

# REIMANTORNI VIE PAIKALLAVALURAKENTAMISTA ETEENPÄIN

Arto Rautiainen, toimittaja



Arto Rautiainen

1

Harvoin näkee työmaata, jolla suhtaudutaan kehitystyöhön yhtä innokkaasti, kuin Skanskan Reimantornin työmaalla, Espoon Kivenlahdessa. Vaikuttavinta on ollut paikallavalurakentamisen eteenpäin vieminen. Työmaalla on kokeiltu itsestään levittyvää holvibetonia, uutta raudoitustekniikkaa, talotekniikan läpivientejä, ergonomisia työtapoja sekä selvitetty saumahalkeamia ja seinien kutistumaa. Kaiken takana on ollut tuotemallinnus, jota on käytetty ennakkoluulottomasti tuotannonohjauksen apuvälineenä.

Asunto Oy Reimantorni Espoon Kivenlahdessa on 18 kerroksinen 79 asunnon ja 159 auton pysäköintilaitoksen tornitalo, jota rakentaa Skanska Talonrakennus Oy. Rakennuslehden Vuoden Työmaaksi valitti hankkeen avainhenkilöidensä, työpäällikkö Jari Iso-Anttilan, vastaavan työjohtajan Timo Kirjalaisen ja runkotyökunnan nokkamiehen Kari Alakosken kohdalla suoraa jatkoa tornitalojen ja paikallavalurakentamisen kehittämisessä 1970-luvun Merihaasta Lintulahden kautta Kivenlahteen.

## RUNKOTÖISTÄ TUOTANTOMALLI VIIDEN MINUUTIN TARKKUUDELLA

Reimantornin runkovaiheen tuotannosuunnittelussa on käytetty hyväksi tuotemallinnusta. Tuotantomallin pohjana oli Alakosken ruutupaperille kirjaama viiden minuutin tarkkuudella mietitty kerroskohtainen työvaiheikataulu, johon oli kirjattu kaikki nostot, muotit, raudoitukset, elementit ja paikallavalut sekä runkovaiheessa asennettava talotekniikka.

Kerroskohtainen tuotantomalli on todellinen 4D-malli, sillä sitä pystytään katsomaan tietokoneen näytöllä videon tapaan niin, että ruudun reunassa käy koko ajan kello. Kun sama kerros pohja toistuu kaikissa 16 asuinkerroksessa, jokainen tunti, jonka pystyy kerroskohtaisesta aikataulusta nipistämään,

merkitsee kahta työpäivää yleisaikataulussa. Työvaihesuunnitelman toimivuus testattiin alimmissa kerroksissa, minkä jälkeen siihen tehtiin työnjohdon ja työkyntänsä yhteistyöllä hienosäätöä.

Mallin avulla pidettiin myös elementtitoimitus hallinnassa. Jokaisesta elementistä oli työmaalla tieto siitä, onko se suunniteltu, valmistettu tai asennettu. Asioiden tilan näki havainnollisesti tietokoneen näytöllä, jossa eri vaiheissa olevat elementit oli väritetty eri väreillä. Elementtiin laitettiin Parma Oy:n tehtaalla kännykän avulla luettava RFID-anturi, jonka avulla elementin vaiheita pystyttiin seuraamaan. Samaa tekniikkaa kokeiltiin myös saunaelementeissä, ovissa ja ikkunoissa.

## PAIKALLAVALUHOLVIT VALETTIIN KAHDESSA VAIHEESSA

Reimantornin kunkin kerroksen bruttoala on 529 m<sup>2</sup>, josta betonoitavaa holvia on 438 m<sup>2</sup>. Paikalla valetavan holvin paksuus on 300 mm. Laudoitukseen, raudoitukseen ja betonointiin menee viisi ja laudoituksen purkuun sekä jälkituentaan kolme työpäivää. Laudoitusryhmässä oli 3-4, raudoitusryhmässä 2-3 ja betonointiryhmässä 3-4 työntekijää. Päivittäinen työaika oli noin kymmenen tuntia.

Muottikalustona on käytetty Rami 20 -holvimuottijärjestelmää, jossa on terästuet, puupalkit ja muottilevyt. Holvin raudoituksessa on käytetty Bamtec -rullaverkkoja, joiden rullauksen on mahdollistanut pystytartuntojen taiputtaminen lenkeiksi. Holvit valettiin kahdessa osassa, ensin 200 mm NO K-35 #32 S3 -massaa ja sen jälkeen 100 mm itsestivistävää IT K-40 #16 S4:ää. Massa nostettiin holville kolmen kuution nostoastialla torninosturilla.

