien ja -prosessien ennakoiminen
Tarpeiden ja tavoitteiden hallinta
Yhteistyön ja yhteisten, perusteltujen päätösten tukeminen
Yhteistyön ja kommunikoinnin tukeminen sidosryhmien kanssa

Taulukko 8. Lopputuotteelle Pisara-hankkeessa odotetut hyödyt.

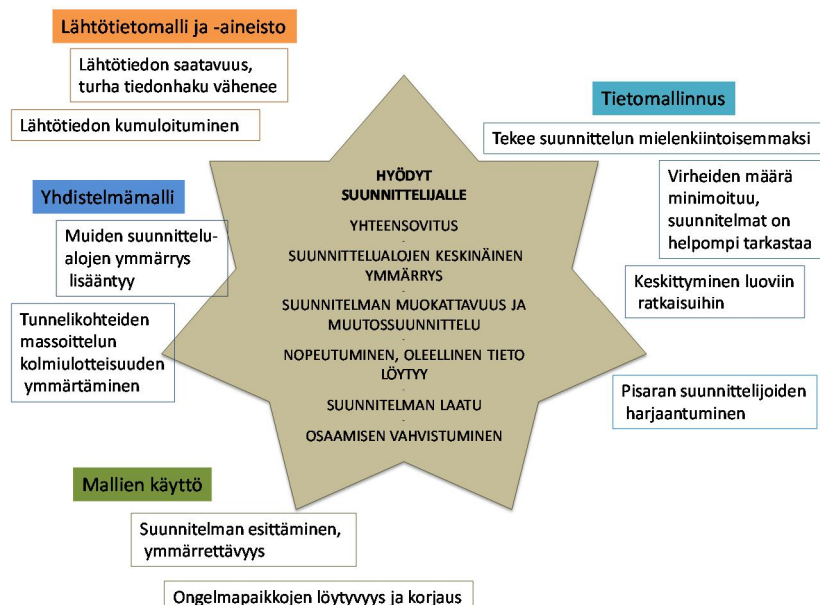
Lopputuotteen hyödyt
Hyöty-kustannussuhteen parantaminen
Teknisen ja toiminnallisen laadun ja turvallisuuden parantaminen
Lopputuotteen kokonaisvaltaiset tiedot
Muut hyödyt
Organisaatiotason hyödyt / hyödyt toimijaorganisaatioille
Mainetekijät

Taulukko 9. Tietomallintamisen käyttötarkoitukset yleistettynä ja sovellettuna Pissararata-hankkeeseen.

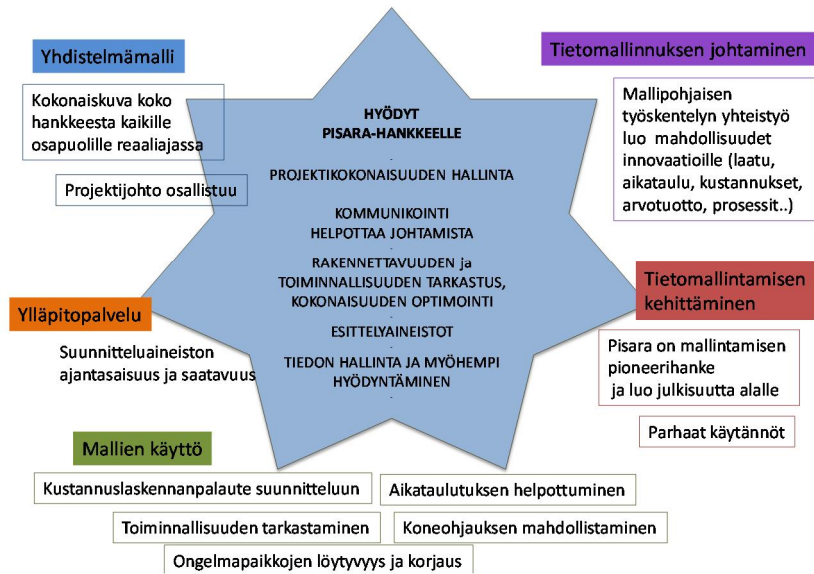
BIM-käyttötarkoitukset
Lähtötietoaineiston jäsentäminen
Informaation välitys ja yhteistyö (kommunikaatio) suunnittelun aikana
Tekninen havainnollistaminen 1 (hankkeen yhdistelmämalli)
Tekninen havainnollistaminen 2 (suunn.mallien katselu suunn.palavereissa)
Visualisointi (vuorovaikutustilaisuuudet, sidosryhmätyö)
Suunnitteluvaihtoehtojen nopea tuottaminen
Toimivuuden arviointi
Kustannusten arviointi
Vaatimustenmukaisuuden arviointi (rakenteen vaatimukset, vaikutukset ympäristöön, ...)
Mallin käyttö tiedon ylläpitoon ja hallintaan. Suunnittelun jälkeinen aika
Mallien yhteensovittaminen (törmäystarkastelut)
Piirustusten ja dokumenttien (automaattinen) tuottaminen
Mallipohjainen suunnittelutyö ja osamallien jakaminen
Mallipohjainen työmaan logistiikan suunnittelu
Operaattorin mallipohjainen suunnittelu ja seuranta

6.4 Kehitysryhmässä tunnistetut hyödyt

Tietomallintamisen kehitysryhmä arvioi ja konkretisoi osapuolten kokemia hyötyjä. Seuraavissa kuvissa on esitetty kooste mainituista hyödyistä suunnittelijoille (Kuva 29), projektille kokonaisuutena (Kuva 30) ja hyödyistä tilaajille (Kuva 31).



Kuva 29. Suunnittelijalle tuottavat hyötyjä lähtötietomalli ja -aineisto, yhdistelmämalli, mallien käyttötarkoitukset. Tietomallinnus mahdollistaa keskittymisen luoviin ratkaisuihin.



Kuva 30. Projektille tulee hyötyjä yhdistelmämallin, ylläpitopalvelun ja mallien käyttötarkoitusten kautta. Tietomallinnuksen johtaminen ja toimintamallien jatkuva kehittäminen korostuvat.



Kuva 31. Tilajalle tuo hyötyjä mallinnusprosessi sinällään, yhdistelmämallin hyödyntäminen ja mallin käyttötarkoitukset. Tietomallintamisen kehittämiseen Pisara-hankkeella on paljon annettavaa.

Mitä hyötyä Pisara-hankkeen mallintaminen tuottaa teille suunnittelijana/ palvelun tuottajana? Mitä hyötyjä saadaan Pisara-projektille?

- Hyöty kommunikoinnissa ja suunnitelmien yhteensovittamisessa. Helpottaa johtamista. Myös johtamisen työkalu, kaikille on hyötyä.
- Aiemmin papereista, nyt mallista. Kun tieto on mallissa, voidaan nousta hieman ylemmälle, luovemmalle tasolle.
- Voidaan keskittyä toiminnallisuuteen, laatuun. Vapauttaa ajattelua lentoon enemmän, kun ei tarvitse huolehtia mihin mikin paperi kuuluikin. Voidaan kommunikoida, tehdä yhteistyötä. Ja voidaan keskittyä suunnitteluajatteluun.
- Myös projektinjohto on mukana luovuudessa, johdon erikoisosaaminen pääsee myös mukaan.
- Suunnittelijat ovat jo aikaisemminkin halunneet esittää ymmärrettävämmin, mutta pelkkä keskusteluyhteys ei ole toiminut.
- Mallintamisen havainnollisuus nopeuttaa ratkaisujen tekemistä ja paljastaa hankalia paikkoja.
- Auttaa ymmärtämään muita suunnittelualoja ja ratkaisuja, joita ennen tulkittiin vain paperitulosteesta.
- Itselle iso hyöty on myös siitä, kun näkee muiden suunnittelualojen mallintamiseen käytettäviä menetelmiä, ohjelmistoja ja rajoituksia. Paljon oppia eri suunnittelualojen mallien yhteensovittamisesta sekä suuren hankkeen mallipohjaisesta tiedonhallinnasta.

Hyötyjä erityisesti projektille:

- Tiedon keskittäminen ja hallinnointi mallien avulla.
- Lähtötiedon kumuloituminen ja saatavuus.
- Turhan tiedonhaun vähentäminen

Mitä hyötyä Pisara-hankkeen mallintaminen tuottaa tilaajille:

- Arvo on prosessin kehittäminen.
- Pisaran jälkeen pitäisi tulla opus ja ohjesarja siitä miten viedään tällainen hanke läpi ja mitä eri suunnittelualoilta vaaditaan. Tulisi tarkasti dokumentoida.

Liikennevirastolle:

- Havainnollisuus; Paremmin nähtävissä jo etukäteen mitä tullaan rakentamaan. Voidaan vaikuttaa helpommin suunnitteluratkaisuihin.
- Määrälaskennan, kustannuslaskennan ja aikatauluhallinnan tekeminen on tarkempaa.
- Helpompi verrata jälkeenpäin mallia ja toteutusta.

Helsingin kaupungille:

- Olisi tärkeää että tulevaisuudessa kaupungilla olisi mallipohjaiseen prosessiin soveltuvaa aineistoa.
- Hyöty kaupungille: näkee oman aineiston kootusti.
- Kaupungilla voisi olla tällainen lähtötietomalli omista aineistoistaan.
- Olemassa olevan suunnitteluaineiston kääntyminen tehokkaampaan muotoon. Esim. vanhoja rakennuksia mallinnetaan Pisaraan liittyviltä osin ja nämä siirtyvät tietomallipohjaiseksi aineistoksi, jota voi jatkossa hyödyntää. (vrt. myös lähtötietomalli)
- Kokonaisuuden hallinta tarkempaa ja havainnollisempaa, esim. yhdistelmämalli.

6.5 Seuranta hyötymittareiden avulla

Mallintamisen hyötyjen saavuttamisen seurantaan laadittiin seurantamittareita todentamaan prosessin tehokkuus tai suunnittelun virheetömyys. Niiden asettamisessa käytettiin hyväksi hyötymatriisia. Seurantaindikaattoreita esitettiin niiden hyötyruudukoiden tai käyttötarkoitusten kohdalle, joiden onnistumiseen oli Pesararata-hankkeessa panostettu.

A. Lähtötietoriippuvaiset suunnittelumuutokset (hyötymatriisiin ruutu D4). Ketjuuntuneet suunnittelumuutokset tuhoavat tehokkuutta huomattavasti.

