



Tuotemallitieto rakennusprosessissa, VTT:n väliraportti no. 1

# **Nykyinen suunnittelu- rakentamisprosessi**

## **Lähtötilannekuvaus tuotemalliteknoologiaa hyödyntävälle prosessille**

VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Kristiina Sulankivi, Veijo Nykänen, Lauri Koskela ja Olli Teriö

17.12.2002



# Alkusanat

Käsillä oleva väliraportti on ensimmäinen osaraportti VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan työstä Rakennusteollisuuden *tuotemallitieto rakennusprosessissa* -tutkimushankkeessa. Projektissa kehitetään tuotemallipohjaista suunnittelu - toteutus - ylläpitoprosessia ja sen menettelyjä siten, että rakennuksen kolmiulotteinen tuotemalli palvelee tietolähteenä mahdollisimman hyvin prosessin eri osapuolia. Projekti sisältää tuotemallipohjaisen prosessin kehittämisen ja sen tiedonsiirron mallintamisen, tuotemallintamisessa tarvittavien suunnitteluohjeiden määrittämisen sekä tuotekirjastojen (objektikirjastot) mallirakenteiden luomisen.

Nykyprosessin tilannekuvaus luo pohjaa tuotemallitekniikkaa hyödyntävän prosessin kehitystyölle. Tilannekuvauksen ovat laatineet Kristiina Sulankivi, Veijo Nykänen, Lauri Koskela ja Olli Teriö ja se perustuu perinteisen prosessin kuvausten osalta pitkälti VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan Rakentamisen prosessit ja Tiedonhallinta -tutkimusryhmien aiempiin prosessin kehittämiseen ja tietotekniikan käyttöä rakennushankkeissa edistäviin ja analysoiviin tutkimuksiin.

Rakennusteollisuuden tutkimushankkeessa etenee rinnan prosessin kehittämistyön kanssa tiedonsiirtovaatimusten, suunnitteluohjeiden ja objektitekniikan kehittäminen, jotka kaikki pyrkivät vahvistamaan uuden teknologian käyttöönoton edellytyksiä rakennusalalla. Lisäksi projekti tarjoaa tukea rakennusteollisuuden jäsenyrityksille IFC-tiedonsiirtotapauksien ja uusien toimintatapojen pilotoinnissa.

# Sisältö

Alkusanat .....	2
1. Johdanto .....	4
1.1 Tausta .....	4
1.2 Lähtötilanneselvityksen tavoite .....	5
2. Nykyinen suunnittelu-rakentamisprosessi .....	6
2.1 Hankintatavat rakennusalalla.....	6
2.2 Perinteisen hankeprosessin päävaiheet.....	9
2.3 Tehtävät ja vastuut.....	10
3. Tiedonsiirto ja -hallinta.....	11
3.1 Tietovirrat .....	11
3.2 Tiedonsiirtomuodot .....	13
3.3 Projektitiedon hallinta usean osapuolen hankkeessa.....	14
4. Ongelmia ja kehittämistarpeita .....	17
4.1 Nykyisen prosessin ongelmia .....	17
4.2 Rakennusalan kehittämistrendejä .....	19
5. Tuotemallitekniologian mahdollisuuksia.....	21
6. Toteutetut IFC-tuotemallipilotit.....	24
6.1 Yleistä.....	24
6.2 Kokemuksia Suomesta .....	25
6.2.1 Taustatietoja .....	25
6.2.2 Suunnittelu-rakentamisprosessi.....	26
6.2.3 Uuden teknologian ja toimintatapojen hyötyjä .....	28
6.2.4 Muita kokemuksia ja esiin nousseita asioita .....	29
7. Tuotemallien käyttöönoton erityiskysymyksiä.....	31
8. Johtopäätökset.....	33
Lähdeluettelo .....	35

# 1. Johdanto

## 1.1 Tausta

Nykyisessä suunnittelu-rakentamisprosessissa voidaan tunnistaa monia kehittämistarpeita ja -mahdollisuuksia. Koko rakentamisprosessin kehittämisessä ja rankentamisen tuottavuuden parantamiseksi eri osapuolien välisen kommunikoinnin sekä tiedonsiirron ja hallinnan kehittämisellä voidaan arvioida olevan merkittävä näköpiirissä oleva mahdollisuus. Samanaikaisesti tarvitaan myös hankkeiden johtamisen ja organisoinnin uusia malleja, jotka tarjoavat aikaisempaa paremman ympäristön tiedonhallinnan kehittymiselle.

Rakennushankkeet eroavat muiden teollisuuden alojen projekteista erityisesti suunnittelun ja alihankintojen osalta. Rakennusalan ulkopuolella teollisuus kantaa merkittävää tuotekehitys - ja suunnitteluvastuuta koko tuotekokonaisuudesta. Rakennusalalla tilaaja hankkii suunnittelu- ja rakentamispalvelut erikseen. Teollisuus pyrkii pitkäjänteisiin alihankintaverkostoihin entistä pätevempien toimittajien kanssa. Rakennusalalla toimittajat valitaan hintakilpailulla, jolloin verkottuminen ei ole mahdollista ja toteuttajaorganisaatio on joka hankkeessa erilainen. Rakentamisessa vastuut prosesseista ja laadusta ovat kovin hajallaan. Nämä piirteet eivät kannusta yrityksiä parhaaseen lopputulokseen ja vähentävät samalla merkittävästi mahdollisuuksia yritysten kehitystoimintaa.

Rakennushankkeen eri osapuolien välistä tiedonvälitystä ja yhteisten dokumenttien hallintaa voidaan nykyisin jo tehokkaasti tukea Internet-pohjaisilla hanketietokeskuksilla. Erityisesti dokumenttien jakelu ja saatavuus ovat helpottuneet tutkituissa tapauksissa /Sulankivi & al. 2002/. Suunnittelutieto talletetaan muiden ulottuville kuitenkin pääasiassa vielä erillisinä, 2D-muotoisina viivapiirustuksina, minkä seurauksena suunnittelutieto on hajallaan lukuisissa erillisissä dokumenteissa ja suunnitelmien yhteensovittaminen ja tulkinta ovat vaativia tehtäviä.

Vuosia kestäneen mittavan kehitystyön tuloksena tuotemallitekniikan käyttöönotto on rakennusalalla alkamassa. Standardimuotoinen tieto ja 3D-tuotemalli mahdollistavat yhteiskäyttöisen projektitiedon luomisen ja siirrettävyyden eri osapuolien sovelluksissa käytettäväksi. Tavoitetilassa rakennuksesta tehdään yhteinen tuotemallitietokanta, joka on talletettu nk. tuotemallipalvelimelle ja on Internet-verkon välityksellä eri osapuolien ulottuvilla. Malli perustuu ajantasaiseen suunnittelutietoon ja sisältää perinteisiä suunnitelmadokumentteja kattavammin tietoa tiloista, käytetyistä materiaaleista ja niiden ominaisuuksista. Lisäksi rakennuksen malliin saadaan halutunlaisia 3D-näkymiä havainnollistamaan suunnitelmia. Tästä on hyötyä mm. tilaajalle ja rakennuksen

loppukäyttäjille, joiden tarpeet ja palaute on suunnittelutyön onnistumisen kannalta tärkeää, mutta joiden osallistumista on rajoittanut puutteellinen kyky tai tottumattomuus ymmärtää kaksiulotteisia suunnitelmia. Havainnollisuutta voidaan hyödyntää myös rakentamisvaiheessa monin tavoin, esim. rakennettavuuden ja työturvallisuuden arviointiin.

Tuotemallitekniikalla on mahdollista korjata tai poistaa perinteisen rakentamisprosessin tiedonsiirron ja hallinnan ongelmia ja tukea alan yleisiä kehitystavoitteita, kuten elinkaarivastuullisen rakentamisen toteutumista. Tuotemallitekniikan tarkoituksenmukainen hyödyntäminen edellyttää kuitenkin muutoksia koko perinteiseen suunnittelu–rakentamis–ylläpitoprosessiin. Pelkästään olemassa olevien toimintatapojen automatisoiminen ei tuo suuria parannuksia tiedonhallintaan ja on todennäköisesti myös ongelmallinen toteuttaa käytännössä.

## 1.2 Lähtötilanneselvityksen tavoite

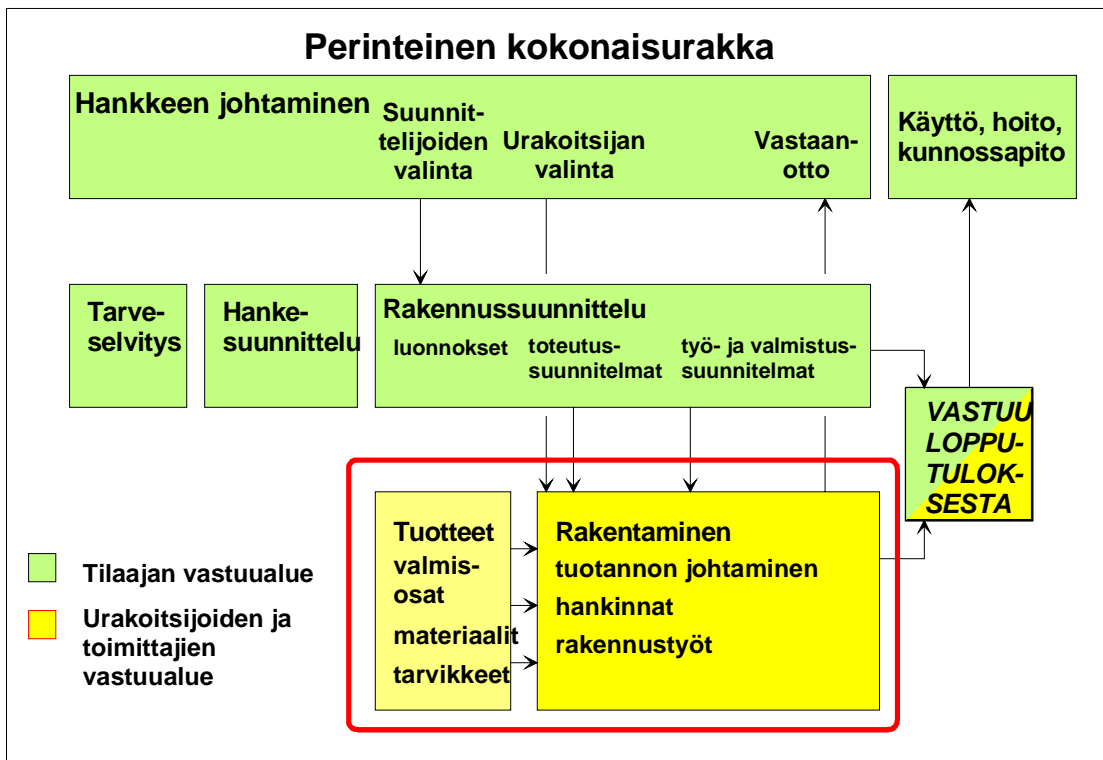
Lähtötilanneselvityksen tavoitteena on kuvata nykyinen suunnittelu-rakentamisprosessi pääpiirteissään niin, että kuvaus palvelee tulevaisuuden tuotemallitekniikkaa hyödyntävän prosessin kehitystyötä. Oleellisia seikkoja ovat mm. *hankkeen päävaiheet, eri osapuolien väliset tietovirrat, tehtävät ja vastuut*. Ennen kuin nykyprosessia lähdetään kehittämään tuotemallitekniikan avulla kokonaisuudessaan parempaan suuntaan pyritään erityisesti *nykyprosessin ongelmat ja kehittämistarpeet* kartoittamaan ja jäsentelemään. Tuotemallitekniikan käyttöönoton kannalta keskeistä on luonnollisesti myös *tiedonsiirron ja hallinnan nykyinen tila rakennushankkeissa*.

Lisätavoitteita lähtötilanneselvitykselle ovat *tuotemallien käyttöönottoon liittyvien mahdollisuuksien sekä riskien ja erityiskysymyksien alustava arviointi sekä kokemusten kerääminen niistä pilottihankkeista, joissa tuotemallitekniikkaa on jo hyödynnetty*.