## ERGONOMIAA JA NOPEUTTA UUSILLA LAITTEILLA

Iso-Anttila myöntää auliisti, että osa kehitystyöstä on ollut puhtaasti "varastamista", sillä ergonomiia parantavia laitteita on löytynyt ulkomailta, kunhan vain on muistanut pitää silmänsä auki sopivissa paikoissa. Esimerkiksi itsestään tiivistyvän betonin pinnan viimeistelyyn käytettyä "moottorisluudasta" on työmaalla kehitetty monta erilaista versiota.

Raudoituksen nopeuttamiseksi seinissä on käytetty valmiiksi koottuja raudoite-elementtejä ja holveissa rullaraudoituksia. Rullaraudoitteiden käytön on tehnyt mahdolliseksi se, että tartunnat on taivutettu lenkeiksi. Myös raudoittamisen ergonomiia ja työn nopeutta on mietitty, sillä työmaalla on käytetty Iso-Anttilan "varastamia" kevyttä sähkökäyttöis-

tä teräksien katkaisulaitetta ja akkukäyttöistä teräksien sidontalaitetta.

Talotekniikan läpivientejä kehiteltiin jo Lintulahdessa, mutta nyt niitä on viety taas eteenpäin. Kannellinen, valmiiksi rei'itetty peltinen laatikko on vastaavan mestarin, Timo Kirjalaisen suunnittelema ja työnimeltään tämän takia "Timotec". Ajatus on se, että kansi estää betonimassan ja sadevesien pääsyn läpivientiosaan, peltinen laatikko on helppo ja halpa valmistaa ja siihen on koska tahansa helppo leikata lisää reikiä.

Työmaan reagoitavuudesta muuttuvissa tilanteissa kertoo muun muassa se, että parkkihallin pyöreät pilarit muutettiin elementeistä paikallavalettaviksi, kun elementtitehdas ei pystynyt toimittamaan niitä ajallaan. Tällä kertaa Saksasta "varastettiin" kertakäyttöiset pilarimuotit. Tällä muutoksella paitosi varmistettiin aikataulun pitävyyttä, säästettiin kymmeniätuhansia euroja.

## RISKIANALYYSISTÄ KEHITYSHANKKEISIIN

Reimantornin työmaalla tehtiin ennen rakennustöiden alkamista yhdessä rakennuttajan ja ulkopuolisten asiantuntijoiden kanssa kattava riskianalyysi. Runkotöihin liittyviä riskejä olivat paikallavaluholvien töiden kuormittavuus, rungon aikatauluhallinta, paikallavalurakenteiden kutistuman ja hiipuman vaikutukset sekä rakenteiden kosteudenhallinta työn aikana sekä niiden jälkeen. Työn kuormittavuutta helpotettiin edellä mainituilla raudoituksilla ja laitetekniikoilla ja aikatauluriskejä vältettiin tuotemallinnuksella sekä vinjettitekniikalla tehdyillä aikatauluseurannalla.

Kantavien betoniseinien kutistumista on mitattu kerrosalaan sijoitetuissa mittauspisteissä kolmessa eri kerroksessa eli toisessa, kahdeksannessa ja viidennessä kerroksessa. Vertailukohteena oli Lintulahden tornien seitsemän vuotta kestänyt seuranta, jossa oli todettu, että pystysuuntainen viruma voi olla kaksinkertainen vaakasuuntaiseen kutistumaan verrattuna.

1 Työmaan avainhenkilöt, vastaava työjohtaja Timo Kirjalainen (oik.), työpäällikkö Jari Iso-Anttila ja runkotyökunnan nokkamies Kari Alakoski.

2 Reimantornin työmaa toukokuun 2007 auringonpaisteessa.





Reimantornin mittaukset osoittavat, että kantavien seinien muodonmuutos voi näin korkeassa talossa olla alimmissa kerroksissa pystysuunnassa noin 1 mm/m eli kolmen metrin kerroskorkeudella seinän alareunassa noin 3 mm. Maxit Oy:n teettämien testien mukaan 1 mm:n paksuinen vedeneristekerroksen pystyy vastaanottamaan tämänsuuruisen muodonmuutokset ilman laatoituksen tai vedeneristeen rikkoutumista.