Mittarit:	Lukumäärä, Iterointien määrä
Mittaustapa:	Dokumentointi. Suunnittelijoita pyydetään dokumentoimaan kyseiset muutokset 2 viikon välein (suunnittelukokouksissa). Kuinka usein on tehty suunnittelumuutoksia/korjauksia johtuen siitä, että lähtötiedot eivät ole olleet tarkat tai niitä ei ole ollut lainkaan?
Kategoriat:	a) vähäinen muutos omassa työssä. b) muutostyö, ketjuuntunut muutostarve. c) kriittinen muutos.
Lähtötiedon laji:	a) lähtötietomalli. b) nykytilamalli. c) toisen suunnittelijan tuottama lähtötieto. c) muu.
Lähtötiedon vaje:	a) epätäydellinen tieto. b) tieto ei löydy. c) väärä tieto. d) ei tietoa lainkaan.
Muuta:	Jälkikäteen pohditaan, onko muutosten määrä ja lähtötieto "normi"-tasoa kyseisen kaltaisissa hankkeissa.

B. Määrätietoihin pohjaava kustannusvarmuus (hyötymatriisiin ruutu J11).

Mittarit:	määrien saatavuus ja tarkkuus mallista. X kpl kustannusarvion riveistä saatu malleista /kaikki rivit. X euroa kustannuksista tuli mallista /koko kustannusarvio euroa.
Mittaustapa:	Suunnittelun ohjauksen asiantuntijoiden listaus tarvittavista tiedoista. Seurataan mallien vaatimustenmukaisuutta. Suunnittelun ohjaajat ja pääsuunnittelijat varmentavat määrälaskentaan menevien mallien laadun. Suunnittelun ohjauksen asiantuntijarviot suunnitteluratkaisuista.
Muuta:	Tehdäänkö useita ratkaisuja arvioitavaksi Jälkikäteen pohditaan, löytyikö tarkemmalla tiedoilla ja useampien ratkaisujen tarkastelulla kustannusvarmuutta.

C. Infopyynnöt (hyötymatriisiin ruutu D5). RFI (Request of Information). Ei tiedon turhaa odottelua, turhaa etsimistä

Mittarit:	lisätietopyyntöjen määrä (lm), vasteaika (t)
Mittaustapa:	Dokumentointi. Suunnittelijoita pyydetään dokumentoimaan tietopyyntöjen laatu 2 viikon välein (suunnittelukokouksissa)
Kategoriat:	a) tietopyyntö, joka oleellinen, jotta pystyy jatkamaan. b) tietopyyntö, joka tärkeä, mutta kysyjä voi jatkaa osittain työtä ilman ko. tietoa.
Muuta:	Jälkikäteen pohditaan, saako suunnittelija tietoa nopeammin kuin aikaisemmin on saanut. Onko yhteistyö sujuvampaa. Onko kyseessä varsinainen aineiston julkaisu? Onko kyseessä erillinen pyyntö? Tämän mittari seurattavuutta auttaa, jos RFI:t menevät ylläpitojärjestelmän kautta. Näin olisi helppo seurata myös vasteaikaa ja loki-tiedot saataisiin suoraan RFI:n metatiedoista. Ylläpitojärjestelmä mahdollistaa jo sellaisenaan tiettyjen taustatietojen seuraamisen joita tarvitaan hyötyjen analysointiin. Esimerkiksi: Kuinka hyvin lähtötieto on toimitettu? Kuinka hyvin niitä on haettu?

Valitut hyötymittarit

Hyötymatriisin ruutujen perusteella johdettiin kaksi mittaria:

- Lähtötietoriippuvaiset suunnittelumuutokset (välittömästi)
- Tietopyyntö (mahdollisesti myöhemmin)

Oletusarvoisesti lähtötietoriippuvaisten suunnittelumuutoksien pitäisi suunnittelun edetessä vähentyä, koska projektin reunaehdot selviävät ja suunnitelman sisältö vakioituu.

Oletusarvoisesti infopyyntöjen tulisi suunnittelun edetessä lisääntyä, sillä suunnittelutieto, tiedon siirron tarve suunnittelijoiden välillä ja tiedon tarkkuus lisääntyvät.

Lähtötietoriippuvaisista suunnittelumuutoksista kerättiin esimerkkejä tietomallintamisen kehitysryhmän jäseniltä.

6.5.1 Lähtötietoriippuvaliset suunnittelumuutokset

Lähtötietoriippuvaliset suunnittelumuutokset sijoittuvat hyötymatriisissa ruutuun D4:

Prosessin ominaispiirre:	Turhien iterointien välttäminen.
Käyttötarkoitus:	Lähtötietoaineiston jäsentäminen
Hyöty:	Oikeilla ja tarkoilla lähtötiedoilla on vähemmän tarvetta tehdä korjauksia.

Lähtötiedoksi katsottiin lähtötietomallin (nykytilan mallin) muutokset ja toisen suunnittelijan tuottamassa tiedossa, eli oman suunnittelutehtävän lähtötiedoissa, tapahtuvat muutokset. Lähtötietoina käsiteltiin myös projektiin kohdistuneet kaupunkisuunnittelutekniset ja viranomaisvaatimusten aiheuttamat muutokset.

Esimerkkejä:

ARK (2.12.2014): Sijainnin muutokset

- Case: Baanan savunpoistokuilun muutokset (KES ARK2). Kuilun linjaus sekä pystykuilun sijainnin tarkistus.
- Vähäinen ketjuuntunut muutostarve. Kriittinen muutos lopputuloksen kannalta.
- Lähtötiedon laji: salaiset tilat /kiinteistöt. Ongelma: tieto ei löydy (salainen tieto).
- Muutoksia malliin on tehty 2–3 kertaa viikossa tämän lähtötietomuutoksen osalta. Arvio: omaa aikaa on kulunut 8 h, muiden aikaa 15 h.

KAT & LVI (2.12.2014): Ratageometria.

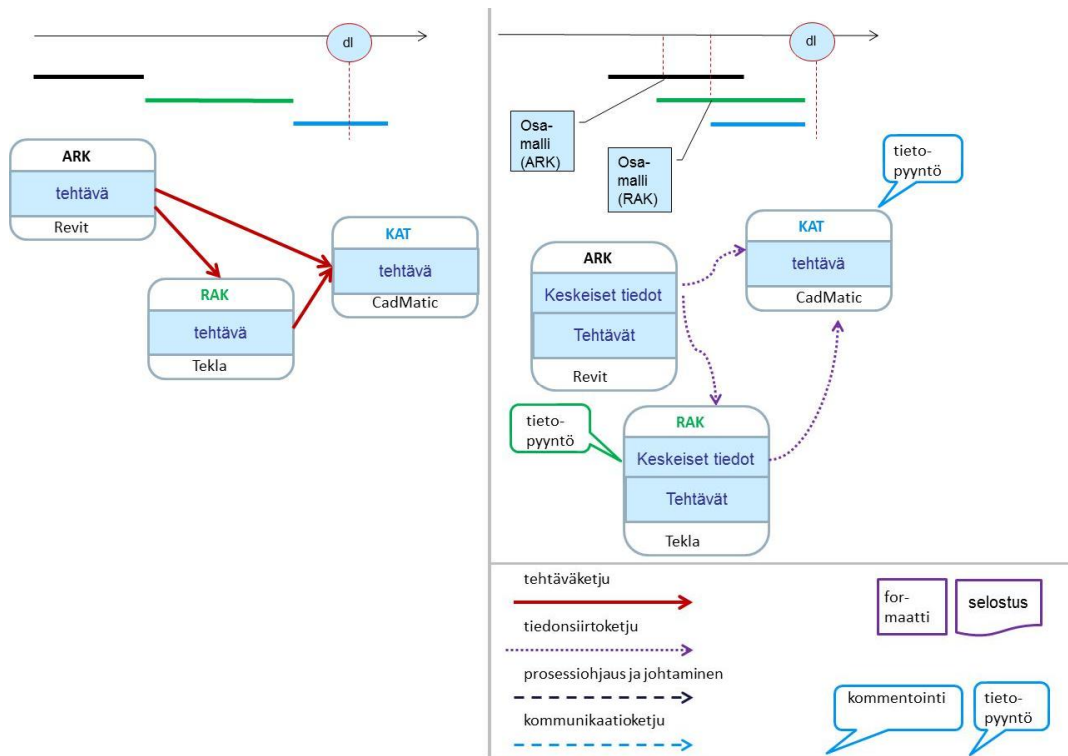
- Case: Ratasuunnittelija tarkastanut ratageometrian (tieto 2.12.) => Tästä tulee syntymään muutostarvetta LVI:lle: esim. kuivatus. Muutostarvetta KATille: teoreettinen louhintapintamalli muuttuu.
- Arvio aikatarpeeseen: KAT: 37,5 h ja LVI: 37,5 h. Koko oma suunnittelu-/mallityö on käytävä läpi ja katsottava mitä mahdollisia muutostarpeita on syntynyt.

LVI (2.12.2014): Yleisiä lähtötietoja, jotka aiheuttavat suunnittelumuutoksia:

- Tilamuutokset, Kaavamuutokset (kuilu), Ratageometria
- Palotekniset suunnitelmat (Sp + KI). Tämä synnyttää muutosketjun: ARK > RAK > KAT
- Tekniset järjestelmät (mm. maalämpö)

KAT (2.12.2014): TOO kuilujen muutokset (TOO)

- RAK- ja ARK-mallit muuttuvat ja tieto tästä tulee KAT-mallintajalle viiveellä. CASE: Ei ehditty päivittämään yhdistelmämalliin, esim. TOO-kuilut.
- Kriittinen muutos useamman suunnittelijan kannalta,
- Toisen suunnittelijan tuottama lähtötieto
- Suunnitelmien muutoksia/korjauksia KAT-suunnittelija on tehnyt malliin yleisesti ottaen 2–3 kertaa viikossa.



Kuva 32. Vasemmalla nykyinen työskentelyrytmi ja oikealla limittynyt työskentely, jossa osamalleja julkais-taan seuraavien suunnittelijoiden lähtötiedoiksi.