## 2. Nykyinen suunnittelu-rakentamisprosessi

### 2.1 Hankintatavat rakennusalalla

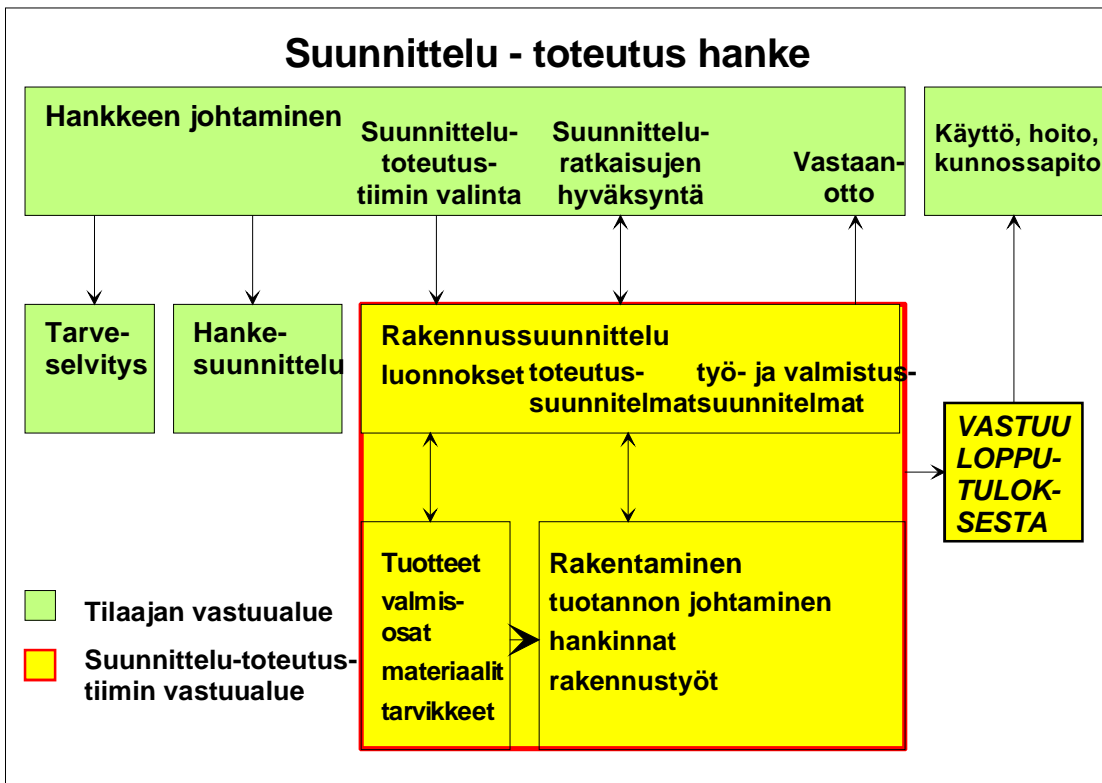
Suunnittelu- ja rakentamispalveluiden hankintatavat ovat olleet monissa maissa vahvan kiinnostuksen kohteena viime vuosina - niin myös Suomessa. Perinteisissä hankintatavoissa suunnittelu- ja rakentamispalvelut hankitaan erikseen. Näitä toteutusmuotoja ovat kokonaisurakka, pääurakka alistetuin sivu-urakoin ja jaettu urakka rakennuttajan toimiessa itse projektin johtajana myös työmaavaiheessa. Perinteisen urakkarakentamisen osuus on ollut varsin suuri Suomessa. Korkeasuhdanteessa perinteisten urakoiden osuus on laskenut noin puoleen toteutetuissa rakennushankkeissa, kun matalasuhdanteessa osuus on ollut liki 70% toteutettujen hankkeiden lukumäärästä.



Kuva 1. Prosessivastuun jakautuminen perinteisessä kilpailu-urakassa. Vastuu lopputuloksesta on hajallaan ja urakoitsijat eivät osallistu suunnitteluvaiheeseen /Nykänen 1998/.

Tilaaajat käyttävät perinteisistä urakoista käytännössä varsin monenlaisia sovelluksia. Toteutusmuoto voi olla sekoitus useita erilaisia hankintatapoja. Ei ole harvinaista, että käytetään alistettujen sivu-urakoiden lisäksi tilaajan omia hankintoja. Lisäksi osa detaljisuunnittelua esim. elementtisuunnittelu saattaa sisältyä osaksi rakennusurakkaa.

Suunnittelu-toteutus hankintatapojen käyttö on lisääntynyt viime vuosina monissa länsimaissa-näin myös Suomessa. Suomessa sen osuus on vaihdellut suhdannetilanteista riippuen 15–25%. Rakennusyritysten oma tuotanto on laajinta asuntorakentamisessa. Kerros- ja rivitaloista 30–60% on viimeisen kymmenen vuoden aikana valmistunut yritysten toimesta. Suunnittelu - toteutus muodon osuus on siten yhteensä vaihdellut välillä 20–40%.



Kuva 2. Suunnittelu-toteutus hankkeissa suunnittelijoilla ja urakoitsijoilla on tiimitysmahdollisuus. Vastuu lopputuloksesta tilaajalle on selkeä. Mahdollisuudet tiedonhallinnan kehittämiseen ovat toteuttajien käsissä. /Nykänen 1998/

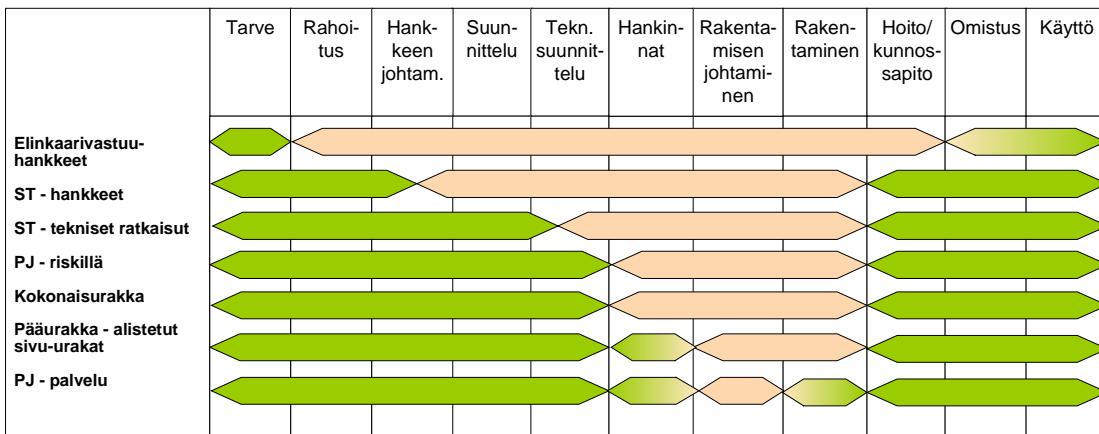
Projektinjohtorakentaminen jaetaan kahteen päämuotoon. Projektinjohtoyritys tekee sopimukset lukuunsa ja kantaa taloudellisen riskin. Toisessa muodossa sopimukset tehdään tilaajan lukuun ja projektinjohtoyritys saa palkkion työstään. Monet rakennusliikkeet ovat viime vuosina vähentäneet omien työntekijöidensä määrää ja samalla kasvattaneet alihankinta-asteitaan. Projektinjohtototeutus riskillä ja perinteinen urakka eivät siten välttämättä eroa toisistaan kovin paljon. Kysymys on yritysten toimintatavoista.

Projektinjohto palkkiolla hankintatavassa sopimukset tehdään tilaajan lukuun. Projektinjohtokonsultti toimii hankkeen johtajana usein jo suunnitteluvaiheesta alkaen. Projektinjohto hankintatapojen osuus Suomen rakentamisessa on ollut viime vuosina

kasvussa. Toteutusmuodon osuus kaikesta rakentamisesta on vaihdellut 5% suuruusluokassa.

Elinkaarivastuita sisältävät hankintatavat ovat olleet laajan kiinnostuksen kohteena erityisesti julkisella sektorilla. Yksityisellä rahoituksella toteutettujen julkisten hankkeiden määrä on kasvanut eniten Iso-Britanniassa, missä on jo toteutettu useita satoja projekteja. Suomessa hankintatapa on myös kasvavan kiinnostuksen kohteena ja ensimmäiset projektit ovat valmistuneet. Hankintatapa tarjoaa rakennusalan yrityksille laajat mahdollisuudet palveluiden ja liiketoimintojen kehittämiseen. Samalla tarjoutuu mahdollisuus kehittää hankkeiden elinkaaren kokonaistaloutta.

### Toteutusmuotojen päävaihtoehdot



Kuva 3. Rakentamisessa käytettävien toteutusmuotojen päävaihtoehdot ja prosessivastuun jako /Nykänen & Salmi 2002/.

Perinteisissä toteutusmuodoissa vastuut prosesseista ja laadusta ovat lopputuloksen kannalta kovin hajallaan. Vastaava hajanaisuus liittyy myös suunnittelun prosesseihin ja suunnittelun tietovirtoihin osapuolten kesken. Toteutusmuotojen kehittyminen voi vaikuttaa myönteisesti rakentamisprosessin tiedonhallintaan. Tietotekniikalla voidaan kuitenkin tukea myös perinteisten hankkeiden tiedonhallintaa.



## 2.2 Perinteisen hankeprosessin päävaiheet

RT- ohjetiedoston /RT 10-10387/ mukaisesti rakennushankkeen päävaiheet ovat tarveselvitys, hankesuunnittelu, rakennussuunnittelu, rakentaminen ja käyttöönotto. Nämä päävaiheet kuvataan tavallisesti toisiaan seuraavina peräkkäisinä vaiheina (kuva 4).



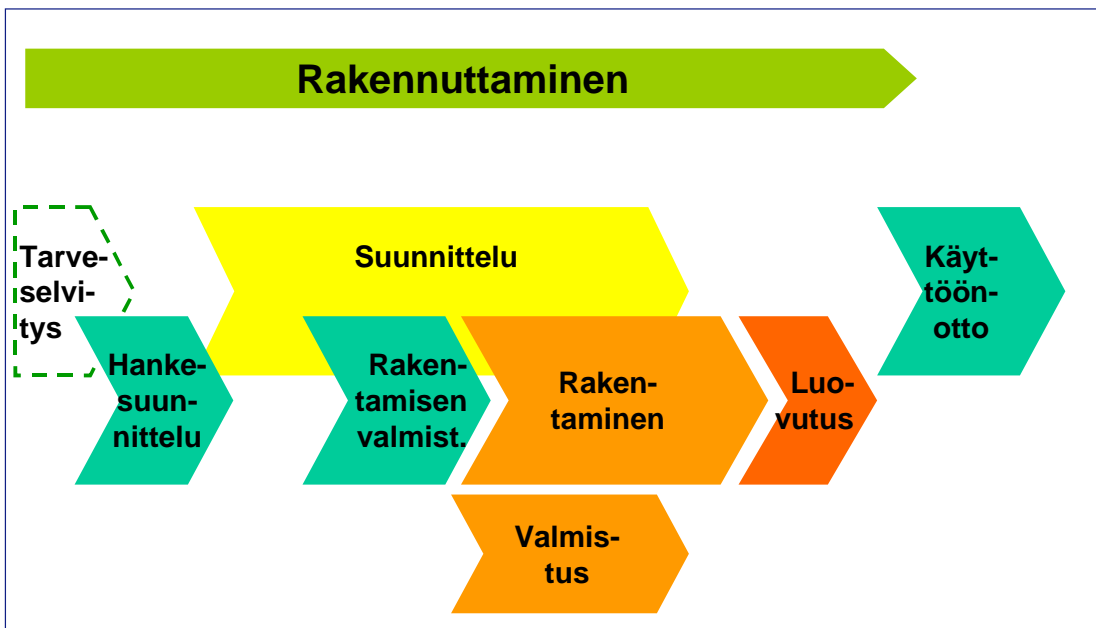
Kuva 4. Perinteinen ajattelumalli rakentamisprosessista - "ensin suunnitellaan sitten tehdään".

Käytännössä päävaiheet limittyvät kuitenkin aina jossain määrin keskenään (kuva 5). Erityisesti näin on suunnittelu- ja rakentamisvaiheen osalta. Syynä ovat tiukentuneet projekti aikataulut. Rakennusten suunnitteluratkaisujen ja käytettyjen tekniikoiden kehittyessä keskeinen tarve suunnittelun ja rakentamisen tiiviimpään vuorovaikutukseen on se, että suunnittelu tarvitsee tietoa ja palautteita urakoitsijoilta ja toimittajilta. Vastaavasti urakoitsijoiden ja toimittajien on perehdyttävä suunnitteluratkaisuihin voidakseen suunnitella hankintoja, työmaaprosessia ja valmistusta. Lisäksi urakoitsijoiden on löydettävä suunnitelmissa olevat ristiriitaisuudet ja puutteet mahdollisimman aikaisin. Perinteisissä urakoissa suunnitelmapuutteista on lisäksi huomauttavan rakennuttajaa, koska vastuu suunnitteluratkaisusta siirtyy muutoin urakoitsijalle.

Kohdekohtaisesti suunniteltavien rakennusosien valmistussuunnitelmat on myös kysymys, johon liittyvää suunnittelua ei saada käyttökelpoiseksi ilman valmistajien ja suunnittelijoiden vuorovaikutuspanosta.