#### **HOLVIEN HIIPUMAT PYSYNEET HYVIN KURISSA**

Työmaalla oli tiedossa, että paikallavaluholvien muottien purkamisen jälkeisistä samoin kuin *Schöck-ulokeparveke-elementtien* taipumista on ollut liikkeellä hurjia huhuja. Hiipumamittauksiin hankittiin tarkkuusvaaituskone, jolla päästään 0,1 mm:n tarkkuuteen.

Holvien hiipumat ovat pysyneet kuitenkin kurissa, sillä muottien oikea-aikaisen purkamisen ja oikein tehtyjen tuentojen ansiosta hiipuma on ollut ainoastaan 1-2 mm. Myös parveke-elementtien 10 mm:n esikorotus on ollut riittävä.

Elementtisaumojen halkeilun aiheuttamaa työtä vuosikorjausten yhteydessä haluttiin vähentää Reimantornin työmaalla. Työmaalla kokeiltiin yhden ja kahden elementtisaumaan asennettavan lasikuituverkon käyttöä. Tämän kokeilun merkitys on suuri, sillä Skanskalla on todettu, että juuri seinien halkeilun korjaaminen on suurin vuosikorjauskustannus.

Työmaa-aikana kosteudenhallintaan kuuluu muun muassa se, että vaippa saadaan umpeen mahdollisimman pian runkotöiden jälkeen. Rakenteiden kuivumista ja vedeneristeiden toimivuutta on seurattu asentamalla langaton kosteusanturi jokaisen lattiakaivon viereen vedeneristeen alle. *Humi-Control -anturi* on esivalettu laastin sisään niin, että se mittaa aina oman laastinsa kosteuspiitoisuutta eli juuri sitä mihin se on kalibroitu.

Muutaman euron hintainen anturi luetaan magneettikentän avulla toimivalla lukulaitteella. Mittausta voidaan käyttää jo työmaan aikana varmistamaan betonin riittävä kuivuminen ennen laatoitusta. Huoneistojen luovutuksen jälkeen mittauksia voi tehdä vuosikorjauksien yhteydessä varmistamaan vedeneristeen pitävyyttä tai asunnon myynnin yhteydessä antamaan oikeata tietoa märkätilojen kunnosta.

#### **SISÄILMAN PUHTAUS ASKARRUTTAA**

Reimantornissa tutkitaan myös sisäilman haitta-ainepitoisuuksia ja kokeillaan sisäilmaa puhdistavaa



Arto Rautiainen

Arto Rautiainen

kattotasoitetta. Nykyisillä M1 -luokan materiaaleilla päästään S3 -luokan sisäilman puhtauden edellyttämiin päästöpitaisuuksiin jo asuinkerrostalon luovutusvaiheessa, mutta mitä tapahtuu, kun asukkaat muuttavat taloon? Asukkaat saattavat ääritapauksessa jopa tukkia raitisilmaventtiilit, ja asuminen vaikutukset näkyvät joka tapauksessa sisäilman laadussa.

Työmaalla mitataan huoneistojen sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden eli VOC-aineiden pitoisuuksia ennen asuntojen luovutusta ja kuusi kuukautta luovutuksen jälkeen. Rakennusaineissa näitä yhdisteitä on maaleissa, tasoitteissa, liimoissa, lattianpinnoitteissa ja puutuotteissa. Asuminen lisää päästölähteitä, mutta hyvällä ilmanvaihdon sisäilman pitoisuuksien pitäisi pysyä kurissa.

Maxit on kehittänyt fotokatalyyttisesti eli valon avulla toimivan tasoitteen, joka puhdistaa sisäilmästä orgaanisia yhdisteitä kuten tupakansavua ja ruoankäryä. Reimantornissa Maxitin *Airfresh-tasoi-*tetta kokeillaan talon kerhuhuoneessa.



57 Arto Rautiainen

3 Reimantorni naapuritalon katolta katsottuna.

4 Viime marraskuun lopulla Reimantornin runko oli lähes valmis ja pysäköintilaitoksessa asennettiin seinäelementtejä.

5 Kari Alakoski esittelee pilarimuottien valuisia käytettyä kertakäyttömuottia.

6 Esimerkki Reimantornin paikallavalujen laadusta: autohallin rakenteissa ei näy moitteita sijaa.



6 Arto Rautiainen



Arto Rautiainen



Arto Rautiainen

## REIMANTORNI SUPPORTS DEVELOPMENT OF CAST-IN-SITU CONSTRUCTION

7 Housing Corporation As. Oy Reimantorni in the Kivilahti area of Espoo is an 18-storey high-rise building with 79 apartments and a parking garage for 159 cars. The building project will be completed in August 2007. Development of cast-in-situ construction of high-rise buildings has been a focal area in the project that was awarded Rakennuslehti Magazine's Building Site of the Year Prize.