Lähtötietoriippuvaisista suunnittelumuutoksista raportoivat eniten KAT- ja RAK-suunnittelijat. Kyselyn pe-rusteella muutoksiin on mennyt aikaa, koska ratasuunnitelma on elänyt melko paljon. Toisaalta rakenne-suunnittelija mielsi tietomallintamisen kuitenkin mielekkääksi jo ratasuunnitelman vaiheessa. Monia asioita tulee tarkasteltua yksityiskohtaisesti ja näin myös huomattua hyviä ratkaisuvaihtoehtoja. Arkkitehdin suun-nittelutoiminta on luonteeltaan iteroivaa tässä vaiheessa, ja muutoksiin suhtaudutaan enemmänkin osana normaalia prosessia. Kyselyn vaiheessa TATE ei vielä mallintanut.

Lisää esimerkkejä on tämän raportin liitteessä F.

6.5.2 Tietopyyntö, RFI

Yhdeksi kiinnostavaksi hyötymittariksi tunnistettiin myös tietopyyntö, hyötymatriisin kohta D5.

Prosessin ominaispiirre:	Turhien iteroitien karsiminen.
Käyttötarkoitus:	Informaation välitys ja yhteistyö (kommunikaatio) suunnittelun aikana.
Hyöty:	Oikeilla ja tarkoilla muiden suun. toimittamilla tiedoilla vähemmän tarvetta tehdä korjauksia. On ollut oikeaan aikaan, käyttökelpoista tietoa. Mittari: li-sätietojen pyynnöt (määrät). RFI.

Kyseinen yhteistyön formaali kommunikaatitapa on hyvin yleinen esimerkiksi Pohjois-Amerikan suunnitte-lu- ja rakentamisprosessin käytännöissä. Tietomallinnuksen prosessiin infopyyntö soveltuu hyvin, sillä sen avulla voidaan tarkasti kuvata tekniikkalajien välisissä tiedonsiirroissa: tietosisällön tarve (tietolajit), siirto-formaatin tarve, tiedon tarkkuustaso, mallin koko, jota sovellukset hyvin ”pyörittävät”, jne.

6.5.3 Määrätietoihin perustuva kustannusvarmuus (potentiaalinen mittari)

Kustannusvarmuus mittari esitettiin potentiaalisena, mutta haasteellisena laatia. Kustannusvarmuus on hyötymatriisin kohta J11.

Prosessin ominaispiirre:	Tarpeiden ja vaatimusten hallinta.
Käyttötarkoitus	Kustannusten arviointi.

Hyöty: Hyvin mallinnettu tieto poistaa epävarmuutta suunnitelmasta => kustannustieto varmempaa. Mallipohjaiset määrät mahdollistavat dynaamisen kustannusarvioinnin.

6.5.4 Ylläpitopalvelun yhdistelmämallin käyttöaste (potentiaalinen mittari)

Mittari kuvaisi hyötymatriisissa yhdistelmämallin käyttötarkoitusta. Tämän mittarin avulla voitaisiin seurata projektitasoisen ylläpitomallin käyttöastetta. Yhdistelmämallin latauksista saa lokitietoa ylläpitopalvelusta. Tietoa saadaan yhdistelmämallin merkityksestä muuttumisesta ja/tai uuden tiedon paikantamisessa. Tarkempaa seurantaan tämän indikaattorin osalta ei kuitenkaan suoritettu.

6.5.5 Suunnittelun yhdistelmämallien käyttöaste (potentiaalinen mittari)

Mittari kuvaisi mallien yhteensovittamista (törmäystarkastelut). Mittarin avulla voitaisiin seurata yhdistelmämallien käyttöastetta. Asemien pääsuunnittelijan BIM-koordinaattori on luonut toimintamenetelmän yhteensovitukseen. Yhdistelmämallin käyttöastetta voidaan seurata yhteensovituskokousten muistioiden avulla. Toimintamenetelmien tarkka vertailuanalyysi on suoritettu diplomityössä (Pellinen, 2015).

6.5.6 Muut huomiot hyödyistä ja näkemyksiä

BIM-koordinaattoreiden haastattelujen yhteydessä hyötyjä ja näkemyksiä sanallistettiin monella tavalla:

"Jos tarve lisätä avoimuutta ja tehokkuutta ja läpimenoaikoja, tietomallintaminen helpoimpia ja parhaimpia tapoja. Vähän trimmataan, niin saadaan hyötyjä poimittua. Työn tuottavuus lisääntyy."

"Tietomallintamisella on selvä suhde riskienhallintastrategiaan. Esimerkiksi kalliopinnan laatu ja korkeusasema iso riski, mutta se tulee mallisuunnitelmissa ilmi paremmin kuin piirustuksissa."

"Jatkuva suunnitelma ja suunnittelijan käytävä se itse läpi. Suunnittelija tietää jo ennakolta, että jos tämä avataan, tulee virhe esiin. Omalla ilmiselvyydellään malli ohjaa oikeaan lopputulokseen."

"Kun kaikki mallintaa, voidaan tutkia suunnittelun aikana voidaanko ratkaista näin..."

"Läpinäkyvyys lisääntyy. Puhutaan sama kieltä."

"Mallintaminen pakottaa suunnittelijan tekemään muutakin kuin periaatekaaviot."

"Mallinnuksessa oivalletaan paremmin että kaikki tekee tiimityötä. Tiimi on muitakin kuin minä. Urakoitsijakin on tiimin osa ja kaveri."

"Kaava on tärkein lopputulos."

"Talo-infra yhteistyö edelleen hakee muotoaan. Ajantasaiset aineistot kaikilta tulee kerätä käyttötarkoituksien mukaisesti."

"Koordinointi tarkoittaa sitä että määritellään kuka tekee mitä ja milloin? Mitä materiaalia pitäisi keneltäkin tulla? Kenellä se on? Kenellä sen pitäisi olla oikein?"

"BIM = projektin tietomallipohjaista hallintaa"

"Kyllähän rakennuksilla on taipumus onnistua."

Näkökulmia suunnittelun ja projektin ohjaajien sekä tilaajien näkökulmasta kerättiin myös haastatteluissa. Koko projektista ratasuunnittelun loppupuolella lausuttiin ja filosofoitiin mm. näin:

"Koko organisaatio on järkyttävän raskas."

"Kaikki heitettiin kylmään veteen. On kuitenkin osattu uida melko oikeaan suuntaan."

"Suuret hankkeet ovat monimutkaisia että vain niissä myös prosessi muuttuu."

"Mikäli valitaan vanha työtap... siinä on tutut ongelmat. Kun valitaan uusi työtap, se tuo mukanaan uudet ongelmat."

"Pisara on kehitysalusta, toimijat on haastettu myös kehittämään."

*"Vuoden 2016 lopussa tavoitteena että bitit on oikein ja tiedot saadaan ulos. Ideaalinahan on että mää-
rät pitäisi saada ulos koska tahansa "nappia painamalla".*

"Prosessin muutosta tavoitellaan."

*"Työtavat muuttuu sillä että annetaan hyvät edellytykset ja esimerkit. Kehitystyön tulee lähteä kunkin
omasta roolista."*

"Kaikille tulee antaa mahdollisuus käyttää tietoa maksimaalisesti."

"Vaikka mallintamisella ei ole suoraa hyötyä itselle, sillä on hyötyä jollekin muulle - ja kokonaisuudelle."

"Ei ole mitään järkeä mallintaa vain mallintamisen vuoksi – tai vain suunnittelun tarpeisiin."

"Suunnittelun työtavoista johtuvat asiat eivät saa olla esteenä mallintamisen hyödyntämiseen."

"Kriittistä on lähtötietojen oikeellisuus, kattavuus ja oikea-aikaisuus."

*"Olisi voinut tulla sellainen ongelma joka ei ratkea tälläkään porukalla. Kaikki on mennyt yllättävän hy-
vin."*

7. Johtopäätökset

Pisaratata-hanke toimi mallipohjaisten yhteiskäytäntöjen kehitysalustana. Se oli valtava mahdollisuus monille toimijoille kehittää ja kehittyä. Osa osapuolista oli sitä mieltä, ettei suunnittelussa olisi päästy tälle tasolle ilman malleja. Paperia olisi tuotettu, mutta ratkaisut olisivat jääneet tekemättä ja olisivat tulleet vastaan myöhemmin.

7.1 Hankinta

Tiukka linjaus mallintamisesta koettiin onnistuneeksi toimintamalliksi niin kaavoituksessa kuin hankkeen suunnittelijaryhmissä. Mallinnuksen kautta saavutettiin tiivis suunnittelun yhteistyö.

Rata- ja rakentamissuunnittelun vaiheiden yhdistäminen yhteiseen suunnitteluhankintaan oli hyvä linjaus.

Suunnittelijoiden hankinnan laatuarviointiin liittyvä tentti mm. YTV-ohjeista ja Pisaratadan tietomallistrategiasta oli erikoinen ja jopa raskas vaatimus. Toisaalta sen tuloksena saatiin selville mallintamisen tekninen osaaminen ja yhteistyöasenne.

Suunnittelusopimusten tuntipohjaiset toimeksiannot (hintakatolla) kannustivat suunnittelijat yhteistyöhön ja käytäntöjen kehittämiseen. Kehitysryhmässä haettiin aidosti mallintamisen prosesseihin hyviä toimintamalleja ja projektin parasta oman edun sijaan tai lisäksi.

7.2 Ohjeistus ja parhaat käytännöt

Mallien tuottaminen oli selkeä vaatimus kaikille malleja/suunnitelmia tuottaville osapuolille. Mallien käytöstä ja hyödyntämisestä esitettiin vaatimus ainoastaan suunnitelmien yhteensovittamisesta mallien avulla. Muiden kuin mallia tuottavien tahojen työskentelyyn ei kiinnitetty huomiota tilaajan tavoitteiden asettamisessa. Tämä johtui siitä, että valmiita toimintatapoja ja ohjeita tähän ei ollut. Näissä rooleissa voitiin jatkaa perinteisiä menettelyjä, jotka eivät tue tai ole yhteensopivia mallinnusprosessin kanssa.

Kun ensimmäistä kertaa mallinnetaan näin laajasti sekä yhdistetään infran ja talonrakennuksen malleja, kaikkia yksityiskohtia ei osata alussa päättää eikä yksityiskohtaisia ohjeistuksia antaa. Monta asiaa Pisaratata-hankkeessa toteutettiin ensimmäistä kertaa Suomessa. ICT- ja tietomalliohje listasi perusasiat mitattavista, koordinaatistosta, tiedostoformaateista ja nimeämisistä. Tietomallinnuksen kehitysryhmä joutui neuvottelemaan useita viikkoja koordinaatiston ja mallien paikantamisesta toisiinsa nähden (liite A).