Pääosapuolien vuorovaikutukselle suunnittelu- ja rakentamisprosessissa on luonnollinen tarve, joita ovat asioihin perehtyminen, ongelmien havaitseminen ja palautteiden antaminen. Siirrettäessä tehtäviä rinnakkain saadaan tuotannon suunnittelulle ja hankinnoille enemmän valmistelu-aikaa. Samalla esim. tuotannon valmistelun laatu paranee ja suunnitelmissa piilevät ongelmat ehditään havaita ennen kallista työmaavaihetta. Tiedonhallinnan kannalta tuotannon valmisteluprosessin rinnakkaisuus

suunnittelun kanssa antaa aikaa kehittää suunnitteluratkaisut niin pitkälle, että suunnittelu ei jää rakentamisen ja hankintojen pullonkaulaksi.



Kuva 5. Perinteisesti ajateltu rakentamisprosessi sisältää käytännössä runsaasti rinnakkain tapahtuvaa toimintaa.

## 2.3 Tehtävät ja vastuut

Eri osapuolien tehtävien laajuus ja vastuut riippuvat pitkälti hankintakokonaisuuksista eli käytettävästä toteutusmuodosta, mutta sovitaan tapauskohtaisesti työn tilaajan ja toteuttajan välisellä urakkasopimuksella.

Talonrakennushankkeen eri osapuolien välinen yleinen tehtäväjako on määritelty RT ohjetiedoston osapuolikohtaisissa tehtäväluetteloissa. Tehtäväluettelot on laadittu rakennuttamiseen, arkkitehti-, rakenne-, geo-, talotekniikka- ja sisustussuunnittelulle sekä hankkeen pääsuunnittelulle. Tehtäväluettelot pyrkivät määrittelemään kunkin osapuolen tehtävät, niiden laajuuden ja vaadittavat tulosteet hankkeen eri vaiheissa, hankinta- ja palkkiomuodoista riippumatta.

Uusi maankäyttö- ja rakennuslaki toi rakennushankkeisiin pääsuunnittelijan roolin. Laki määrää, että jokaiselle rakennushankkeelle on nimitettävä pääsuunnittelija, joka on tehtävään nimitetty henkilö, ei esim. suunnittelutoimisto. Pääsuunnittelija johtaa suunnittelutyötä ja hänen vastuunsa rajoittuu suunnitteluun. Keskeistä on hankkeeseen osallistuvien suunnittelijoiden johtaminen ja eri osa-alueiden suunnitelmien yhteensovittaminen /kontrahti 2002/.

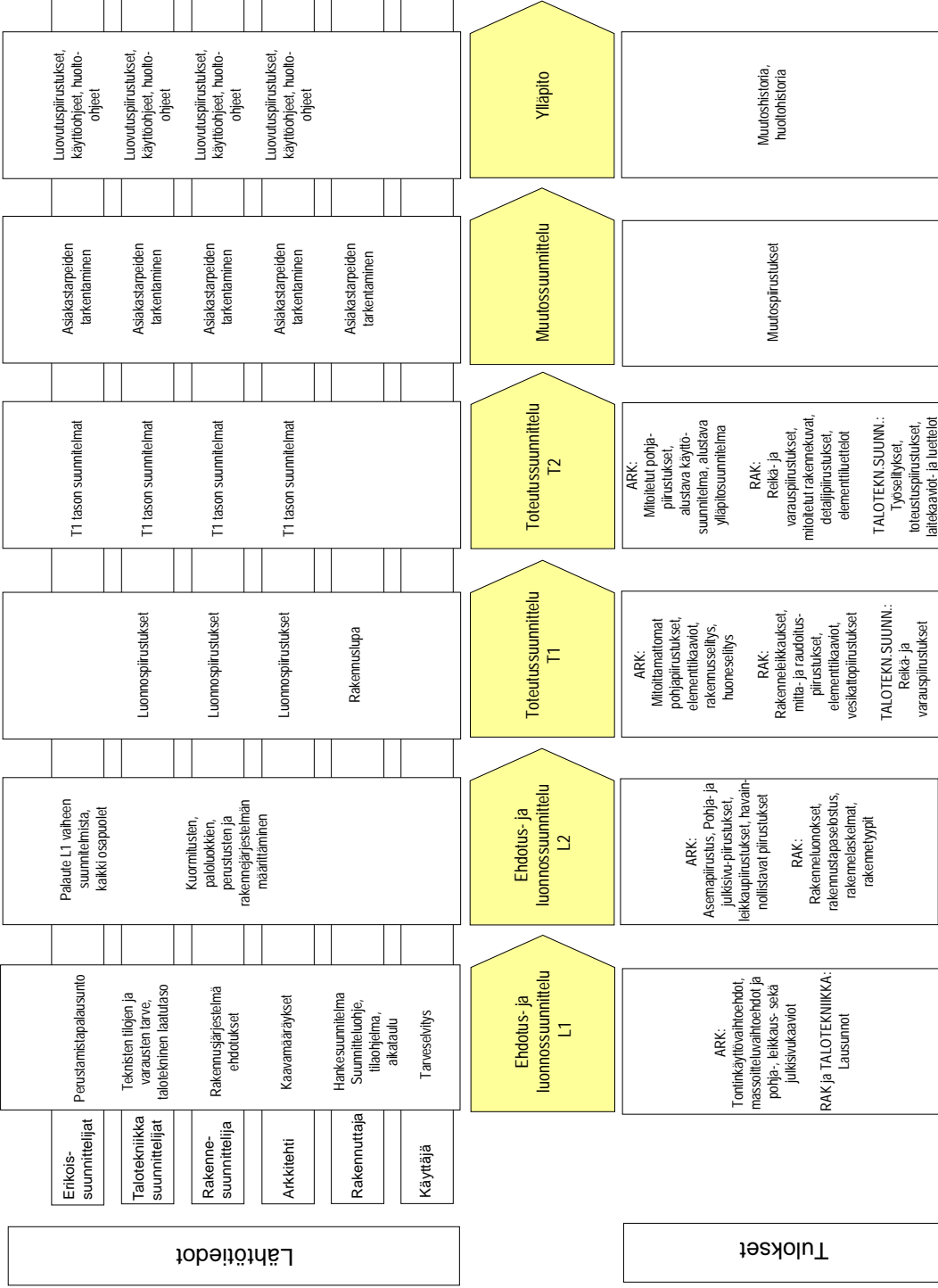
## 3. Tiedonsiirto ja -hallinta

### 3.1 Tietovirrat

Suunnittelu, valmisosatutuotanto, rakentaminen ja kiinteistöpito muodostavat monimutkaisen tietovirtoja sisältävän prosessin. Rakennushankkeissa liikkuvan tiedon määrä on myös jatkuvasti lisääntynyt. Tähän on ollut syynä esim. hankkeisiin osallistuvien yritysten lukumäärän kasvu ja talotekniikan lisääntyminen. Rakennushankkeen tiedonhallintavaatimukset ovat näin kasvaneet entisestään.

Välineitä tietovirtojen ohjaamiseen ovat mm. suunnitteluajakaava, suunnitteluohjeet (CAD-integraatio-ohjeet, mallinnusohjeet) sekä sovittu suunnitelmien ja muun tiedon jakelukäytäntö. Suunnitteluajakaava on väline osoittaa suunnittelun etenemisen ja välitavoitteet sekä suunnitelmien tarve. Suunnittelu- ja hanketietokeskusohjeiden tarkoituksena on varmistaa suunnittelu- ja toteutusprosessin aikana tarkoituksenmukainen ja virheetön tiedonsiirto projektiin osallistuvien kesken sekä hallittu tiedonsiirto rakennuksen käytön ja ylläpidon tarpeisiin /Lakka & Sulankivi 1998/.

Rakennushankkeen yleinen tiedon valtavirta voidaan pelkistetyesti kuvata seuraavasti. Tietovirta alkaa arkkitehtisuunnittelusta, mistä se kulkee erikoissuunnitteluun, erikoissuunnittelusta tuotannon valmisteluun, sieltä tuotantoon ja tuotannosta rakennuksen valmistuttua kiinteistön pitoon /Sulankivi & al. 2002/. Seuraavassa kuvassa on esitetty rakennushankkeen eri osapuolien tarvitsemat lähtötiedot muilta osapuolilta eli suunnittelualojen riippuvuuksia ja tulokset kussakin suunnitteluprosessin vaiheessa (kuva 6). Suunnitteluvaihe sisältää kuitenkin todellisuudessa muitakin tietovirtoja mm. suunnitelmien kierrätyksen, lisätietotarpeiden, suunnitelmamuutoksien ja esim. suunnitelmien tarkentuessa tarvittavien hyväksyntöjen ja päätöksien tuloksena.



Kuva 6. Eri osapuolien tietotarpeita muilta osapuolilta ja tulokset suunnittelun eri vaiheissa.

## 3.2 Tiedonsiirtomuodot

Rakennushanketta koskeva tieto luodaan nykyisin lähes kokonaan suoraan sähköiseen muotoon. Tiedon tallennus, arkistointi ja jakelu on pääasiassa dokumenttipohjaista.

Rakennuksen kolmiulotteisia tuotemalleja on tehty yksittäisissä suunnittelutoimistoissa jo vuosia (esim. arkkitehti- ja teräsrakennesuunnittelussa). 3D-malleja on kuitenkin tehty pääasiassa omia tarpeita ja yrityksen sisäistä käyttöä varten. Jonkin verran malleja on hyödynnetty myös tilaajan tarkoituksiin kuten esittelymateriaalina ja kommunikoinnin tukena. Rakennuksen tuotemallia ei ole kuitenkaan siirretty sähköisessä muodossa muille hankkeen osapuolille. Osapuolien välinen tiedonsiirto on tapahtunut 2D-piirustus- ym. dokumenttien välityksellä: CAD-suunnitelmat ovat pääasiassa vielä 2D-viivapiirustuksia, joiden välillä ei ole linkityksiä.

Eri suunnittelijoilla on omat suunnitelma-tiedostonsa, eli kukin työstää omia tiedostojaan ja niiden liittyminen toisiinsa rajoittuu tavallisesti arkkitehtisuunnitelman käyttöön referenssikuvana muiden suunnitelmien pohjana. Kun lisäksi piirtäminen tapahtuu suunnittelualakohtaisille piirustustasoille, voi seurauksena olla esim. vaikeus saada erikoissuunnittelijoiden sähköisessä muodossa tarjoamat suunnitelmat näkymään oikein ja hyödyntää niitä. Mikäli arkkitehtisuunnitelmat on luotu kolmiulotteisesti mallintamalla, rakennuksen pohja- ja julkisivukuvat sekä leikkaukset on toimitettu muille osapuolille perinteisessä muodossa. Erikoissuunnittelijoille ei ole juurikaan ollut edes tarjolla 3D-mallinnukseen tietokonesovelluksia.

Vaikka tietoa siirretään nykyisin paljon osapuolelta toiselle sähköisesti, sitä hyödynnetään tyypillisesti paperimuodossa. Suunnitelmat jaetaan muille suunnittelijoille ja kopiolaitokselle yleensä sähköisesti ja työmaalle paperikopioina. Muistioiden ja muiden A4 - ja A3-kokoisten dokumenttien kohdalla on tavallista, että sähköisessä muodossa jaettu asiakirja tulostetaan vastaanottajapäässä paperille. Sähköisiä dokumentteja onkin hyödynnetty tähän asti pääasiassa vain nopeampaan ja halvempaan tiedonsiirtoon. Muita sähköisten suunnitelmien käyttömahdollisuuksia on työmaalla nykyisin esim. suunnitelmien suurennus ja katselu tietokoneen näytöllä sekä tarpeen mukaan valittujen alueiden tulostus paperille /Sulankivi & al. 2002/.

IT-järjestelmien ja sovellusten kehittäminen on tapahtunut yhden osapuolen tarpeiden pohjalta. Yhteisen tiedonsiirtostandardin puuttuessa tietoa ei ole pystytty siirtämään suoraan järjestelmästä toiseen, eli siirtäminen ja suora hyödyntäminen sähköisessä muodossa eri osapuolien kesken ei ole ollut mahdollista. Tiedonsiirrossa on tästä syystä, ja osin toimintatapojen muutoshitauden vuoksi nojaututtu paperimuotoiseen tiedonjakeluun tai sähköisen tiedon uudelleensyöttämiseen. Seurauksena on katkonainen

ja osittainen tiedonkulku hankkeen vaiheesta toiseen. Standardimuotoisen IFC-tiedonsiirron tavoitteena on saada koko rakennuksen elinkaarenaikaiset tietovirrat hallintaan ja siirtymään vaiheesta toiseen aina kiinteistönpitoon asti.