Self-spreading arch concrete, a new reinforcement technique, penetrations for building systems, and ergonomic work practices are examples of experiments that have been made in this project implemented by Skanska Talonrakennus Oy, completed by studies on joint cracks and wall shrinkage. Unprejudiced use of product modelling as a tool in production control has formed the basis for the experiments.

The production model created for production planning at the frame building stage was based on a floor-specific work phase schedule realised with an accuracy of five minutes. It included all lifting operations, formworks, reinforcement, prefabricated units and cast-in-situ processes, as well as the building systems that were installed at the frame stage.

8 The floor-specific production model is a true 4D model, as it can be viewed on the computer screen like a video, with a clock running on the screen all the time. As the same floor base is repeated on all 16 residential floors, each hour that can be cut off the schedule per floor translates into two working days off the overall schedule. The functioning of the work phase schedule was first tested for the bottom floors, and then fine-tuned in collaboration between work supervisors and the workers.

The model also facilitated exact control of deliveries of prefabricated units. The site always knew the status of each unit; designed, manufactured or already installed. On the computer the status of the units was shown in a very demonstrative manner in different colours. In addition, an RFID sensor that can be read with a mobile phone was installed on every prefabricated unit at the factory, which made it easy to keep track of the progress of the deliveries. The same technology was also tested with prefabricated sauna structures, doors and windows.

An extensive risk assessment was carried out on the Reimantorni site together with the Client and external experts before construction work started. Risks at frame building stage included stress related to work on cast-in-situ arches, schedule management at frame building stage, influence of shrinkage and creep in cast-in-situ structures, and moisture control in structures during building and after completion. Work stress problems were solved with reinforcement and equipment techniques, and schedule risks were eliminated by means of product modelling and a schedule control system based on control vignettes.

### ASUNTO OY ESPOON REIMANTORNI

Asunnot	79 asuntoa
Autopaikat	159 autopaikkaa
Pinta-alat:	10 640 brutto-m <sup>2</sup> 5 630 asunto-m <sup>2</sup>
Tilavuus	34 489 m <sup>3</sup> (josta 26 112 m <sup>3</sup> tornitalossa ja 8 377 m <sup>3</sup> autohallissa)
Tehollinen rakennusaika	16 kuukautta

7 Yksinkertainen ja halpa, mutta toimiva innovaatio: peltinen talotekniikkasennusten läpivientiosa Timotec, joka on nimetty kehittäjänsä, Timo Kirjalaisen mukaan.

8 Kantavien seinien kutistumaa mitataan porraskäytävien puolelta niin, että mittauksia voidaan jatkaa myös kun asukkaat ovat muuttaneet taloon.

Rakennuttaja	Skanska Kodit Oy
Arkkitehtisuunnittelu	Arkkitehtitoimisto Juha Mutanen Oy
Rakennesuunnittelu	Insinööritoimisto Konstru Oy
Elementtisuunnittelu	Finnmap Consulting Oy
Pääurakoitsija	Skanska Talonrakennus Oy
Elementtitoimitus	Ämmän Betoni ja Parma Oy

# MALLIPALVELIN ON TUOTEMALLINNUKSEN AVAINTEKIJÄ

Arto Rautiainen, toimittaja

Reimantornin tuotemallinnuksen takana on *Sitran* osaomistama *Enterprix Software Ltd.* Yhtiön toimitusjohtaja *Tapio Ristimäki* kertoo, että keskeisin teknologia tuotemallinnuksessa liittyy mallipalvelimeen, jolle kaikki malliin liittyvä tieto kerätään. Näin kaikki osapuolet eli suunnittelijat, rakennus-tuoteteollisuus ja työmaa ovat kiinni yhdessä ja samassa mallissa.