Keskustelujen kestoaihe ”asiakirjaluettelo ja tiedostojen nimeäminen” ei liittynyt mallintamiseen. Se aiheutti selvittelyjä, koska alkuperäinen ehdotus nimeämiskäytännöksi ei sopinut hankkeeseen. Yhteistoinnille kriittisten yhteystietojen ja toimivien siirtoformaattien kerääminen (ns. kollaboraatiotiedot) käynnistettiin vasta, kun kehitysryhmä oli aloittanut toimintansa.

Pisaratata-hankkeen tietomallistrategiassa on esitetty hyviä periaatteita. Käytännön ohjeistus ja mallinnuskuri olisi voinut kuitenkin olla tiukempaa. Esimerkiksi mallin valmiusasteen olisi pitänyt käydä selville aina tietomalliselostuksesta sekä ylläpitojärjestelmässä olevasta suunnitelman luokittelusta.

*”En pysty sanoon, onko menty ohjeistuksen mukaan.
Palvellut hankintavaihetta ja työn käynnistämistä.
Nyt edetty enemmän yksityiskohtatasolle.”*

Ilman yksityiskohtaista ohjeistusta on vaikea käynnistää mallinnusta ja yhteistyötä. Toisaalta ammattitaitoiset toimijat kykenevät yhteistoimintaan itseohjautuvasti. Näin tapahtui BIM-koordinaattoreiden kehitysryhmässä.

Kehitysryhmän tuottama mallitekkinen ohjeistus auttoi tuottamaan malleja odotettua suuremmalla volyymillä. Suunnitelmat saatiin sovitettua yhteen, malleista saatiin haluttu määrätieto, ja mallit palvelivat myös sidosryhmätyöskentelyssä.

Mallitekkinen ohjeiden ja muun lisämateriaalin tuottamisessa on pidettävä mielessä, että kaikki tarkennukset päivitetään virallisiin ohjeisiin mahdollisimman nopeasti, jotta kaikki suunnitteluun osallistuvat saavat varmasti informaation. Jopa ns. dynaamisen ohjeasiakirjan pitämistä voisi harkita.

7.3 Standardointi ja ohjelmistojen mahdollisuuksien laajentaminen

Hankkeen sujumisen kannalta olisi perusteltua esittää tiukemmat vaatimukset käytettävistä ohjelmista. Julkisessa hankkeessa on kuitenkin vaikea edellyttää tiettyä ohjelmistoa, koska se voi johtaa epätasaarvoiseen kilpailuasetelmaan.

Tarvittavat tiedonsiirto-standardit olisi saatava implementoitua ohjelmistoihin. Kuvassa (Kuva 33) esitetään Pesararata-hankkeessa käytetyt ohjelmistot ja niiden tiedonsiirto-standardit, joita käytettiin.

FROM TO	Solibri	Tekla Structures	Cadmatic	Magi-Cad	Laserkeilaus	Auto desk Revit	Micro station	Auto-Cad	Navis works	Citycad
Solibri	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tekla Structures	IFC2X3 (3D.DWG)	X	.xml	3D-dwg / 2D-dwg	-	IFC2X3 (3D.dwg)	3D.dgn	3D.dwg	IFC2X3	3D-dwg
Cadmatic		.3dd	X							-
MagiCad	IFC2X3	IFC2X3		X		IFC2X3		DWG	IFC2X3, (NWC, NWD)	-
Laserkeilaus		3D.dwg			X				polygoni soitu 3D	xyz, tif, dwg
Auto-Desk Revit	IFC2X3	IFC2X3		2D-dwg		X			IFC2X3	-
Microstation		3D.dwg					X			3D-dwg, xml
AutoCad		3D.dwg		Dwg				x		3D-dwg
Navisworks	-	-	-	-	-	NWC, NWD	-	-	X	-
Citycad	-	3D-dwg	-	-	-	-	3D-dgn	3D-dwg	-	x

Kuva 33. Hyödynnetyt tiedonsiirto-standardit eri ohjelmistojen import- ja export-toiminnoissa.

Huomioita: Tekla Structures -ohjelmistoihin on liitetty global import -toiminto, jonka avulla rakennesuunnittelija pystyy lukemaan globaalissa koordinaatistossa tehdyt mallit sekä ratasuunnittelijalta että kalliosuunnittelijalta. Vastaava import-toiminto on kehitteillä myös MagiCAD-ohjelmistoon, jota talotekniikka- ja sähkösuunnittelijat käyttävät.

Infran pintojen välissä olevat tilavuudet voidaan laskea, muttei ottaa suoraan malleista. Voidaan tutkia, olisiko muiden infran tekniikka-alojen malleja mahdollista hyödyntää määrien tuottamisessa.

7.4 Organisoituminen ja ohjaus

Esteenä mallien hyödyntämiselle ja mallintamisen tehokkaalle ohjaamiselle oli se, että suunnittelun ohjaaminen ja mallintamisen ohjaaminen eriytyivät osittain.

Projektin johdon ja suunnittelun ohjauksen avainhenkilöiden vähäinen läsnäolo tilaajan tietomalliryhmässä heikensi tiedon kulkua hankkeen suunnittelun haasteista ja esti mallintamisen/visualisoinnin hyödyntämisen terävöittämisen. Tietomallintamisen nivouttamisessa kiinteäksi osaksi suunnitteluprosessia tarvitaan ymmärrystä hankkeen kulusta ja ongelmakohdista.

Hankkeessa panostettiin mallien tuottamiseen, koska siihen oli kyvykkäitä toimijoita. Tilaajan ohjaustoi-
mien avuksi ja tekniikkalajien ohjaukseen mallia alettiin ujuttaa vasta rakentamissuunnitteluvaiheen alka-
essa.

7.4.1 Ylläpitopalvelu ja yhdistelmämalli ohjauksen apuna

Yhdistelmämalli antoi hyvän kuvan kokonaisuudesta ja suunnittelun etenemisestä. Se sopsisikin tästä syys-
tä työkaluksi hallinnollisiin kokouksiin. Malleihin tottumattomalle käyttäjälle visuaalinen sisältö ja ulkomuoto
on avattava. ”Tekninen tuki” täytyykin yhdistää kaikkeen projektissa tapahtuvaan sisältöä käsittelevään
toimintaan. Ammattihenkilö voisi olla tarpeen mallin fasilitoijana. Tilaajatahojen tulee pitää huolta, että
niiden oma organisaatio oppii hyödyntämään mallintamisen tuottamia tuloksia.

*”Ylläpitojärjestelmä on ollut oikein hyvä asiantuntijoille –
sujuva ja joustava kun tietää miten toimii.”*

Ylläpitopalvelun rakenne ja hakutoiminnot tulivat tutuiksi palvelun säännöllisille käyttäjille. Kaikki loogiset
hakutermit eivät tuottaneet toivottua tulosta. Asiakirjojen ja suunnitelmien tallentamisessa riittävien ja oi-
keiden hakusanojen syöttö parantaa oleellisesti tiedon löytymistä.

7.5 Infra- ja talosuunnittelun yhteistyö

Tunnelisuunnittelu ja kalliotekniikka olivat monille uutta. Kalliotekniikan ohjelmistot eivät olleet yhtä valmiita
mallinnukseen kuin muiden suunnittelualojen ohjelmistot. Ratasuunnittelu oli uutta talopuolen toimijoille.
Tietomallintamisen ohjaamisen kannalta koko infran toimijaketjun mallintaminen oli uutta ja vierasta ohjaa-
jille, joille kokemusta oli kertynyt talopuolelta. Tästä syystä yhteistoiminnallinen lähestymistapa oli ainoa
mahdollinen kysymysten ja ongelmien ratkaisussa. Yhteistyö toimi pääasiassa hyvin.

Osa toimijoista oli aluksi vastahakoisia tuottamaan materiaalia jatkuvasti. Ratasuunnitelmavaiheen päät-
tyessä mallien tuottamisprosessi eteni tavoitteiden mukaisesti. Mallien tarkentuessa toimijoilla oli paljon
kysymyksiä ja pyyntöjä liittyen tietosisältöjen määrittämiseen.

Ratasuunnittelun tärkein tulos ei ollut itse radan suunnitelma, vaan kaava-alue, jonka sisällä pystytään
jatkosuunnittelussa. Rata suunnitellaan teknisesti vasta myöhemmässä vaiheessa. Muiden suunnittelijoi-
den olisikin pitänyt ratasuunnitelmavaiheessa tutkia ja mallintaa asioita, jotka vaikuttavat radan lopulliseen
sijaintiin. Tätä tarvetta muut mallintajat eivät nähneet. Esimerkiksi asemien suunnittelijat odottivat radan
geometrian lukitsemista oman työnsä lähtötiedoksi.

Projektihallinnan haasteet johtuivat Pissararata-hankkeen monialaisuudesta, laajuudesta ja toisilleen vie-
raiden suunnittelualojen yhteistyöstä. Kommunikointia vaikeutti se, ettei toisten alojen terminologiaa osat-
tu. Esimerkiksi pääpiirustus tarkoittaa ratasuunnittelussa ja arkkitehtisuunnittelussa eri asioita.

Tarpeen mukaan suunnitteluttaja kutsui koolle ”poikkitekniisiin” ryhmiin ratkaisemaan tiettyä, usean eri
suunnittelualueen kysymystä. Esimerkkejä tällaisista ovat radan kuivatusperiaatteiden ratkaiseminen ja rai-
teen runkomelusuunnitteluun liittyvä eriste. Ratasuunnitteluvaiheen tarkkuustasosta johtuen näissä tarkas-
teluissa ei kuitenkaan käytetty mallintamista.

Oletus talo- ja infrapuolen suunnittelijoiden tietomallien keskinäiseen koordinaatioon oli, että asemahal-
lin laiturin koron määrittely riittää. Mallintamisen edetessä huomattiin, että olikin määriteltävä paljon muuta,
kuten huoltotunnelien korot ja ratatunnelin tilamallien osalta rakenne- ja suoja-alueiden mallinnusvastuut.

Huomioitavaa oli että, malleissa "tyhjä tila" kahden suunnittelualan tai tekniikkalajin välillä on mallinnettava. Näistä talo- ja infrapuolen mallien yhteensovitusasioista sovittiin BIM-kehitysryhmässä. Lopulta määrittelyt jaettiin erikseen koskemaan asemahallien aluetta ja erikseen ratatunnelin aluetta.