### **3.3 Projektitiedon hallinta usean osapuolen hankkeessa**

Pienissä rakennushankkeissa kukin osapuoli ylläpitää tavallisesti omaa dokumenttiarkistoaan ja tiedonjakelu on kahden osapuolen välistä tiedonsiirtoa (nk. narukerä tai piikkipallo, joilla tällaista tiedonjakelua tyypillisesti kuvataan). Rakennushankkeen eri osapuolien yhteisen projektitiedon hallintaan kehitetyt Internet-pohjaiset hanketietokeskukset on kuitenkin otettu laajasti käyttöön suurissa hankkeissa. Teknologisia esteitä tällaisen keskitetyn dokumenttipalvelimen käytölle ei enää ole ja Suomessa niiden käyttöaste on karkeasti lähes 50 % suurissa, arvoltaan yli 17 milj. euron hankkeissa ja noin 30 % 8-17 milj. euron hankkeissa /Björk 2002/. Keskitetyn tiedonhallinnan käyttöönottoon on vaikuttanut myönteisesti kehittyneiden, dynaamisiin www-sivuihin perustuvien sovellusten tulo markkinoille.

Tavallinen käyttöliittymä keskitettyyn tietovarastoon on nykyisin Internet-pohjainen dokumenttien- ja projektinhallintaan kehitetty työryhmäsovellus, jota käytetään ASP-pohjaisena palveluna. Tämä tarkoittaa, että sovelluspalveluntarjoaja (engl. application service provider, ASP) vuokraa sovelluksen ja palvelimen levytilaa ja käyttäjä tarvitsee ainoastaan www-selaimen saadakseen perusominaisuudet käyttöönsä. Tarjolla olevat ASP-periaatteella käytettävät sovellukset tukevat nykyisin hyvin dokumenttien hallintaa. Erityisesti tiedonjakelu sekä pääsy ajantasaiseen projektitietoon ja muiden osapuolien tuottamien tietojen saaminen omaan käyttöön helpottui ProCE-tutkimusprojektissa analysoiduissa hankkeissa. Tavallista kuitenkin on, että aliurakoitsijat eivät kuulu yhteisen järjestelmän käyttäjäryhmään /Sulankivi & al. 2002/.

Nykyisin tarjolla olevien hanketietokeskusten käyttö ei edellytä radikaalia muutosta projektikäytäntöön /Björk 2002/, kun tietosisältö on kuitenkin pääosin perinteinen; 2D-suunnitelmia, muistioita ym. tekstidokumentteja. Perinteisestä tietosisällöstään johtuen nykyiset sovellukset tukevat kuitenkin vaatimattomasti mm. loppukäyttäjien osallistumista ja suunnitelmien yhteensovittamista /Sulankivi & al. 2002/.



*Kuva 7. Keskitetty tiedonhallinta eli projektitiedon jakelu ja arkistointi Internetpohjaisen hanketietokeskuksen avulla. Tieto kulkee sähköisessä muodossa Internet- tai puhelinverkkoon kytkettyjen laitteiden avulla järjestelmästä toiseen. Projektin eri osapuolet kommunikoivat ja ylläpitävät yhteistä projektitietoa sovelluksen avulla. Kuvan on piirtänyt Minna Sunikka /Lakka & Sulankivi 1998/.*

Valmiiden palveluiden ominaisuudet ovat usein keskenään samankaltaisia ja ne on kehitetty lähinnä parantamaan usean osapuolen projektin dokumenttien hallintaa. Tarjolla on myös monia pitkälle kehitettyjä palveluita, jotka sisältävät erilaisia työnohjaussovelluksia projektin hallinnan tueksi, lisänä kyky tallentaa esim. projektin tiedonjakelunhistoriaa. Tietokantapohjaisuutta hyödynnetään hieman jo varsinaisen projektitiedonkin tallentamiseen, sillä joissain sovelluksissa on sähköisiä lomakkeita käytettävissä, esim. tietokantapohjainen työmaapäiväkirja, josta hyötyvät erityisesti työmaamestari ja valvojat.

*Esimerkitapauksia hanketietokeskuksen nykyisestä käytöstä suunnittelutiedon jakelussa /ProCE-projekti/:*

**Suomi:**

Suunnittelutieto jaetaan projektiin osallistuville sähköisessä muodossa keskitetyn järjestelmän avulla. Tämän rinnalla on perinteinen paperikopioiden jakelu niin, että tulostustiedostot lähetetään sähköisesti tulostuslaitokselle. Suunnitelmatieto saadaan jaettua muiden osapuolien käyttöön sähköisessä muodossa ilman jakeluviveitä: heti kun suunnitelma on talletettu keskitettyyn järjestelmään, se on muiden osapuolien käytettävissä, eli katseltavissa, suurennettavissa ja valitut osat tulostettavissa esim. A3-koossa. Paperimuodossa suunnitelmat ovat käytettävissä keskimäärin päivän myöhemmin.

### ***Ruotsi ja Englanti:***

Esimerkit ovat aikataulullisesti kriittisiä hankkeita, joissa toteutus tukeutuu lähes kokonaan pelkän hanketietokeskuksen käyttöön suunnittelutiedon jakelussa. Sekä suunnittelutieto että paperimuotoiset suunnitelmat ovat muiden osapuolien käytettävissä välittömästi sen jälkeen, kun suunnittelija laittaa suunnitelmansa jakoon: suunnittelijat tallentavat suunnitelmat keskitettyyn järjestelmään A3-kokoisina, jolloin muut osapuolet saavat ne käyttöönsä sähköisessä muodossa ja tulostavat tarvitsemansa suunnitelmat itse paperille. Esim. pääurakoitsija tulostaa tarvitsemansa paperisuunnitelmat työmaalla ja tilaa suunnitelmien paperikopiot kopiolaitokselta, silloin kun niitä tarvitaan. Näin eliminoidaan kaikki jakeluviiveet ja voidaan tukea nopeaa toteutusta. Omana työnä suoritettava tulostus tuottaa jonkin verran kustannuksia, minkä vuoksi menettelytavalla ei automaattisesti saavuteta säästöjä paperitulosteissa vaan hyödyt ovat ensisijaisesti aikahyötyjä.

Esimerkin kuvaama omaan tulostukseen ja A3-kokoisten suunnitelmien käyttöön nojautuva uudistettu jakelutapa soveltuu pieniin aikataulukriittisiin hankkeisiin, joissa voidaan päästä nopeaan ja edulliseen suunnittelutiedon jakeluun. Menettelytapa ei sovellu sellaisenaan suuriin ja monimuotoisiin kohteisiin, joissa käyttökelpoisten suunnitelmien tulostamiseen voidaan tarvita jopa A0-kokoon kirjoitin. Esim. Ruotsissa työmailla onkin jonkin verran kirjoittimia myös A3-kokoa suurempia työmaatulostuksia varten.

Suunnitelmien jakamista vain katseluun ja tulostamiseen tarkoitettussa tiedostomuodossa niille osapuolille, jotka eivät itse suunnittele ja tarvitse varsinaista CAD-tiedostoa, on myös käytetty jonkin verran. Tällainen tiedostomuoto on esimerkiksi Adoben pdf-tiedosto. Hyötyjä alkuperäisen CAD-ohjelman tiedostomuotoon verrattuna ovat mm. pienempi tiedostokoko sekä edullisempi ja helppokäyttöisempi sovellusohjelma.



## **4. Ongelmia ja kehittämistarpeita**

### **4.1 Nykyisen prosessin ongelmia**

Valtaosa hankkeissa esiintyvistä ongelmista on yleisiä toistuen samankaltaisina eri hankkeissa /Tanhuanpää & Lahdenperä 1996/. Seuraavaan taulukkoon on kerätty nykyisessä suunnittelu-rakentamisprosessissa havaittuja ongelmia ja kehittämistarpeita.

Merkittävä syy moniin nykyisiin ongelmiin on, että kukin osapuoli on keskittynyt kehittämään omia prosessejaan, eikä kukaan ole kovin paljon uhrannut voimavaroja prosessiin kehittämiseen kokonaisuutena /Karhu & Lahdenperä 1999/. Joidenkin nykyisten ongelmien ratkaisuun voidaan saada tukea standardimuotoisen, yhteiskäyttöisen tuotemallitiedon ja hankkeen eri osapuolien ulottuvilla olevan keskitetyn tietovaraston sekä tuotemallitietoa hyödyntävien uudenaisten sovellusten avulla. Esimerkkinä voidaan mainita rakennettavuusnäkökohtien huomioiminen.

*Taulukko 1. Nykyisen suunnittelu-rakentamisprosessin ongelmia /Josephson, P.-E. 1994/, /Josephson, P.-E & Hammarlund, Y. 1996/, /Koskela, L. 2000/, /Tanhuanpää, V.-P., Koskela, L., Lahdenperä, P./, /Lahdenperä, P. 1998/.*

<b>ASIAKASTARPEET JA VAATIMUKSET</b>
<p>Puutteellinen tarvekartoitus</p> <p>Systemaattisen vaatimusmäärittelyn heikkous tai puute</p> <p>Yksilöllisyyden aliarvostus</p> <p>Rakennuksen vaatimustenmukaisuuden todentamisen heikkous tai puute</p>
<b>TOTEUTTAJIEN VALINTA, HANKKEEN ORGANISOINTI, TEHTÄVÄT JA VASTUUT</b>
<p>Hankkeiden ainutkertaisuus</p> <p>Hankkeiden hajanaisuus: suunnittelun ja tuotannon erillisuus, toteutuksen pilkkominen, yhteistyön kertaluontoisuus</p> <p>Kilpailun toimimattomuus</p> <p>Epäselvät vastuut</p>
<b>RAKENNUSSUUNNITTELU</b>
<p>Rakennussuunnittelun johtamisen heikkous</p> <p>Suunnittelun lyhytnäköisyys</p> <p>Yksittäisen suunnittelutehtävän lähtötietojen saannin hankaluus</p> <p>Suunnitteluvirheet</p> <p>Erikoisosaamisen sivuuttaminen</p> <p>Suunnitelmamuutokset</p> <p>Eri suunnittelualojen suunnitelmien koordinoinnin puutteet</p> <p>Rakennettavuusnäkökohtien laiminlyönti rakennussuunnittelussa</p>
<b>TUOTANNONSUUNNITTELU JA -OHJAUS, HANKINTA, LOGISTIIKKA</b>
<p>Yleisaikataulun ohjaavan roolin heikentyminen hankkeen kuluessa</p> <p>Järjestelmällisen lyhyen aikavälin työmaan tuotannonohjauksen heikkous tai puuttuminen</p> <p>Tuotannonsuunnittelun ja -valmistelun puutteet tai virheet</p> <p>Eri aliurakoitsijoiden töiden koordinoinnin ongelmat</p> <p>Esivalmistettujen rakennusosien tilaaminen puutteellisin asiakirjoin</p> <p>Esivalmistettujen rakennusosien toimitukseen kohdistuvat aikataulumuutokset</p> <p>Puutteelliset ja myöhässä olevat toimitukset</p> <p>Materiaalilogistiikan puutteet</p>
<b>RAKENTAMINEN</b>
<p>Tehoton toteutus</p> <p>Työskentely epäsuotuisissa olosuhteissa (väärä työjärjestys, suojaamattomissa olosuhteissa, muiden työlajien häiriöt)</p> <p>Rakennustehtävän uudestaan tekeminen virheen korjaamiseksi</p> <p>Työtaturma-alttius</p> <p>Laatuongelmat</p> <p>Materiaalihukka</p> <p>Yksittäisen rakennustehtävän aloitusedellytysten kuntoon saannin hankaluus</p>
<b>LUOVUTUS JA KÄYTTÖÖNOTTO</b>
<p>Rakennusta ja sen toteutusta koskeva tieto siirtyy puutteellisesti suunnittelu- ja rakentamisvaiheista kiinteistön ylläpitoon.</p>

## 4.2 Rakennusalan kehittämistrendejä

Rakentamisprosessin ongelmat ovat olleet huomion kohteena jo ainakin 1960-luvulta lähtien, ja useita organisointiin ja johtamiseen liittyviä kehittämisalotteita on virinnyt niiden ratkaisemiseksi.

Rakennuksen suunnittelun ja toteutuksen eriytymisen ongelmiin kiinnitti huomiota Bowley (1966). **Design-build hankintatapa** (suunnittelu-toteutus) onkin sittemmin yleistynyt (Lahdenperä 2001). Tutkimuksissa on havaittu design-build menetelmän johtavan jonkin verran paremmin tuloksiin kustannusten ja rakentamisajan suhteen kuin tavanomaisen, tarjouskilpailuun perustuvan hankintamenetelmän. Ero on kuitenkin suhteellisen pieni, ja viittaa siihen, että design-build menetelmän koko potentiaalia ei ole saatu hyödynnetyksi.