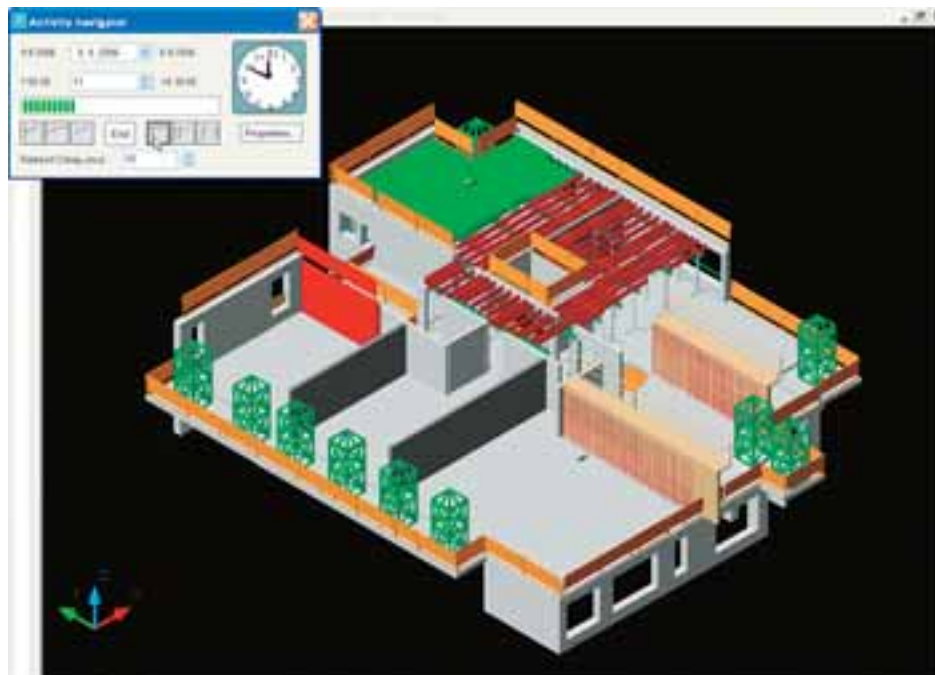
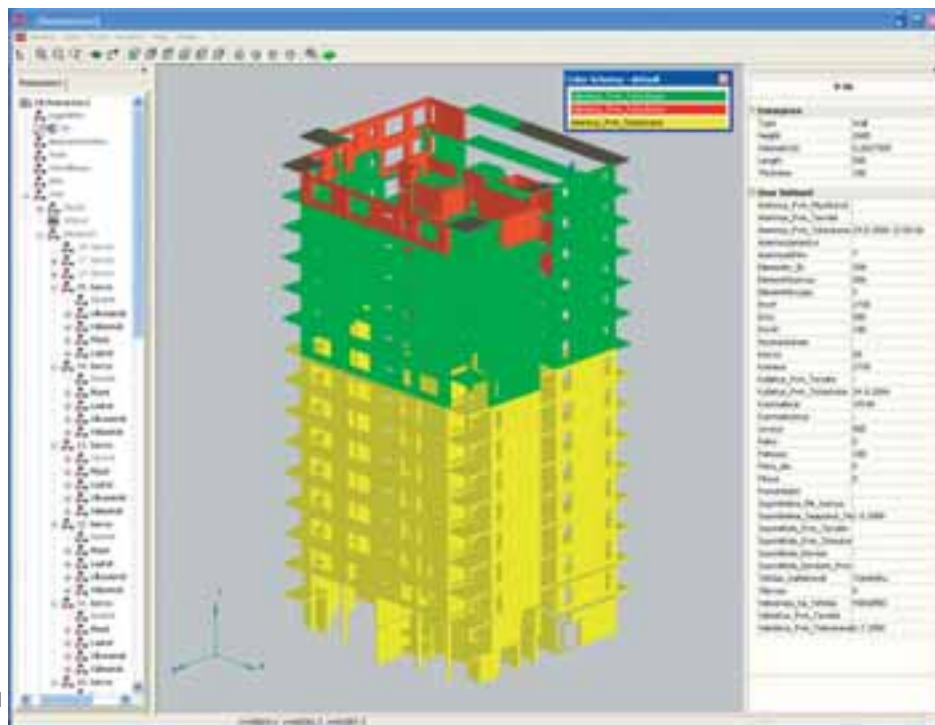
Ristimäki kiteyttää Reimantornin työmaalle tehdyn tuotantomallin käyttökohteet tuotannonhallintaan, valmisosien toimitusketjun hallintaan, työvaihesimulaatioihin, työturvallisuuden ja perehdyttämisen sovellutuksiin sekä best practise -animaatioiden laatimiseen.