Haastateltavien keskuudessa tunnistettiin oppimistarvetta niin henkilötasolla, tekniikkalajien välisessä yhteistyössä kuin myös mallipohjaisen suunnittelun ohjauksessa.

"Yhteisiä toimintatapoja joudutaan koko ajan hakemaan."

Suunnitteluryhmällä oli haasteita radan mallin sisällön ymmärtämisessä ja määrittelyssä. Haasteita koordinoitiin toivat mallinnustyön ketjuuntuminen ja eritahtinen mallinnustyön aloitus sekä käytettyjen mallinnusohjelmien logiikka.

7.6 Johtopäätökset hyötyjen seurannasta

Tietomallintamisen hyötyjen saavuttaminen riippuu projektinhallinnasta ja -ohjauksesta sekä yhteistoiminnan onnistumisesta. Pelkästään teknologiaa soveltamalla syntyy sattumanvaraisia hyötyjä tai hyötyjä, jotka perustuvat vain mallitekniiseen tarkempaan työstämiseen.

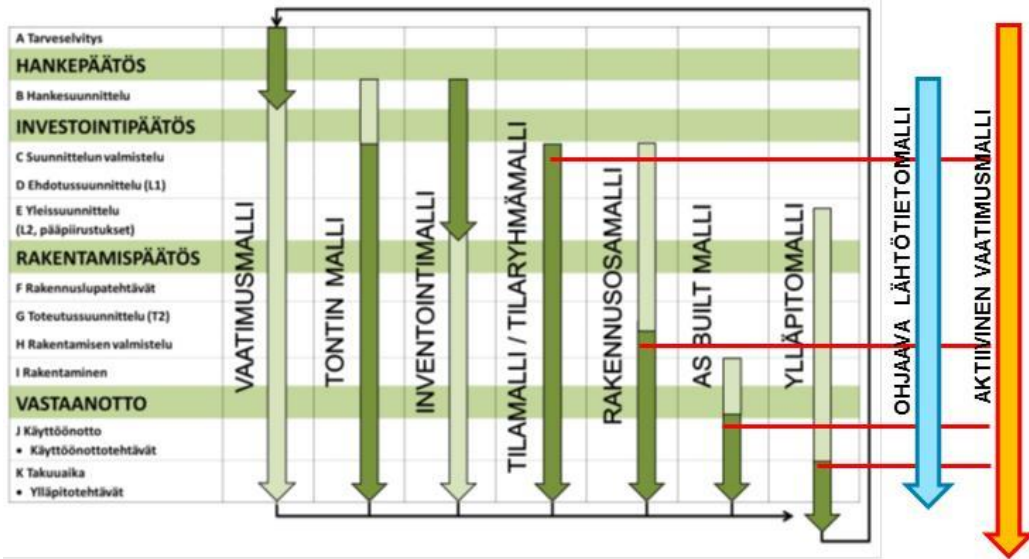
Periaatteellisesti hyötyä seuraavaan hankevaihe hyötty edellisessä vaiheessa tehdystä työstä (Kuva 36). Ylläpitoon kumuloituu sitä enemmän hyötyjä, mitä paremmin hanketta on johdettu elinkaarivaatimusten kautta. Pissararata-hankkeessa ei suunnittelijoille esitetty käytettävyyksivaatimuksia. Teknisiä toimivuusvaatimuksia listattiin suunnittelu- ja tekniikkalajikohtaisesti. Arkkitehtien vaatimusmäärittelyssä kuvattiin kaupunkikuvallisen laadun vaatimus. Rakennettavuuteen, ylläpidettävyyteen tai käytettävyyteen ei ollut asetettu vaatimuksia.

Mallintamisella saatetaan saavuttaa todellisia hyötyjä, kun tavoite on hahmotettu ja määritetty. Mallintaminen on lisäinstrumentti ohjauksen ja johtamisen työkalupakkiin. Toivotun hyödyn saavuttamiseksi BIM-käyttötarkoitukset tulee määrittellä ja kuvata tehtävien sekä niissä tapahtuvan tiedon käytön ja tiedon siirron tasolle.

7.6.1 Prosessin muutos ja hyötyjen saavuttamisen ehdot

Tietomallintaminen ajaa projekteja prosessien muutokseen. Alla listattu keskeisiä havaittuja ja dokumentoituja prosessimuutoksia (Eastman et al., 2008, Ch. 1; Khemlani, 2009):

1. Parantunut sitoutuminen ja kiinnostus rakentamisen tarpeista ja taidoista suunnitteluprosessin seuraavia vaiheita ajatellen.
2. Tarkempien suunnitelmien tuottaminen aikaisemmin kuin prosessissa, joka nojaa traditionaalsiin työkaluihin.
3. Tiimien yhteistyöskentely, myös samassa tilassa työskentely.
4. Sopimustekniset toimenpiteet, joilla jaetaan tuottoa ja vaivaa.
5. Uusien roolien käyttöönotto, kuten BIM-managerit tai mallipalvelujen tuottajat.



Kuva 34. Talonrakennushankkeen tietomallirakenne Yleisten tietomallivaatimusten (YTV, 2012) mukaan, vaatimusmallin seuranta ja arviointipisteet täydennetty (Mäkeläinen, 2016).

Hyötyjen saavuttamiselle mallipohjaisessa tiedonhallinnassa on ehtoja, joista voidaan tunnistaa kolme ryhmää:

1. Käyttötarkoitukset
Käyttötarkoitukset on tunnistettu ja skaalattu projektin haasteisiin ja tavoitteisiin. Käyttötarkoituskohdainen tiedonkulun, käytön ja viestinnän prosessit on määritelty ja aikataulutettu. Myös tarvittavan tiedon käyttö suunnittelutiimissä ja päätöksenteossa on aikataulutettu.
2. Tiedon käyttö
Tehtäviin linkittyvän tiedon käyttö on resursoitu ja suunniteltu/ohjeistettu, mm. tietosisältöjen määritellyt suoritettu, työkalut ja yhteistyöalustat valittu ja osaavat toimijat valittu. Vaativat mallipohjaiset visualisointiesitykset on suunniteltu ja harjoiteltu.
3. Mahdollistaminen
BIM-käyttötapausten onnistuminen on teknisesti ja operatiivisesti mahdollistettava ja työkalujen yhteensopivuus varmistettava. Toimijoita on johdettava ja prosessia on ohjattava.

7.6.2 Matriisi avauksena hyötymittareiden määrittämiseen

Pisararata-hanke mahdollisti hyötymatriisin kehittämisen, sillä hankkeessa oli asetettu vahva kehitysaspekti mallintamisen hyödyntämiseen sekä mallipohjaisen prosessin ja yhteistyöskentelyn terävöittämiseen. Hyötymatriisi on lähestymistapa, joka esittää hyötyjen tunnistamisen holistisesti osana hyvin kehittyntä tietomalliprosessia. Sen tehtävänä on tukea seurantaindikaattoreiden laadintaa erityisesti prosessin kautta saavutettavien hyötyjen osalta, samalla tunnistaa, missä mallintamisen käyttötarkoituksen seuranta tulee suorittaa. Seuranta on luontevaa järjestää operatiivisesti osana suunnittelun ohjausta ja strategisesti osana tilaajan ohjausta.

Kehitetty lähestymistapa on linjassa lean design -periaatteiden kanssa, painottaen hieman voimakkaammin hyötyjen systemaattista projektitasoista tunnistamista ja niiden seuranta. Hyötymatriisin ensimmäisenä vaiheena toteutettiin kuvaus ja alustavia testejä seurantaindikaattorien käytöstä. Seurantaindikaattoreiden avulla saadaan tuntuma hyödyistä ohjauksen käyttöön. Tämä lisää varmuutta siitä, että projektin tavoitteet onnistuvat, mikä johtuu tiedonsiirron prosessin parantuneesta laadunhallinnasta.

Tarkempia mittareita on mahdollista kehittää indikaattoreiden yhteyteen, ja ne kannattaa kytkä käyttötarkoituksiin. Uusien mittareiden kehittämien yleisenä haasteena on määritellä kynnsarvot, mikä on hyvä/normaali/heikko.

On tarvetta kehittää edelleen sekä yleistä hyötymatriisimenettelyä että hyötymittareita. Kehittäminen on luonteeltaan soveltavaa ja sopii hyvin osaksi laajajohkoa mallipohjaista hanketta.

7.6.2.1 Vaatimusten toteutumisasaste

Yhtenä keskeisenä hyötymittarina voidaan nähdä vaatimusten toteutuminen. Tätä voidaan yksinkertaisesti mitata indeksinä eli toteutuneiden vaatimustasojen painotettuna prosenttiosuutena asetetuista vaatimustasoista. Vaatimusten onnistunut toteutuminen monitahoisissa ja hankintaosiin pilkoutuissa rakennushankkeissa on erittäin haastavaa. Tähän vaikuttavat suunnittelu- ja rakentamishankkeiden lähtökohdat. Rakentaminen on (1) monimutkaista (Complicated), sillä siinä on useita osia/vaiheita ja useita osapuolia, (2) kompleksista (Complex), koska sillä on ennalta arvaamattomia lähtökohtia, reunaehdot tai riippuvuuksia, (3) dynaamista (Dynamic), sillä se muuttuu jatkuvasti, (4) moniarvoista (Multi-value Environment), sillä osapuolilla on erilaisia tavoitteita.

Vaatimusten toteutumisasastemittarin kehittämiseen liittyvät (1) vaatimustenhallinnan yleisen prosessikuvauksen määrittely ja (2) projektikohtaisen arvoprofiilin/vaatimuskartan laatiminen. Jälkimmäinen toimii vaatimusmallina, johon seurantaindikaattoreiden avulla voidaan verrata toimintojen laatua (prosessi) ja suunnittelun tulosta (lopputuotteen ominaisuudet).