**Toimivuusajattelulla** tarkoitetaan menettelytapaa, jossa rakentamisen lopputuotteesta kuvataan valintavaiheessa sen tekniset ominaisuudet eikä teknistä ratkaisua (Becker 1996, Toimivuusajattelu rakentamisessa). Käytännössä menettely tarkoittaa joko toimivuuspohjaista vaatimusmäärittelyä tai toimivuuspohjaista toteutusohjelmaa, jolla kilpailutetaan ja/tai tilataan kokonaistoimitus. Toimivuusajatteluun on kuulunut kiinteästi elinkaarikustannusten huomioon otto.

**Kokonaistaloudellinen suunnittelu ja elinkaarivastuullinen rakentaminen** on yleistynyt myös itsenäisenä trendinä (International Organization for Standardization 2002). Se tähtää siihen että elinkaarikustannuksille annetaan enemmän painoa rakennushankkeen päätöksenteossa.

Kokonaan uusia rakentamisen organisointimalleja on kehitetty useissa maissa. Niistä ehkä menestynein on ns. **avoin rakentaminen**, jossa perusideana on rakennetun ympäristön ja rakentamisen jäsentäminen eri päätöksentekotasojen avulla (Tiuri 1997). Käytännössä avoin rakentaminen on useimmiten toteutettu jakamalla rakennus kiinteisiin pitkäikäisiin osiin ja joustavaan muunto-osaan.

**Lean Construction** on 1990-luvulta peräisin oleva kehittämisalotte, jonka virikkeenä on ollut Japanin autoteollisuudessa kehitetty lean production -tuotantjärjestelmä. Lean production -menetelmiä on yhtäältä sovellettu sinänsä rakennusteollisuudessa ja toisaalta niiden taustalla olevien teorioiden avulla on pyritty muotoilemaan rakentamiseen oma tuotantjärjestelmänsä siihen liittyvine menetelmineen (Koskela & al. 2002, Ballard & al. 2002). Lean Construction nostaa hukan ja arvontuoton nimenomaisiksi ohjaustavoitteiksi. Kummankin tavoitteen kannalta keskeisiksi ohjauskeinoiksi ovat osoittautuneet ne, jotka tavoittelevat ennustettavuuden lisäämistä.

Huomiota on kiinnitetty lyhyen aikavälin ohjaukseen sekä suunnittelussa että tuotannossa; ns. Last Planner menettely on tässä suhteessa osoittautunut lupaavaksi.

Muita uudehkoja kehittämisaloitteita ovat mm. **partnering**-toiminta ja prosessien uudelleensuunnittelu, **re-engineering**.

Havaittavin muutos kiinteistö- ja rakennusosalalla etenkin Suomessa on ollut viime vuosina sen suuntautuminen yhä enemmän kohti palveluelinkeinoa. **Kiinteistöjen omistaminen on muuttunut ammattimaisemmaksi** ja vaativammaksi sekä ydintoiminnan että arvon tuoton ja säilymisen näkökulmasta. Rakennusalan asiakkaiden toiminta on muuttunut ympäristö- ja elinkaaritietoisemmaksi ja vaativammaksi myös itse rakentamisprosessin nopeuden, sujuvuuden ja palvelutason suhteen. Mitä selkeämmin muutos johtaa tähän suuntaan, sitä nopeammin on mahdollista syntyä kysyntää uudentyyppisille palveluille ja tuotteille /Koivu 2002/.

Rakennushankkeen organisointiin ja johtamiseen liittyviä kehittämisaloitteita ja tietotekniikkaan liittyviä kehittämisaloitteita on varsin usein toteutettu toisistaan irrallisina. Viime aikoina onkin tuotu esiin tarve tarkastella näitä kehittämisaloitteita rinnakkain, jotta niiden synergia voitaisiin paremmin hyödyntää (Koskela & Kazi 2003).

## 5. Tuotemallitekniologian mahdollisuuksia

Tiedon ja ohjelmistojen yhteensopivuudella on katsottu olevan kriittinen merkitys kiinteistö- ja rakennusalan kehittämisessä /Koivu 2002/. Seuraavassa on kuvattu tuotemallitekniologian potentiaalisia hyötyjä ja mahdollisuuksia nykyisten ongelmien korjaamisen ja rakennusalan kehittämisen tukena.

### **Suunnitelmat havainnollisemmiksi ja käyttökelpoisemmiksi eri osapuolille:**

Suunnitelmien esittämistapa tulee havainnollisemmaksi jo kolmiulotteisuuden myötä, mutta lisäksi vaihtoehtojen kuvaamiseen voidaan käyttää animaatioita ja virtuaaliympäristöjä. Ensimmäisiin kokemuksiin perustuen liikkuminen virtuaalitallassa on helppoa ja antaa melko vakuuttavan tunteen tilasta /<http://www.a-konsultit.fi/>. Tiedon käyttökelpoisuus paranee, kun tietoa voidaan siirtää järjestelmästä toiseen ja hyödyntää eri tarkoituksiin.

### **Suunnitelmien tietosisältö kehittyy:**

Kun suunnitelma muodostuu viivojen sijaan parametrisoiduista objekteista ja tuoterakenteista, suunnitelmaan saadaan enemmän ja tarvittaessa tarkempaa tietoa. Geometrian lisäksi rakennussuunnitelmiin saadaan liitettyä tietoa esim. rakenteista ja tuoteosien ominaisuuksista joko tuotemallin tai siihen linkitettyjen dokumenttien avulla.

### **Tieto siirtyy hankkeessa vaiheesta toiseen kumuloituen:**

Tieto siirtyy hankkeessa vaiheesta toiseen kumuloituen, kun yhteen paikkaan tallennettu, sama malli kehittyy ja tarkentuu hankeprosessin edettäessä. Uusi toimintatapa edellyttää kuitenkin aidosti yhteiskäyttöistä tuotemallitietoa eli kirjoittamishetkellä vielä kehitystilassa olevien nk. tuotemallipalvelimien käyttömahdollisuutta ja toimintavarmoja sovelluksia eri osapuolien käyttöön.

### **Työryhmän yhteistyömahdollisuudet uudelle tasolle:**

Työryhmän yhteistyömahdollisuudet paranevat merkittävästi, jos suunnittelijat voivat yhteistyössä tuottaa rakennuksen tuotemallin eli virtuaalirakennuksen sen sijaan, että eri suunnittelijoilla on omat irralliset suunnitelmansa. Muiden suunnittelijoiden työn edistymisen seuraaminen oman työn ohella on luontevampaa, kun eri suunnittelualojen suunnittelutieto on integroitu yhteiskäyttöiseen tuotemalliin, eikä tiedon etsimiseen tarvita erillisiä toimenpiteitä. Yhteistyömahdollisuus edellyttää uuden tekniologian lisäksi myös koko projektitiimin muodostamista riittävän aikaisessa vaiheessa, jotta eri osapuolien osaaminen suunnitteluvaiheessa voidaan hyödyntää.

### **Tuki suunnitelmien yhteensovittamiselle ja suunnitelmavirheiden vähentämiseksi:**

Koska tuotemallissa yksi tieto syötetään vain yhteen paikkaan, mallista suoraan tulostetut asiakirjat ovat automaattisesti keskenään ristiriidattomia /<http://www.a->

konsultit.fi/. Perinteisesti on jouduttu miettimään, mihin kaikkiin suunnitelmadokumentteihin muutos vaikuttaa. Keskitetyn tietokannan muutoksien yksiselitteisyyden lisäksi yhteinen 3D-malli mahdollistaa putkien ja muiden rakennusosien helpomman sovituksen käytettävissä olevaan tilaan ja nk. törmäystarkastelut rakenteiden päällekkäisyyksien välttämiseksi suunnitelmissa.

### **Tuki suunnittelun ja tuotannon yhteensovittamiselle:**

Tuotemallipohjainen tiedonhallinta parantaa mahdollisuuksia ottaa huomioon asennus- ja valmistusteknisiä seikkoja. Tuotevalmistajien objektien mukana suunnitelmaan voidaan liittää valmistuksen ja asennuksen kannalta tärkeää tietoa. Tuoterakenne tai objekti voi edustaa esim. hyväksi ja toteutuksen kannalta ongelmattomaksi koettua vakioitua tuoteratkaisua tai liitosdetaljia. Suunnitelmien havainnollisuus ja tehokas analysointi, tulevaisuudessa esim. erityisten analysointiohjelmien avulla, voi myös helpottaa urakoitsijaa tuotannon kannalta epäedullisten tai riskejä sisältävien ratkaisujen tunnistamista.

**Esivalmistus:** 3-D mallin mahdollistama rakennusosien tarkka mitoitus tarjoaa aiempaa paremmat mahdollisuudet esivalmistukseen.

**Työmaatuotanto:** Tuotemallitekniikan avulla voidaan tuottaa kolmiulotteisia havainnollistuskuvia esim. aliurakoitsijan sopimuksen piiriin kuuluvista tuoteosista.

### **Lisäarvoa tilaajalle:**

Tilaaajan osallistumismahdollisuuksien parantumisen myötä lopputuloskin eli käyttöönotettava rakennus vastaa todennäköisesti paremmin toiveita ja odotuksia. Päätöksenteon tukena voidaan visualisointien lisäksi käyttää elinkaarikustannus- ym. analyysejä. Lisäksi taloudellista hyötyä on saavutettavissa suunnittelu- ja rakentamisvaiheissa kerätyn tiedon hyödyntämisessä käytön ja ylläpidon tarpeisiin.

### **Tuottavuuden ja työn mielekkyyden kohoaminen:**

Suunnittelutyö tulee mielekkäämmäksi ja tuottavuus paranee tehokkaampien työskentelyvälineiden ja rutiininomaisen työn vähentymisen myötä. Samasta tuotemallitietokannasta saadaan tarpeenmukaisia näkymiä ja tulosteita eri tarkoituksiin. Esim. määrätiedot ja 2D-piirustukset saadaan nopeasti 3D-mallista. Myös rakentajien työn työmotivaatiota voidaan kohottaa: kun tietty työvaihe tarkoittaa aliurakoitsijalle hyvin yksipuolista työskentelyä tai vain tietyn materiaalin kuten betonin näkemistä, havainnollinen kuvaus työn tavoitteesta ja hankkeen suunnitellusta etenemisestä kohti lopputulosta on parantanut aliurakoitsijoiden työskentelyasennetta /Stennings, D. 2002/.

**Uudet liiketoimintamahdollisuudet eri osapuolille:**

Esim. suunnittelijoille avautuu mahdollisuus uuden tyyppiseen liiketoimintaan siirryttäessä piirtämisestä mallintamiseen ja laskelmien teosta vaihtoehtojen tuottamiseen. Urakoitsijan rooli voi kasvaa sen mukaan, miten paljon vastuuta ja toimintoja halutaan ottaa mallintamisesta. Tuoteosatoimittajien uudet mahdollisuudet mallintamisen ja yhteensopivuuden näkökulmasta perustuvat kyvykkyyteen lisätä informaatioisältöä toimitukseen /Koivu 2002/.

## 6. Toteutetut IFC-tuotemallipilotit

### 6.1 Yleistä

Useissa organisaatioissa ja kehityshankkeissa ollaan tekemässä tuotemallitekniikan kehittämisen ja hyödyntämisen suhteen pioneerityötä ja teollisuuden voidaan sanoa olevan nyt tuotemallitekniikan hyödyntämisen kynnyksellä. Käyttäjiä voidaan kuvata korkeintaan aikaisiksi hyödyntäjiksi; 90 % alasta ei ole reagoinut asiaan käytännössä lainkaan. Sen sijaan potentiaali ja hyödyt ovat selkeästi nähtävillä, mutta vaikutuksia liiketoimintaan ja prosesseihin ei osata vielä kuvata /Koivu 2002/.

Yhteiskäyttöisen tuotemallitiedon käyttöönotto on alkanut IFC-tiedonsiirron pilotoinnilla. Piloteissa on pyritty standardimuotoisen tiedon siirtoon järjestelmästä toiseen ja suoraan hyödyntämiseen eri sovelluksissa. Nk. tuotemallipalvelimen ollessa vielä kehitystilassa ja kaupallisten palveluntarjoajien puuttuessa IFC-tiedostojen tallennuspaikkana on käytetty edellä kuvattua perinteisempää hanketietokeskusta eli dokumenttipalvelinta. Samasta syystä rakennuksen malli liikkuu vielä kokonaisuudessaan eli IFC-tiedostona arkkitehdiltä muille suunnittelijoille (vrt. luku 6, yhteisen mallin jakaminen ja hallinta).

Toistaiseksi tuotemallitekniikasta on siis niukasti kokemuksia tuotantokäyttöön siirtymistä ajatellen. Kansainvälisestäkin katsottuna, todellisia pilotteja on toteutettu hyvin vähän. Monet IFC-pilotoitina esiintyvät tapaukset ovat osoittautuneet tiedonsiirtokokeiluiksi, joissa käytetty data ei ole aina edes todellisesta rakennushankkeesta /Seren 2002/. Laajimmin standardimuotoisen 3D-tuotemallitiedon käyttöä on testattu Suomessa ja projekteista Sali600-hankkeessa. Tästä syystä kyseistä hankkeesta pyrittiin aiemmin julkisuudessa esitettyjä tuloksia perusteellisemmin keräämään eri osapuolien kokemuksia haastatteluin (luku 4.2).

Kirjoittamishetkellä ehkä mielenkiintoisin ulkomainen pilotti prosessin kehittämisenäkökulmasta on Singaporelainen "e-PlanChecking"-sovellusohjelman pilotointi. Sovellus on IFC-tiedonsiirtoa toteuttava internetpohjainen viranomaistarkastussovellus. Tiedonsiirtokokeiluja tai pilotteja löytyy Suomen ja Singaporen lisäksi ainakin Yhdysvalloista, Ranskasta, Iso-Britanniasta, Tanskasta ja Koreasta. Ulkomaisista piloteista löytyy enemmän tietoa Eurostepin IFC-lähtötilanneselvityksestä /Seren 2002/.

IFC -tiedonsiirtoa pilotoituissa hankkeissa on toimittu pitkälle perinteisellä tavalla, kun uuden tekniikan testaus on tapahtunut kehityshankeluontoisesti, muuttamatta oleellisesti hankeprosessia. Sali600-hankkeen suunnittelu-rakentamisprosessista löytyy kuitenkin



joitain uusia piirteitä ja ensimmäisten kokemusten perusteella eri osapuolilla on odotuksia teknologian hyötyjen suhteen tulevilla hankkeilla.

## 6.2 Kokemuksia Suomesta

### 6.2.1 Taustatietoja

Kokemukset on kerätty pääosin sali600-hankkeeseen liittyen, mutta monet hankkeeseen osallistuneiden ja haastateltujen henkilöiden kokemukset ja näkemykset koskevat 3D-tuotemallien ja IFC-tiedonsiirron hyödyntämistä laajemminkin. Lisäksi samoja osapuolia on ollut mukana myös edeltäneissä IFC-tiedonsiirtokokeiluissa. Projektin perustiedot on esitetty taulukossa 1.

*Taulukko 1. Sali600-hankkeen perustietoja /www.tkksali600.net/.*

<b>Kohde:</b>	TKK:n päärakennuksen laajennus, uusi 600 hengen auditorio, Espoon Otaniemessä. Integrointi arkkitehtonisesti, toiminnallisesti ja liikenteellisesti olemassa olevaan päärakennukseen.
<b>Toteutus:</b>	Projektinjohtototeutus Suunnittelu & rakentaminen 17 kk, tilat otettu käyttöön 2/2002 Tiukka aikataulu (fast-track-projekti).
<b>Osapuolet:</b>	Rakennuttaja Senaatti-kiinteistöt Loppukäyttäjä Teknillinen korkeakoulu TKK Arkkitehtisuunnittelu (pääsuunnittelija) A-Konsultit Oy Rakennesuunnittelu Insinööritoimisto Magnus Malmberg Oy Talotekninen suunnittelu Insinööritoimisto Olof Granlund Oy Projektinjohtototeutus YIT Concept Projektinjohtopalvelut Oy

Hanke oli pilottiprojekti, jossa suunnittelutiedon jakelussa käytettiin rinnakkain uutta IFC-tiedonsiirtoa sekä perinteisempiä tiedostoformaatteja ja suunnitelmien paperijakelua. Tiedonjakelu tapahtui keskitetyn hanketietokeskuksen, sähköpostin ja faksin avulla sekä kommunikoimalla puhelimitse esim. lisätietoja tarvittaessa. Jaettu suunnittelutietoa oli 3D -tuotemalli (virtuaalirakennus) sekä perinteisiä dokumentteja. Suunnittelijoiden välillä tieto liikkui pääasiassa sähköisessä muodossa hanketietokeskuksen välityksellä ja sähköpostin liitetiedostoina. Työmaa sai suunnitelmia myös perinteiseen tapaan kopiolaitoksen kautta paperikopioina aina uuden suunnitelmaversioiden julkaisutilanteessa.

Arkkitehti mallinsi rakennuksen normaalin suunnittelukäytäntönsä mukaisesti 3D:nä ArchiCADilla. Mallista generoitiin 3D-tieto, 2D-tieto, animaatioita ja tekstitietoa. 3D-tuotemallitietoa siirtyi sekä IFC R1.5.1 -muodossa että ArchiCADin omassa

formaatissa. Kaiken kaikkiaan arkkitehti jakoi suunnittelutietoa noin 20 eri formaatissa hankkeen muille osapuolille. IFC-muotoista tietoa toimitettiin LVIS- ja rakennesuunnittelijalle sekä pääurakoitsijalle. Arkkitehti tallensi rakennuksen koko mallin palvelimelle, minkä jälkeen se oli muiden suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden hyödynnettävissä. Koska nk. tuotemallipalvelinratkaisua ei vielä ollut käytettävissä, arkkitehdin 3D-mallin päivitykset tarkoittivat käytännössä koko tuotemallitiedoston päivittämistä uudella "vaihemallilla", vastaten tietyn suunnitteluvaiheen tulosta.

Rakenne- ja LVIS-suunnittelija hyödynsivät arkkitehdin mallista geometrian oman työnsä pohjana. Rakennesuunnitelmat piirrettiin pääasiassa kaksiulotteisina AutoCADillä, mutta teräsrunko (pilarit ja kattoristikot) mallinnettiin 3D:nä Allplot-sovelluksella IFC-muodossa. LVIS-suunnittelija hyödynsi IFC-tietoa energiasimulointeihin ja elinkaarianalyysihin. Arkkitehdin mallista saatiin tiedot myös virtuaaliympäristössä tehtyihin ratkaisuvaihtoehtojen visualisointeihin ja olosuhdesimulointeihin sekä urakoitsijalle määrät, rakennetiedot ja sijainnit tuotanto- ja kustannussuunnitteluun. Visualisointeihin käytettiin lisäksi työasemasovelluksella tuotettuja animaatioita.

## 6.2.2 Suunnittelu-rakentamisprosessi

Ensimmäinen oleellinen ero tavanomaiseen rakennushankkeeseen nähden oli toteuttajien valinnan ajoittuminen, kun asiantuntijat arkkitehti-, rakenne-, talotekniseen sekä kustannus- ja toteutussuunnitteluun valittiin aivan hankkeen alussa. Myös tilojen tuleva käyttäjä otettiin tiivistä mukaan prosessiin sitouttaen käyttäjä ohjaamaan hanketta kohti haluttua lopputulosta /[www.tkksali600.net/](http://www.tkksali600.net/).

Luonnossuunnitteluvaiheessa tehty eri ratkaisuvaihtoehtojen perusteellinen analysointi oli oleellinen ero perinteiseen prosessiin nähden. Eri runkoratkaisuvaihtoehdot ja kustannukset näille arvioitiin, ennen kuin valinta suoritettiin ja suunnittelua jatkettiin. Poikkeuksellista oli myös ympäristö- ja elinkaarivaikutuksien painottaminen ja päätöksentekoa tukevat visualisoinnit ja simuloinnit. Visualisointia hyödynnettiin esim. valaistuksen suunnittelussa ja simulointia ilmavirtojen analysointiin.

Toteuttajan ja alihankkijoiden tuotannollinen asiantuntemus pyrittiin hyödyntämään suunnittelussa. Toteutusta analysoitiin säännöllisesti 4D-työkalujen avulla pyrkien varmistamaan hankkeen aikataulullisesti häiriötön toteutus /[www/](http://www/).

## **Pilottihankkeeseen osallistuneiden näkemyksiin perustuvia prosessin muutostarpeita ja näkymiä:**

Yhteiskäyttöisien tuotemallien käyttöönoton myötä joudutaan suunnittelemaan niin, että suunnittelussa huomioidaan hankkeen eri osapuolien tarpeet tuotetietoa kohtaan. On suunniteltava tietyllä sovitulla tavalla, minkä vuoksi mallin rakentaminen on suuressa roolissa. Eri osapuolien on sovittava, miten menetellään: esim. suunnittelun pelisäännöt ja luokittelujärjestelmä on oltava selvillä heti suunnittelun alkaessa, koska tiedon esitykseen liittyy muutosjähmeys ja muutoksiin valtava ylimääräisen työn riski. On määriteltävä myös esim., miten aikataulutieto esitetään.

Suunnittelun käynnistämisvaiheessa tilaajan kanssa pitää määritellä millainen mallin tulee olla. Tilaajien tulee vaatia tuotemallinnusta omien tarpeidensa mukaan. Voi olla tarkoituksenmukaista luoda esim. tarkkuudeltaan erilaisia malleja eri tarkoituksiin, tai erilaisiin ja -kokoisiin projekteihin. Tilaajan näkökulmasta, toivotulle mallinnustarkkuudelle voi tulla rajoituksia esim. turvallisuussyistä. Ratkaisuna saattaisi olla esim. viitteiden käyttö suunnitelmissa: esim. ovi-koodi, jonka perusteella tiedot löytyvät eli objektin tarkemmat tiedot ovat "säilössä", mutta löytyvät koodin perusteella tarvittaessa.

Kuvatussa hankkeessa arkkitehti toimitti suunnitelmia muille osapuolille 3D-tuotemallin muodossa, mutta hankkeen pilotti-luonteesta johtuen vastuuta sähköisessä muodossa olevan 3D-mallin oikeellisuudesta ei määritelty. Siirryttäessä tuotemallitiedon tuotantokäyttöön, vastuut mallin oikeellisuudesta on määriteltävä. Tähän liittyvä merkittävä kysymys on, miten taataan mallin säilyminen alkuperäismuodossa, kun se siirretään kolmannelle osapuolelle, esim. pääurakoitsijalta aliurakoitsijalle. Yksi mahdollinen ratkaisu lienee vastuun ulottaminen vai nimetyissä käyttövarmoiksi todetuissa sovelluksissa käyttöön. As-built suunnitelman siirtyessä rakennuksen käyttöönottovaiheessa tilaajalle piirustusten sijaan 3D-objektina, nousee esiin myös kysymys tuotemallin "omistuksesta".

Yleisemmin ajateltuna tulevaisuuden prosessien suuri haaste on tiedon syöttäminen ja tiedon kulku prosessissa. Esim. hankintatieto ja työmaan vastaanottotieto pitää saada integroitua tuotemalliin niin, että kiinteistönpitoon siirtyy oikea tieto käytetyistä materiaaleista. Objektien mukana pitäisi saada todelliset ominaisuus- ja huoltotiedot kiinteistönpitoon. Yrityksiä koskien käytettävien sovellusten valinta ja toimintatapojen oppiminen ovat suurimpia haasteita.

### 6.2.3 Uuden teknologian ja toimintatapojen hyötyjä

Tuotemallitekniologia mahdollisti sali600-hankkeen luonnossuunnitteluvaiheessa perinteistä nopeamman suunnitteluratkaisun iteroinnin ja luotettavan kustannusarvion tekemisen kustannusseurantaan sekä eliminoi rakennuksen geometria-tiedon uudelleen syöttämisen. Muita eri osapuolien yhteisiä hyötyjä olivat mm. tuki loppukäyttäjän edustajan, tilaajan ja muun projektitiimin väliselle kommunikoinnillekin IFC- tietoa hyödynnettiin visualisointiin esim. virtuaaliympäristössä. Perustuen tehokkuuteen ja saavutettuihin aikasäästöihin, suunnittelutiimi kykeni antamaan tukea myös tilaajan päätöksentekoon elinkaarianalyysellä ja vertailuja koskien mm. käyttökustannuksiin ja ympäristövaikutuksiin liittyen /Fischer, M. and Calvin, K. 2002/. Toisin sanoen, saavutetaan huomattavasti nopeampi ja luotettavampi suunnitteluprosessi, voidaan tutkia vaihtoehtoisia ratkaisuja nopeasti sekä voidaan hyödyntää eri osapuolien ammattitaitoa syvemmin /www.tkksali600.net/.