7.7 Prosessikuvauksien käyttö tietotarpeiden ennakkointiin

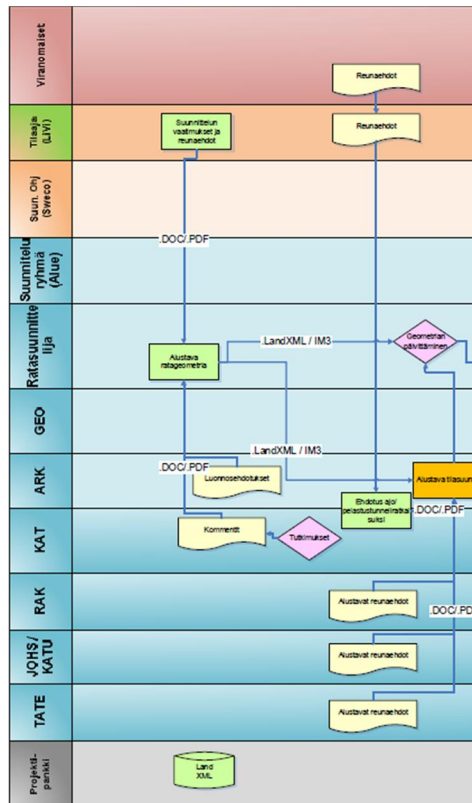
Pisararadan ratasuunnittelun yhteistyön hahmottamista tukemaan kuvattiin yleinen yhteistyöprosessi (Kuva 35 **Error! Reference source not found.**) ja siihen liittyen mallien yhdistäminen suunnittelijatasolla (PS-vetoisesti), joka oli tunnistettu tärkeäksi mallien käyttötarkoitukseksi, joka tuo varmuutta tilavarausten mitoittamiseen. Tämä käyttötarkoitus lienee ollut myös tärkeässä roolissa päätökselle tekniikkalajien mallintamisesta jo Pisararata-hankkeen ratasuunnitteluvaiheessa. Tämä vaatimus asetettiin, vaikka mallista ei katsottu olevan välitöntä hyötyä.

Yleistä prosessikuvauksista puuttuivat kaavoituksen tarpeet, vaikka ne osoittautuivat koko suunnitteluprosessin merkittävimäksi toimijatahoksi. Kaupunkisuunnittelu tarjosi kanavan laajaan yhteistyöhön kaupungin toimien kanssa, joilta tarvittiin viranomaisnäkemys tai lausunto.

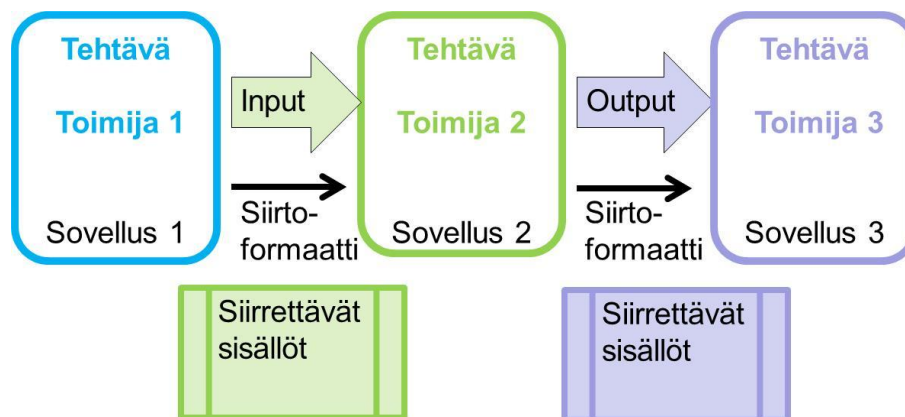
Yhteisen prosessin epämääräisyys on este BIM-hyötyjen saavuttamiselle infrasuunnittelussa ja -rakentamisessa (Halttula et al., 2015). Toimiva tekniikka tilanteen parantamiseksi ovat prosessikuvauksimallit. Niiden avulla on mahdollista jopa jäsentää uudelleen projektin tehtävät (prosessi re-engineering) ja parantaa projektin tehtävien sujuvuutta, nopeuttaa tehtävien kestoa, tunnistaa tiedonsiirron käyttötapauksia, ennakoita ongelmia ja miettiä ohjaustarpeita.

Projektitasolla keskeisimmät käyttötarkoitukset on hyvä kuvata tiedonsiirron prosessikaavioksi (Kuva 36), jotta tiedon luonnin, jakelun ja johtamisen roolit sekä osatehtävät ovat selkeitä. Prosessikarttoja on lisäksi hyödyllistä tehdä tarkemmalla tasolla rajatuista käyttökohteista. Mitä useampi toimija linkittyy prosessiin, sitä tuloksellisempaa on kuvata tiedontuottamisen ja -siirron yhteistyöprosessi.

Myös tietosisältö, siirtoformaatit ja sovellusten versiot voidaan tarkentaa etukäteen tiedon käyttötapaukseksi. Näin toimien saadaan esille suunnittelijoiden välisessä tiedonsiirrossa olevat esteet, mm. siirtoformaattien aiheuttamat esteet, mallien koon aiheuttamat esteet tai mallien tietosisällön tarpeet. Tehtäväketjun yhteistoimintaan voidaan orientoitua samalla tapaa kuin urheilussa tehdään mielikuvaharjoittelua.



Kuva 35. Ote laaditusta prosessikaaviosta "mallien yhteensovitus". Liitteessä B laaditut prosessikaaviot kokonaisuuksina.



Kuva 36. Kaavio tiedon käyttötavuksesta tietomallintamisen prosessissa.

8. Suositukset seuraavaan suunnitteluvaiheeseen

8.1 Strategiset päätökset arkistoinnista

Mallinnustarkkuuden tason ja viimeisteltyjen suunnittelumateriaalien tarpeen voisi määrittää tarkastelemalla, olisivatko tulosteet käyttökelpoisia noin kymmenen vuoden kuluttua. Tämän voisi tehdä riskien hallinnan keinoin (vaarat, riski => analysointi => toimenpiteet).

Aikataulullinen haaste syntyy ratasuunnitelman vanhenemisen riskistä. Lain mukaan: *"Päätös ratasuunnitelman hyväksymisestä raukeaa, jos ratatyötä ei ole aloitettu ennen kuin neljä vuotta on kulunut sen vuoden päättymisestä, jona ratasuunnitelma on lainvoimaisesti hyväksytty. Liikenne- ja viestintäministeriö voi pidentää ratasuunnitelman voimassaoloaikaa enintään neljällä vuodella."*

Voiko nykyistä suunnitteluryhmää hyödyntää asiantuntijoina mallien osalta, kun hankkeen rakentaminen mahdollisesti alkaa kymmenen vuoden kuluttua? Tehtävänä olisi selvittää mallien käyttökelpoisuus, sillä aivan kaikkea hiljaista tietoa mallityön sisällöistä ei ole saatu dokumentoitua.

Tietomallien ylläpidon ja arkistoinnin suhteen on tehtävä päätöksiä:

- Ostetaanko mallien ylläpito konsulteilta vai ylläpitääkö tilaaja itse sen? Perusylläpitoon kuuluvia tehtäviä ovat formaattien päivitykset, mallien käyttävyydestaukset, lähtötietojen muutokset, päivitykset malleihin. Olisiko tämä tehtävä esim. vuoden välein? Mitkä ovat julkishallinnon tarpeet ja vaatimukset hankekohtaisen tiedon arkistoinnille ja varastoinnille?
- Vaihtoehtoinen strategia on jättää päivitykset vaiheeseen, jossa alkaa tapahtua. Tämä olisi Pisararata-hankkeen seuraavan vaiheen valmisteluvaiheen hankinnan ensimmäinen tehtävä. Mallit olisi tuotava ko. ajanhetken vaatimuksia vastaavalle tasolle. Tämä voisi kuulua myös hankintaan.

8.2 Yhteistoiminta takaamaan laatua

Rakennussuunnitteluvaihe on suunnittelun tekniikkalajeille tuttua. Jotta mallinnus olisi tehokasta, on aiotut käyttötarkoitukset käsiteltävä ennakkoon yhteistoimintapintojen selkiyttämiseksi. Esimerkiksi liikennejärjestelmän vaatimustarkastelua voitaisiin tehdä jo nyt. Pisararadan suunnitteluun siirtyisi kokemustietoa esimerkiksi metron tilojen käytettävyydestä ja ylläpidettävyydestä sekä häiriötilanteiden hallinnasta.

Useiden toimijoiden/ suunnittelijoiden yhteistoimintaa ovat vaativien suunnittelutehtävien/ prosessikohtien tunnistaminen ja yhteisten työpajojen järjestäminen. Metodeina voidaan käyttää big room- ja solmutyöskentelyä. Työpajat on aikataulutettava ja valmistettava huolellisesti.

Joidenkin suunnittelualojen tai tekniikkalajien käyttämät ohjelmat eivät taivu tilavarausten mallintamiseen. Tämä heikentää mallipohjaista yhteistyötä luonnossuunnittelun alussa. Sovelluksia tulisi kehittää tähän tarpeeseen.

8.3 Määrittelyt auttavat tavoitteiden saavuttamisessa

Tilajien on määriteltävä suunnitteluttamisen mallin käyttötarkoitukset. Nämä on kuvattava käyttötapauksen tasolle. Parhaimmillaan kuvauksia käsitellään ja tarkennetaan vielä yhdessä kyseisten toimijoiden, suunnitteluttamisen johdon, tilajien edustajien sekä tietomallintamisen tuen kanssa. Näin mallin käyttötapauksen tilanteet tulevat ennakoitua ja tehokkuus paranee, sekä on mahdollista saavuttaa tavoiteltuja hyötyjä sekä prosessissa ja/tai lopputuotteessa.

Myös projektitason yhdistelmämallille on hyvä määritellä selkeämmät käyttötarkoitukset, mallin sisältö ja osamallit.

Erityisesti mallien (suunnittelumallien tai yhdistelmämallien) käyttö visualisointeihin on oleellista määrillä, esimerkiksi yleiset visualisointimallit "projektista ulospäin" tai havainnollistaminen mallien avulla rakennettavuus- tai ylläpidettävyydestä tarkasteluja. Pohdittavaksi nousevat näissä käyttötarkoituksissa myös pelimallien ja animoitujen mallien laadinta.

Kokonaissuunnitelma tulee aikatauluttaa siten, että mallien käyttötapaukset ja mahdolliset iterointikierrokset ovat tehtävissä. Tämän taustaksi pääsuunnittelijoiden on määriteltävä mallinnuksen suunnittelun tiimitasoinen yhteistyö.