#### **Arkkitehdin havaitsemia hyötyjä:**

- Visualisoinnit suoraan arkkitehdin mallista tilaajalle antavat mahdollisuuden esitellä tilaajalle oikea virtuaalirakennus. Kolmannen osapuolen irrallisena tehtävänä visualisointi ei välttämättä vastaa arkkitehdin suunnittelemaa lopputulosta.
- Kustannustietoutta suunnitteluun

#### **Tilaajan havaitsemia hyötyjä:**

- Alkuvaiheessa yhdessä työskentelyn tuloksena saatiin tuotannon palaute suunnitteluun.
- Suunnitelmien esittely tilaajalle esim. suunnittelukokouksissa oli aiempaa havainnollisempaa. Visualisoinnista saatiin interaktiivinen keskustelun tuki.
- Kustannusten toteutumisen seuraaminen ja siihen liittyvän tiedon välittäminen tilaajalle kokouksissa onnistui tavallista paremmin. Tämä vähensi myös kustannusriskejä.
- Tieto miellettiin luotettavaksi.

#### **Rakennesuunnittelijan havaitsemia hyötyjä:**

3D-suunnitelma helpottaa reittien sovitusta rakenteisiin, esim. kanavien ja putkien sijoitus kattoristikoiden sauvojen väleihin tai ei-vaakasuuntaisiin rakenteisiin kuten pilottikohteessa kaltevan lattian alle. Perinteisesti usein vasta työmaalla on huomattu, että kaikki suunniteltu tekniikka ei mahdu sille varattuun tilaan. Nopeiden törmäystarkastelujen tarve on korostunut, kun suunnitteluaiakatauluja on tiivistetty ja eri suunnittelijoiden työtä sekä lisäksi rakentamista limitetty.

### **Urakoitsijan havaitsemia hyötyjä:**

- Määrätieto joudutaan laskemaan hankeprosessissa useaan kertaan, koska edellisen vaiheen tarkkuus tai ryhmittely ei ole sopiva seuraavaan vaiheeseen. Tuotemallista määrät saadaan kussakin vaiheessa automaattisesti ja nopeasti, mikä säästää merkittävästi aikaa ja henkilöresursseja.
- Suunnitelmien analysointiapu: esim. suunnitelmaratkaisujen analysointi niin, että sovellus etsii suunnitelmista kaikki tietyntyyliset rakenteet automaattisesti, mutta tuloksen arviointi ja päätös ko. rakenteiden vaihtamisesta esim. riskien välttämiseksi perustuu asiantuntijan harkintaan.
- Kustannussuunnittelun ja suunnittelunohjauksen lähentyminen tuotemallitekniikan käyttöönoton myötä on etu.

### **6.2.4 Muita kokemuksia ja esiin nousseita asioita**

Jos arkkitehti mallintaa suunniteltavan kohteen virtuaalirakennukseksi, tieto kumuloituu läpi prosessin – mutta nykyisin vain arkkitehtisuunnittelun osalta. Muille siirtyvä tieto on vielä katkonaista kuten ennenkin, koska muille osapuolille toimitetaan "vaihemallit". Kun tuotemallista ei pystytä suodattamaan vain tiettyä tietojoukkoa, joka yksittäiseen sovellukseen haluttaisiin lukea, arkkitehti toimittaa tiedostopohjaisesti eri mallin esim. urakoitsijalle ja LVIS-suunnittelijalle, jonka jälkeen näillä malleilla ei ollut yhteyttä. Vasta tuotemallipalvelimen käyttömahdollisuuden myötä tieto voidaan saada kumuloitumaan koko hanketta ajatellen.

Eri sovelluksien ja objektien toimivuus keskenään on vielä puutteellista. Toimivia sovelluksia IFC- tiedonsiirtoon odotetaan erityisesti rakennesuunnittelupuolella. LVIS-suunnittelijankaan sovelluksista ei vielä saada kaikkea tietoa niin kuin rakennesuunnittelija, arkkitehti ja urakoitsija tarvitsisivat. Tiedonsiirto onkin pääosin vielä yksisuuntaista eli arkkitehdiltä muille osapuolille. Sovelluksien toimintavarmuuden myötä odotetaan saatavan tehokkaampia 3D-työkaluja suunnitteluun ja päästävän tehokkaampaan suunnitelmien tuottamiseen. Erityisesti tilaajan näkökulmasta myös osaamisen laajentaminen olisi tärkeää, jotta useammat hyvät suunnittelijat kykenisivät tuottamaan suunnitelmansa hallitummin ja käyttökelpoisemmassa muodossa.

Urakoitsija saa arkkitehdin mallista määrät, rakennetiedot ja sijainnit lähtötiedoiksi kustannuslaskentaan ja tuotannosuunnitteluun. Arkkitehtisuunnittelun kannalta oikein tehty suunnitelma ei kuitenkaan ole suoraan täysin oikein rakennusliikkeen näkökulmasta. Geometria on tilarajoihin perustuva, eikä todellisten liitosdetaljien mukainen. Malleista löytyy rakennusliikkeen kannalta tämän seurauksena "virheitä", joiden seurauksena määrätietojen ja näihin perustuvan kustannuslaskennan tarkkuus

heikkenee jos ark-mallia käytetään sellaisenaan laskentaan. Myöskään sijaintitiedot (kerros, tila) eivät suoraan palvele tuotantoa.

Jotta simulaatiot ovat mahdollisia, tarvitaan hankkeen aikaisessa vaiheessa tarkkaa suunnittelutietoa. Tietoa joudutaan "arvaamaan" niiltä osin kun suunnitelmia ei vielä ole. Myös urakoitsija voi joutua "arvaamaan" esim. arkkitehtisuunnitelmista puuttuvat kantavat rakenteet aiemman kokemuksensa perusteella, yltääkseen hankkeen varhaisessa vaiheessa tehtävässä kustannusarviossa riittävään tarkkuuteen.

4D kokeilut osoittivat, että aikataulu ja tuotemalli pystytään yhdistämään. Kohde oli kuitenkin liian pieni ja helppo 4D:n hyödyntämisen kannalta. Tulevaisuuden hyötyä tuottava 4D -ratkaisu (tuotemalli + aikataulu) voi olla esim. asiantuntijajärjestelmä, jonka avulla voidaan löytää tuotannon kannalta kriittisiä tekijöitä, kuten liian monien työkokonaisuuksien ajoittaminen samaan huonetilaan samanaikaisesti.

Sovelluskehittäjien omat suljetut tiedonsiirtoformaattit ovat vielä kirjoittamishetkellä kilpailukykyinen vaihtoehto IFC:hen nähden, koska esim. ArchiCADin oma formaatti saattaa siirtyä paremmin toisen osapuolen järjestelmään kuin IFC-formaatti. Pitkällä aikajänteellä avoin tiedonsiirtoformaatti on kuitenkin epäilemättä parempi kehityssuunta, koska se mahdollistaa sovellustarjonnan monipuolistumisen ja sitä kautta tuotemallitekniikan hyödyntämisen nykyistä laajemmin. IFC-tiedonsiirtostandardin etuja ovat, että se on vapaasti saatavilla ja riippumaton yksittäisistä sovelluksista tai toteutusteknologioista /Karstila 2002/. Kun sovellukset kykenevät omien tallennusformaattiansa ohella kirjoittamaan tiedon ulos IFC-muodossa, toinen IFC-tietoa lukeva sovellus voi suoraan hyödyntää ennestään olemassa olevaa tietoa.

## 7. Tuotemallien käyttöönoton erityiskysymyksiä

3D-tuotemalleihin ja standardimuotoiseen tietoon liittyy valtavasti mahdollisuuksia rakennushankkeissa. Yhteiskäyttöisien tuotemallien laajaan käyttöönottoon liittyy kuitenkin vielä nykyisin myös monenlaisia kehittämistarpeita ja mahdollisia riskejä. Tällaisia erityiskysymyksiä ovat teknologiset puutteet, rakennusalalla toimivien henkilöiden valmius ja koulutustarve, investointitarve laitteisiin ja sovelluksiin sekä projektin organisointi, sopimukset ja uudet toimintatavat.

### **Teknologiassa puutteita laajan käyttöönoton kannalta:**

- Yhteiskäyttöisen tuotemallin jakaminen ja hallinta: Eri suunnittelualojen rinnakkain tapahtuva suunnittelu sekä mallin "selaaminen" (browsing) ja tarkastelu edellyttävät yhteiskäyttöistä tiedon tallennuspaikkaa ja sovelluksen tiedon hallinnan, mallin jakamisen ja versionhallinnan ratkaisuksi. Tällaisen nk. tuotemallipalvelimen meneillään olevan kehitystyön tuloksena odotetaan saatavan ratkaisu rakennuksen tuotemallitiedon hallintaan niin, että tuotemallin tietosisällön tapauskohtaisesti tarkoituksenmukainen osajoukko voidaan siirtää tuotemallipalvelimen ja yksittäisen yrityksen järjestelmän välillä. Siirrettävä osittaismalli määräytyy käytettävän sovelluksen tarvitsemien tietojen perusteella. Tuotemallipalvelinta ei vielä kirjoittamishetkellä ole tarjolla todellisten rakennushankkeiden kolmiulotteisen suunnittelutiedon hallintaan.
- Muun kuin 3D-tiedon liittäminen malliin: Vielä ei ole täysin selvää, mikä kaikki tieto sisällytetään varsinaiseen tuotemalliin ja miten kaikki muu rakennusta ja sen toteuttamista ja ylläpitoa koskeva tieto liitetään siihen. Asiaa on lähestytty esim. nojautuen Internet-pohjaisen dokumenttipalvelimen ja tuotemallipalvelimen rinnakkaiskäyttöön niin, että dokumentit on linkitetty tuotemalliin (esim. Globemen -projektissa <http://globemen.vtt.fi>). Projektipankkipalvelin säilyneekin dokumenttien säilytyspaikkana jatkossakin, koska kaikki tieto ei sittenkään ole "sulautettavissa" rakennuksen tuotemalliin /Björk 2002/.
- Sovelluksien vähäinen määrä ja tukeutuminen eri IFC-versioihin: IFC-tiedonsiirron kannalta toimintavarmojen sovellusten määrä on vähäinen ja yhteensopivuus rajallista, kun sovellukset tukeutuvat eri IFC- versioihin (releases). On kuitenkin myös sellaisia sovelluksia, jotka ovat seuranneet standardikehitystä ja tarjonneet tukea kulloinkin uusimmalle IFC-versiolle.

### **Alan valmius sekä investointi- ja koulutustarve**

- ICT-osaamisessa ja laitteistoresursseissa suuret vaihtelut: Ala on hajanainen ja ICT-osaamisessa ja laitteistoresursseissa on suuret vaihtelut jo nyt.

- Kohoava osaamistasovaatimus: Mallintaminen ja tuotemallin hyödyntäminen kohottaa osaamistasovaatimuksia.
- Investointivaatimukset järjestelmiin ja yhteyksiin: Tuotemallitekniikan hyödyntäminen tulee edellyttämään ohjelmistopäivityksiä tai täysin uuden sovelluksen käyttöönottoa. Erityisesti pienillä yrityksillä saattaa olla paineita laajempiinkin järjestelmäinvestointeihin.
- Koulutus ja ohjeistus mallintamiseen ja tiedonsiirtoon: yhteiskäyttöisen tuotemallitiedon käyttöönotto aiheuttaa monenlaista koulutus- ja ohjeistustarvetta. Malli pitää rakentaa tietyillä säännöillä ja tiedonsiirtoon pitää olla pelisäännöt.

### **Projektin organisointi ja sopimukset**

- Juridiset kysymykset kuten vastuut ja oikeudet: projektin organisointiin ja sopimuksiin liittyy mm. juridisia kysymyksiä, kuten vastuut tuotemallitiedon tuottamisesta ja oikeellisuudesta sekä oikeudet tuotemallitietoon. Määritettäviä oikeuksia ovat mm. oikeus päästä tietoihin, suunnitelmien muutosoikeudet sekä omistuskysymykset.
- Tehtävä- ja vastuurajat sekä uudet tehtäväroolit: Nykyiset tehtävä- ja vastuurajat eivät ole välttämättä tarkoituksenmukaisia uudessa tuotemallipohjaisessa prosessissa. Roolijako voi merkittävästi muuttua hyödynnettäessä yhteiskäyttöistä tuotemallia. Voidaan tarvita myös kokonaan uudenlaisia tehtävärooleja esim. tuotemallin hallintaan. "Tuotemalli-insinöörin" tai "informaatio-johtajan" tehtäviin kuuluu valvoa mm, että suunnittelutiedon jakelu ja muoto noudattaa sovittuja sääntöjä ja sopimuksia rakennuksen tuotetieto on hallinnassa. Yhteiskäyttöinen tuotemalli palvelee pääsuunnittelijaa tukien esim. suunnitelmien yhteensovittamista, mutta ei välttämättä sovellu liitettäväksi pääsuunnittelijan tehtäviin.
- Palkkiot lisätyöstä: Oleellinen kysymys kaikkien osapuolien liiketoiminnassa on, miten mallintamisen myötä tuleva lisätyö (tai työn vähentyminen) vaikuttaa palkkioihin. Ainakin arkkitehti joutuu suunnittelemaan ja mallintamaan rakennusta aiempaa aikaisemmassa vaiheessa, aiempaa tarkemmin.