Mahdolliset selvät käyttötarkoitukset on hyvä tunnistaa ennakkoon ja kuvata yhteisesti käyttötapauksen tasolle tiedon löytymisen ja siirtymisen sujuvoittamiseksi. Erityisesti suunnittelumallien tai niiden osamallien käyttö simulointeihin, laskentaan ja analyysiin tai visualisointeihin on määriteltävä. Kokonaissuunnitelma tulee aikatauluttaa siten että mallien käyttötapaukset ja mahdolliset iterointikierrokset ovat tehtävissä.

8.4 Ohjeet vähentävät riskejä

Tietomallistrategiasta tulee laatia rakennussuunnitteluvaiheen tietomallintamisen projektisuunnitelma, jonka liitteenä on kahden kuukauden välein päivittyvä ICT- & tietomallinnusohje sekä tarvittavat käyttötarkoitukset ja käyttötapauksen kuvaukset (prosessikartat ja käyttötapauskaaviot). Näin toimien voidaan vähentää riskejä, joita on tunnistettu tietomallintamisessa.

Suunnitteluratkaisuihin liittyviä riskinhallinnan toimenpiteitä on hyvä päivittää suunnittelijoiden, suunnitteluohjaajien ja BIM-koordinaattoreiden työpajoissa. On myös perusteltua jatkaa jo kerran kokeiltua riskipäiväkirjaseurantaa, sillä mallintamisen yhteensovittamisprosessi tuottaa palautetta riskien hallintaan (riskien väheneminen ratkaistujen yhteensovitusongelmien myötä).

8.5 Pelisääntötyö jatkuu

Tietomallintamisen kehitysryhmän työn jatkuminen takaa yhteiset pelisäännöt, jotka tukevat samojen tekniikkalajien työn harmonisointia sekä eri tekniikkalajien välisen tiedonsiirron ja yhteistoiminnan laatua.

Kaikki kehitetyt pelisäännöt on vietävä kahden kuukauden välein ICT- & tietomallinnusohjeeseen, jotta projektilla säilyy ajantasainen paketti, josta ohjeita voi tarkastaa. Ohjeiden tiiveyteen kannattaa kiinnittää huomiota.

8.6 Mallintavaa suunnittelua

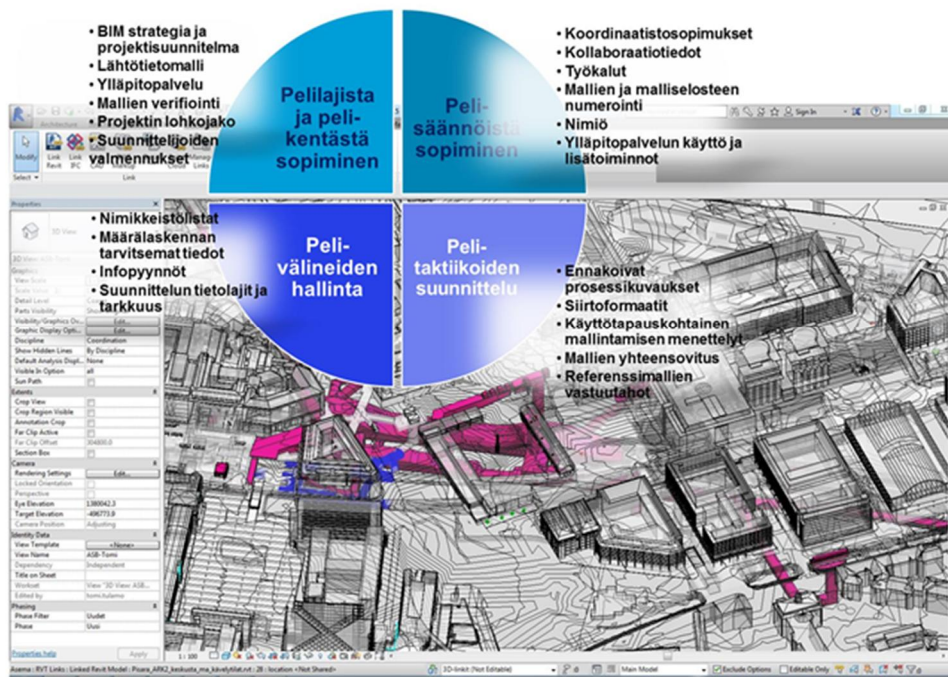
Tehokkuuden saavuttamiseksi on oleellista, että suunnitteluttamisorganisaation tietomallikoordinaattori (BIM-manageri) tietää hankkeen suunnitelmien sisällöstä ja työn etenemisen logiikasta riittävästi. Näin hän voi esittää joko tiivistämistä tai väljentämistä tietomallintamisen rytmiin tai ylläpitopalvelun pankitusrytmiin. Mallintamisen tulee olla "suunnittelutyön iholla", ei irrallinen toiminto.

Mallintamisen hyödyntämisen laajentamiseksi ja oppimisen maksimoimiseksi "tekninen tuki" täytyy yhdistää kaikkeen projektissa tapahtuvaan sisältöä käsittelevään toimintaan. Erillinen henkilö fasiltoi mallia, jos tarve vaatii. Erityisesti tilaajatahojen tulee pitää huolta, että oma organisaatio oppii ja hyötyy mahdollisimman paljon mallintamiseen panostetusta investoinnista.

8.7 Ratkaisujen laatu

Tehokkuuden saavuttamiseksi tulisi eri tekniikkalajien välillä tapahtua **ymmärryksen jakoa muiden suunnittelualojen ydinkysymyksistä**. Tätä voidaan tukea järjestämällä työpaja, jossa kukin tekniikkalaji esittää keskeisimmät ratkaistava suunnittelukysymykset Pisanan rakentamissuunnittelun aikana. Suunnittelukysymyksiä ratkaisemiseen tarvittavat tiedot muilta suunnittelijoilta tai viranomaisilta voidaan listata ja aikatauluttaa niiden hankinta.

Rakennussuunnittelussa kannattaisi painottaa **hyvien perusteltujen suunnitteluratkaisujen kehittämiseen**. Myös perustelut ja hylätyt vaihtoehdot tulisi dokumentoida, jotta suunnittelusisältöön voidaan luottaa vielä noin kymmenen vuoden jälkeen.



Kuva 37. Pisararata-hankkeen yhteistoiminnan mallintaminen sai tukea tilaajaohjauksesta, BIM-koordinaattoriryhmän suunnittelun ohjauksesta ja perustui osaavan BIM-koordinaattoriryhmän projektita-son ratkaisuihin. Taustakuva: Työyhteisliittymä CJN-Arkkigrafi.

9. Yhteenveto

Muutoksen johtaminen projektitason toiminnassa vaatii sekä osaamista että rohkeutta. Haasteena on johtaa niin että ei nojauduta vanhaan prosessiin ja tuoteta suunnittelun mallintamista, vaan pyritään uuteen prosessiin ja tuotetaan mallintavaa suunnittelua. Varmuus siitä, että mallintamalla pystytään tuottamaan sama kuin vanhalla menetelmällä hankitaan tiedonkulun prosessia määrittelemällä.

Tehokkuushyödyt Pissararata-hankkeen ratasuunnitteluvaiheen mallityöskentelystä voidaan kohtalaisesti todentaa vasta seuraavan vaiheen, rakennusteknisen suunnittelun, aikana. Yksittäiset toimijat ovat hyötöneet mallityöskentelystä jo tähän mennessä. Mallintamisen mukanaan tuoma visuaalisuus, sekä malliobjektien ja -pintojen attribuuttitietojen yksityiskohtaisuus on tuottanut lisäarvoa, joka siirtyy motivoituneissa ammattityössä suoraan suunnitelmasisällön laatuun.

Hyödyt ovat olleet erilaisia eri suunnittelualoille ja tekniikkalajeille. Yhteistä on oman suunnittelualan – ja osin kokonaisu suunnitelman – hyvä sisäistäminen.

Toimivaksi kehittynyt suunnittelijoiden ja suunnittelun ohjauksen yhteistyö on myös vahvistanut koko projektin tavoitteita. Näin tapahtui mallipohjaisessa määrälaskennassa ja mallipohjaisten suunnitelmien yhteensovituksessa.

Paljon pieniä innovaatioita syntyi tietomallintamisen kehitysryhmässä ennakoinnissa ja mallinnusprossin sujuvuuden varmistamisessa. Motivoituneet toimijat tuottivat mallitekniisiä ratkaisuja kehittäen samalla omaa palveluaan ja vahvistaen ammattitaitoaan. Mallitekniisten kysymysten lisäksi mallin käyttötarkoituksia hyödynnettiin aktiivisesti ja mallinnus nähtiin suunnittelun kiinteänä osana.

”Pissaran mallinnusprosessin opit” eli onnistumisen osatekijät:

1. Suunnitteluhankinnan on oltava selkeä, eikä se saa erotella mallintamista suunnittelusta. Tukiprosessit on saatettava kuntoon hyvissä ajoin.
2. Pätevien asiantuntijoiden hankinta on otettava yhtä keskeisenä kuin tehtävien hankinta tai tehtävärajoista päättäminen. Asenteen tietomallintamisen hyödyntämiseen on oltava määrätietoinen, sillä prosessitasolla jokaisessa hankkeessa on ratkaistavia mallinnustekniisiä ja yhteistoiminnan erityiskysymyksiä.
3. ”Talopuolen” ja ”infrapuolen” mallintamisen yhdistäminen on haaste, jonka suunnittelun ohjaus ja mallintamistyön koordinaatio on vaativaa. Näitä kahta toimintaa ei tule erottaa toisistaan.
4. Kehityshalukkuus ja kehittämisen kyvykkyys sekä osaamisen jako on laadukkaan toiminnan edellytys. Tietomallintamisen kehitysryhmä voi vauhdittaa yhteistä tiedonhallinnallista toimintaa. Saman tekniikkalajien BIM-koordinaattoreiden aktiivinen keskinäinen tiedonvaihto ja toimintojen harmonisointi yhtenäistää kokonaisuutta.
5. Laaja mallinnusvaatimus tuottaa suunnittelussa hyötyjä. Vaatimuksen on tultava tilaajalta.
6. Kokemukseen ja ammattitaidon avulla osataan paneutua oikeisiin asioihin, oikea-aikaisesti. Mallipohjaisessa työskentelyssä voidaan hyödyntää tiedon käytön ja siirron prosessikarttoja. Tärkeimmille käyttötarkoituksille tulee laatia omat kartat.
7. Tietojen keräys projektin muiden prosessien käyttöön sujuu mallipohjaisen suunnittelun avulla ketterästi. Näin voidaan toimia esimerkiksi määrälaskennassa.
8. Projektitasoinen mallien yhteensovitus (pankitus) rytmittää työn.