## 8. Johtopäätökset

Rakennuksien kolmiulotteista mallinnusta on tehty kärkiyrityksissä omiin tarkoituksiin jo vuosia. Malli on kuitenkin luotu omien tarpeiden pohjalta eikä sitä ole siirretty sähköisessä muodossa hankkeen muille osapuolille. Tiedonsiirto on tapahtunut 2D-piirustus- ja tekstidokumenttien välityksellä. Mikäli arkkitehtisuunnitelmat on luotu mallintamalla, rakennuksen pohja- ja julkisivupiirustukset sekä leikkaukset on toimitettu muille osapuolille 2D-piirustuksina sähköisesti tai paperitulosteina. Myös urakoitsija on voinut mallintaa rakennuksen omiin tarkoituksiinsa, koska ei ole saanut 3D-mallia arkkitehdiltä tai sitä ei ole mallinnettu oikein. Kaikkia suunnittelualoja tarkasteltaessa CAD-suunnitelmat ovatkin pääasiassa 2D-viivapiirustuksia. Erikoissuunnittelijoille ei juurikaan ole edes ollut tarjolla luotettavia sovelluksia mallintamiseen. Yhteisen tiedon hallinnan tukena on edistyksellisissä hankkeissa käytetty Internet-pohjaisia hanketietokeskuksia. Nykyiset ASP-periaatteella toimivat palvelut tukevat kuitenkin pääasiassa dokumenttien hallintaa.

Standardimuotoisen tiedonsiirron kehittämiseen on panostettu viimevuosina paljon ja yhteiskäyttöisien 3D-tuotemallien käyttöönotto on rakennushankkeissa alkamassa. Avoimen tiedonsiirtostandardin (IFC) myötä on tullut mahdolliseksi siirtää arkkitehdin luoma tuotemalli muiden hankkeen osapuolien käyttöön. Eri osapuolien yhteistä tuotemallia voidaan hyödyntää mm. oman työn pohjana, visualisointiin, 2D-suunnitelmien tuottamiseen, määrälaskennan automatisointiin ja tiedon siirtoon kiinteistönpitoon kolmiulotteisena tietokantana. Pelkän IFC:n käyttöön ei tulevaisuudessakaan voida kuitenkaan tukeutua, vaan sen rinnalla tulee olemaan muitakin teknologioita ja perinteisiä tiedonjakelumuotoja.

Tuotemallitekniikan avulla uskotaan olevan mahdollista vähentää tai ratkaista monia nykyisen suunnittelu-rakentamisprosessin ongelmia ja kehittämistarpeita. Nykyisen prosessin keskeisiä kehittämistarpeita, joita on mahdollista tulevaisuudessa tukea tuotemallitekniikalla ovat esim. asiakastarpeiden ja vaatimuksien hallinta, suunnitelmien yhteensovittaminen ja rakennettavuusnäkökohtien huomioiminen, suunnitelmavirheiden ja sitä kautta myös työmaalla tehtävien virheiden vähentäminen sekä toteutukseen liittyvien riskien vähentäminen suunnitelmien tehokkaamman analysoinnin ja virtuaalirakentamisen avulla.

Yhteiskäyttöiseen tuotemalliin perustuvaan uudenlaiseen tiedonhallintaan ja projektikäytäntöön siirtymiseen liittyy vielä monia erityiskysymyksiä. Teknologian merkittävin yksittäinen puute on, ettei tuotemallipalvelin-ratkaisua ole tarjolla todellisten rakennushankkeiden käyttöön. Tuotemalli voidaan toki tallentaa dokumenttipalvelimelle tiedostona kuten mikä tahansa muukin projektin asiakirja, mutta markkinoilla ei ole vielä varsinaista tuotemallipalvelua, johon sisältyisi ratkaisu

rakennuksen tuotemallitiedon hallintaan, versiointiin ja valittujen tiedon osajoukkojen siirtoon eri osapuolien sovelluksissa käytettäväksi ja yhteisen mallin tuottamiseksi. Muita tuotemallitekniikan laajaan käyttöönottoon liittyviä erityiskysymyksiä ovat koulutus- ja investointitarve sekä muutokset projektin organisoinnissa, sopimuksissa ja projektikäytännöissä. Merkittävä kehittämisalue on yhteisten pelisääntöjen luominen suunnitteluun, mutta laajemminkin tuotemallin hyödyntämiseen tiedon jakelussa ja hallinnassa.

Edellytyksiä tuotemallitekniikan käyttöönotolle on. Tietotekniikan perusosaamistaso on Suomessa vahva. Tästä on osoituksena esim. toimisto-ohjelmistojen sekä sähköpostin ja Internetin laaja käyttö. Suomessa myös tuotemallitekniikan asiantuntemus on kansainvälisesti vertailtaessa vahva. Uuden tekniikan tehokas käyttöönotto edellyttää suomalaisen osaamisen edelleen vahvistamista, sovellustarjonnan monipuolistumista eli sovelluskehittäjien aktivoitumista, käyttöönoton edistämistä kärkiyrityksiä laajemmin sekä rakentamisprosessin muutostarpeiden tunnistamista ja kehittämistä niin, ettei tuotemallitekniikan käyttöönotto pelkästään automatisoi vanhaa prosessia. Prosessin kehittämisessä on tarpeen nostaa esiin myös hankkeen eri osapuolien tarpeet ja uudet liiketoimintamahdollisuudet tuotemallipohjaisessa prosessissa ja vakiinnuttaa uusiin toimintatapoihin liittyvä terminologia niin, että eri osapuolet keskustelevat asioista samoilla termeillä. Tuotemallitekniologia on hyvin ajankohtainen aihe ja siihen liittyy kansainvälisestikin yhdensuuntaisia kehitystavoitteita. Tuotemallitekniologiassa nähdään paljon mahdollisuuksia ja sen käyttöönotolle on laaja yhteinen intressi.

Rakennushankkeen organisointiin ja johtamiseen liittyviä kehittämisaloitteita ja tietotekniikkaan liittyviä kehittämisaloitteita on varsin usein toteutettu toisistaan irrallisina. Viime aikoina onkin tuotu esiin tarve tarkastella näitä kehittämisaloitteita rinnakkain, jotta niiden synergia voitaisiin paremmin hyödyntää.

Nykyinen suunnittelu-rakentamisprosessi on sekoitus projektituotannon ja massatuotannon toimintatapoja. Projektien ja yritysten väliset erot menettelytavoissa ja tiedonhallinnassa ovat kuitenkin varsin suuria. Tuotemallintaminen tarjoaa rakennusalaan toimiville suunnittelijoille, urakoitsijoille ja valmistajille mahdollisuuden siirtyä tietojen siirtelystä tiedon hallittuun jakeluun. Koska suunnittelu-rakentamisprosessilla on jatkossakin useita omistajia, on osapuolien yhteistyöllä mietittävä prosessit uusiksi. Prosessien jäsenyyksien ja vastuunjaon on tuettava tiedonhallinnan kehittämistä. Tiedonhallinnan ja -jakelun on palveltava prosessimaista toimintatapaa. Projektikohtaisesti on muodostettava tiimi osapuolista, jotka ottavat tiedonhallinnan ohjaukseensa.

## Lähdeluettelo

1. Ballard, G., Tommelein, I., Koskela, L. and Howell, G. 2002. Lean construction tools and techniques. In: Best, Rick & de Valence, Gerard (ed.). Design and Construction: Building in Value. Butterworth-Heinemann. Pp. 221 - 248.
2. Becker, R. 1996. Preface. In: Becker, Rachel & Paciuk, Monica (ed.). Applications of the Performance Concept in Building. The National Building Research Institute, Haifa.
3. Björk, B.-C. The Impact of Electronic Document Management on Construction Information Management. CIB W78 Conference, June 2002.
4. Bowley, M. 1966. The British Building Industry. Cambridge, University Press. 48 p.
5. Stennings, D. Keskustelu 12.6.2002 New Technology in Architecture, Design, Manufacturing and Production -seminaarin yhteydessä Helsingissä.
6. Fischer, M. and Calvin, K. PM4D Final Report. October 2002.
7. <http://www.a-konsultit.fi>
8. International Organization for Standardization. 2002. Buildings and Constructed Assets - Service Life Planning - Part 5: Whole Life Costing. ISO/TC 59/SC 14 N 33. 2002-09-11. (Standardiehdotus).
9. Josephson, P.-E. 1994. Orsaker till fel i byggandet. Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg. 186 p.
10. Josephson, P.-E. & Hammarlund, Y. 1996. Kvalitetsfelkostnader på 90-talet – en studie av sju byggprojekt. Del I. Report 49. Chalmers Tekniska Högskola. Institutionen för byggnadsekonomi och byggnadsorganisation. Göteborg. 125 s.
11. Karstila, K. 2002. IFC:n tilanne - yhteenveto. ProIT lähtötilanneselvitys -kalvosarja (kirjoittamishetkellä julkaisematon).
12. Karhu, V. and Lahdenperä, P. A formalized process model of current Finnish Design and Construction practice.
13. Koivu, T. Kiinteistö- ja rakennusalan tuotemallien ja yhteensopivuuden tulevaisuus. Vaihtoehtoisia skenaarioita ja teknologiapolkuja. VTT Tiedotteita 2161, Espoo 2002.
14. Koskela, L. An exploration towards a production theory and its application to construction. Espoo, VTT Building Technology, 2000. 296 p. VTT Publications; 408.
15. Koskela, L., Howell, G., Ballard, G. and Tommelein, I. 2002. The foundations of lean construction. In: Best, Rick & de Valence, Gerard (ed.). Design and Construction: Building in Value. Butterworth-Heinemann. Pp. 205 - 220.

16. Koskela, L. & Kazi, A. S. 2003. Information technology in construction: how to realise the benefits? In: Socio-Technical and Human Cognition Elements of Information Systems, edited by S. Clarke, E. Coakes, M.G. Hunter, and A. Wenn. Information Science Publishing, Hershey, PA. Pp. 60 - 75.
17. Lahdenperä, P. Väistämätön muutos. Miksi ja miten muuttaa rakennusteollisuuden toimintatapoja ja hyötyä muutoksesta. Pertti Lahdenperä. VTT ja Tekes. Rakennustieto Oy. 1998.
18. Lahdenperä, P. 2001. Design-Build Procedures: introduction, illustration and comparison of U.S. modes. VTT Building and Transport, 2001. 175 p. VTT Publications; 452.
19. Lakka, A. ja Sulankivi, K. Rakennusalan avoin tietoverkko. 1998. VTT Tiedotteita 1916.
20. Nykänen, V. & Salmi, J. Elinkaarivastuullinen palveleva rakentaminen. Rakennusteollisuus RT ry. Helsinki 2002. 16 s.
21. RT 10-10387. Arkkitehtisuunnittelun tehtäväluettelo. Helsinki 1995, SAFA ry & RAKLI ry, Rakennustieto Oy. 12 s.
22. Seren, K. IFC-käyttöönoton tilanne, 2002. ProIT lähtötilanneselvitys -kalvosarja (kirjoittamishetkellä julkaisematon).
23. Sulankivi, K., Lakka, A., Luedke, M. Projektin hallinta sähköisen tiedonsiirron ympäristössä. 2002. VTT Publications no 469.
24. Tanhuanpää, V.-P., Koskela, L., Lahdenperä, P. Rakennushankkeen toteutuksen tehostaminen. Mahdollisuudet ja keinot hankkeen eri vaiheissa. Espoo, VTT, 1999. 90 s.
25. Tanhuanpää, V.-P. & Lahdenperä, P. Rakentamisprosessin malli. Toteutumatiidot toimistorakennushankkeesta. VTT tiedotteita 1768, 1996.
26. Tiuri, U. Asunnon muunneltavuus ja avoin rakentaminen. 1997.
27. Toimivuusajattelu rakentamisessa. Esite.

**Keskusteluja HUT Sali600- projektiin osallistuneiden kanssa:**

Jyrki Iso-Aho ja Päivi Vaheri, a-konsultit

Auli Karjalainen, Senaattikiinteistöt

Hans Wilkman ja Sakari Hakio, Inststo Magnus Malmberg

Olli nummelin, YIT Yhtymä Oyj