9. Suunnittelutyön ketjutus vaatii ohjaukselta kykyä ratkoa ongelmia ja tehdä nopeita päätöksiä. Ongelmien ratkomiseen voidaan käyttää moniammatillisia palavereita. Malli sopii myös ongelmien paikallistamiseen.
10. Mallintamista voidaan käyttää kustannusohjaukseen, kun ratkaistavat asiat löydetään aikaisemmassa vaiheessa ja niihin pystytään valmistautumaan.
11. Tietomalliprosessin tasolla dokumentointi mahdollistaa oppien siirron ja käytäntöjen hyödyntämisen sekä kasvattaa ymmärrystä hyödyistä.

Pisarakorata-hankkeen tietomallinnuksen prosessissa nähtiin kaikki edellä luettelut onnistumisen osatekijät. Ratasuunnitelmavaihe toimi, ja toimii, tilaajien tahdosta mallintavaa kallio-, rata- ja rakennussuunnittelua yhdistävänä kehitysalustana. Se on kaikille toimijoille tulevaisuudessa merkittävä referenssi.

Lähdeviitteet

- Allison, H. (2010) 10 Reasons Why Project Managers should Champion 5D BIM software. VICO Software [online]. Available at: <http://www.vicosoftware.com/vico-blogs/guest-blogger/tabid/88454/bid/27701/10-Reasons-Why-Project-Managers-Should-Champion-5D-BIM-Software.aspx> (2010)
- Barlish, K., Sullivan, K. (2012) How to measure the benefits of BIM – A case study approach. *Automation in Construction*, Vol. 24, July 2012, pp 149–159.
- Bryde, D. et al. (2013) The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31 (2013), 971–980,
- Eastman, C.M., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. (2008) *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Architects, Engineers, Contractors, and Fabricators*. John Wiley and Sons, Hoboken, NJ.
- Giel, B.K., Issa, R.R.A. (2013) Return on Investment Analysis of Using Building Information Modeling in Construction. *Journal of Computing in Civil Engineering ASCE*, September/October 2013.
- Gudgel, J. (2009) *The business value of BIM: Getting Building Information Modeling to the bottom Line*. McGraw-Hill.
- Khemlani, L. (2009) Sutter Medical Center Castro Valley: Case Study of an IPD Project. AECBytes, http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2009/Sutter_IPDCaseStudy.html, last accessed November 18, 2009.
- Halttula, H., Haapasalo, H., Herva, M. (2015) Barriers to Achieving the Benefits of BIM. *International Journal of 3-D Information Modeling (IJ3DIM)*.
- Hel (2012) *Pisaratara, Asemakaava ja asemakaavan muutos, Osallistumis- ja arviointisuunnitelma*. Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto, 10.8.2012.
- Hel (2014) *Suunnitteluohje HKR – Kadunsuunnittelun inframalliohje*. Helsingin kaupungin rakennusvirasto 1.9.2014.
- Liang, C., Zhang, R., Lu, W. (2013) The Optimal Strategy of Using BIM in Construction Management. *Proceedings of the 17th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate*, pp. 995–1001. Date: 14 June 2013.
- Liikennevirasto (2014a) *Siltojen tietomalliohje*. Liikenneviraston ohjeita 6/2014. Liikennevirasto, Helsinki.
- Liikennevirasto (2014b) *Tiehankeiden mallipohjaisen suunnittelun hankinta*. Koekäytössä oleva ohje. Liikenneviraston ohjeita 20k/2014. Liikennevirasto, Helsinki.

- Liikennevirasto (2015) Pisararadan hankesivu <http://www.liikennevirasto.fi/pisara> [selattu 3.11.2015]
- Lu, W., Fung, A., Peng, Y., Liang, C., Rowlinson, S. (2014) Cost-benefit analysis of Building Information Modeling implementation in building projects through demystification of time–effort distribution curves. *Building and Environment*, 82 8(2014), 317–327.
- McGraw Hill Construction (2012) The Business Value of BIM in North America, Multi-Year Trend Analysis and User Ratings (2007–2012), SmartMarket Report 2012.
- Mäkeläinen, T., Hyvärinen, J., Rekola, M. (2015) BIM Hyötymatriisi, analyysikehikko.
- Mäkeläinen, T. et al. (2016) Case Pisara development, Vaatimusmalliprosessin alustava kuvaaminen (kalvosarja), VTT. [Drafting of use of requirement modell as a process]
- Pellinen, P. (2015) Developing design process management in BIM based project involving infrastructure and construction engineering, Master's Thesis, Aalto University. Luonnos ver. 08.12.2015.
- Pisara (2014a) Pisararata ICT- ja tietomalliohje, 10.7.2014 (E2_Ohjeet: Suunnitteluaineiston_verifiointi_ ja_yhdistelmamallin_paivitys.pdf) PISARARATA ICT- ja tietomalliohje.
- Pisara (2014b) Pisararata suunnitteluohje, 25.08.2014.
- Pisara (2014c) Pisararata, rata- ja rakentamissuunnittelun projektisuunnitelma, versio 1.0, 10.7.2014.
- Pisara (2013a) Pisararadan tietomallistrategia, versio 1.0, 28.2.2013.
- Pisaran dokumentti (2014a) Pisararata Tietomalliprojektin kollaboraatiotiedot / TOO, KES ja HAK, Tietomallintamisen kehitysryhmä & tilaajaryhmä, 27.5.2014.
- Sacks, R., Koskela, L.J., Dave, B.A., Owen, R. (2010) The interaction of lean and building information modeling in construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136 (9), pp. 968–980.
- Tarkkala, J. (2015) Simulointimallit Pisararata-hankkeessa (kalvosarja), esitys Tilaajaryhmässä.
- Vaara, P., Kuronen, M. (2012) Pisara-rata-hankintaklinikan tulokset. Asunto-, toimitila- ja rakennuttajaliitto RAKLI ry. http://www.rakli.fi/media/klinikat/pisara-rata/pisara_rata_hankintaklinikka_loppuraportti_maaliskuu_2012_v2.pdf [selattu 7.11.2015]
- YIV (2015) Yleiset inframallivaatimukset 2015. Osat 1–12. <http://www.infrabim.fi/yiv2015/> [selattu 1.11.2015]
- YTV (2012) Yleiset tietomallivaatimukset 2012. RT 10-11066 - RT 10-11079. Osat 1–14. Rakennustietosäätiö, Helsinki.

LIITE A Kehitysryhmässä käsitellyt aiheet

LIITE B Prosessikartat

LIITE C Parhaat käytännöt (Ohjedokumentit)

LIITE D Parhaat käytännöt (Esittelykalvot)

LIITE E Hyötyjen arviointi (Matriisi)

LIITE F Hyötyjen indikaattorit (Seurantalomake)

LIITE G Haastatellut henkilöt

Nimeke	Pisararata-hankkeen tietomallintamisen tilaajaohjaus ratasuunnitteluvaiheessa
Tekijä(t)	Tarja Mäkeläinen, Mirikka Rekola, Juha Hyvärinen & Terttu Vainio
Tiivistelmä	<p>Pisararadan suunnitteluvaiheen tilaajina toimivat Liikennevirasto ja Helsingin kaupunki ja suunnitteluttajana Sweco Oy. Maanalainen tunnelirata kaupungin keskustan alla on erittäin haastava suunnitteluhanke. Hankeosapuolia ja sitä kautta osasuunnitelmia on paljon erilaisilta suunnittelualoilta. Radan suunnitteleminen ja mallintaminen tunneliin on avorataa monimutkaisempaa, eivätkä ratasuunnitteluohjeet ohjeista maanalaista radan rakentamista. Erityisenä vaatimuksena tässä hankkeessa oli sovittaa yhteen infra- ja talopuolen tietomallipohjaisia suunnittelukäytäntöjä.</p> <p>Pisararata-hanke oli myös tietomallintamisen kehityshanke, jossa edellytettiin kattavaa mallintamista ratasuunnittelun alusta lähtien. Tähän raporttiin on dokumentoitu kokemukset ja opit Pisararadan ratasuunnitelman tietomallintamisesta.</p> <p>VTT osallistui ulkopuolisena asiantuntijana ratasuunnitteluvaiheen tilaajan tietomalliryhmän toimintaan ja seurasi aktiivisesti tietomallintamisen kehitysryhmän toimintaa. Lisäksi VTT haastatteli tilaajatahoja, projektin ohjaajia ja BIM-koordinaattoreita. VTT:n tehtävistä laajin oli kehittää tietomallintamisen hyötyjen arviointia. Arviointiin kehitettiin hyötymatriisi ja seurantaindikaattorit.</p> <p>Tietomallintamisen kehityshanke tuotti joukon hyviä käytäntöjä, lisäsi ymmärrystä tietomallinnushankkeen organisoinnista, tuki hyötyarvioinnin logiikan kehittymistä ja hyötyjen seurantaan siirtymistä. Rohkea tilaajaohjaus ja ammattitaitoinen BIM-koordinointi Pisararata-hankkeen ratasuunnittelun vaiheessa raivasi tietä talo- ja infrapuolen mallipohjaiselle suunnitteluyhteistyölle.</p>
ISBN, ISSN, URN	ISBN 978-951-38-8519-9 (URL: http://www.vtt.fi/julkaisut) ISSN-L 2242-1211 ISSN 2242-122X (Verkkojulkaisu) http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-38-8519-9
Julkaisuaika	Maaliskuu 2017
Kieli	Suomi
Sivumäärä	72 s.
Projektin nimi	Pisararata-hankkeen tietomallintamisen tilaajaohjaus ratasuunnitteluvaiheessa
Rahoittajat	Liikennevirasto
Avainsanat	Pisararata, tietomallintaminen, ratasuunnitelma, BIM
Julkaisija	Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy PL 1000, 02044 VTT, puh. 020 722 111

Pisarakata-hankkeen tietomallintamisen tilaajaohjaus ratasuunnitteluvaiheessa

ISBN 978-951-38-8519-9 (URL: <http://www.vtt.fi/julkaisut>)
ISSN-L 2242-1211
ISSN 2242-122X (Verkkójulkaisu)
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-38-8519-9>