Tuotannonhallintaa on runkoaikataulun laatiminen ja seuranta mallin avulla. Betonielementtien, ikkunoiden ja ovien sekä valmisosien vaiheita on seurattu tuotannosta asennukseen RFID -tekniikalla. Perehdyttämiseen on tehty kalvosarja, johon on poimittu monia havainnollisia osia tuotantomallista. Eri työvaiheita on hiottu mallin avulla ja niistä on tehty jo muutama animaatio Skanskan Intranettiin muiden työmaiden käyttöön.

Enterprix on nyt laatinut Skanskalle yli 20 tuotantomallia. Ristimäki korostaa, että tuotantomalli on jotain ihan muuta kuin suunnittelijoiden laatimat mallit. Suunnittelijoiden mallit ovat tarpeettoman yksityiskohtaisia työmaiden tarpeisiin.

Reimantornin toimihenkilöporukka työpäällikkö Jari Iso-Anttilan johdolla siirtyy Kivenlahdesta Leppävaaraan ensi syksynä rakentamaan 21-kerroksista asuntotornia. Tämän työmaan tuotantomallin laatiminen on jo niin pitkällä, että työvaiheikataulujen hiominen on jo aloitettu.

Reimantornista Leppävaaraan on tapahtunut edistystä mallinnuksessa. Ristimäki kertoo, että valmisosien toimituksia seurataan Leppävaarassa Kivenlahtea laajemmin. Työvaihesimulaatiot ulote-



1 Kunkin betonielementin tilanteen näki havainnollisesti tietokoneen näytöllä, jossa suunnitteluvaiheessa olevat, valmistetut ja jo asennetut elementit oli väritetty eri väreillä.

2 Kerroskohtainen tuotantomalli on todellinen 4D-malli, sillä sitä pystytään katsomaan tietokoneen näytöllä videon tapaan niin, että ruudun reunassa käy koko ajan kello.

## Märkätilojen pohjavalu 2/3 rakennebetonia

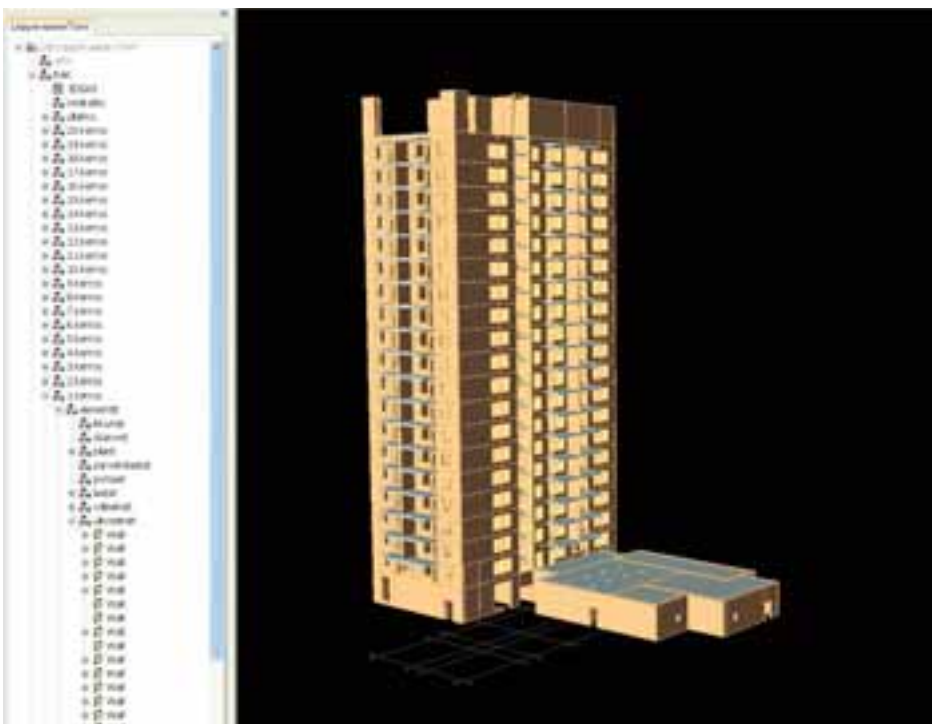


taan runkovaiheesta sisätöihin, mutta talotekniikka ei saada vieläköön mukaan tilantarvetarkasteluja laajemmin.

Tuotemallinnuksen ongelmana on ollut se, että eri suunnittelijoiden käyttämät mallinnusohjelmat ovat taipuneet varsin nihkeästi yhteensopiviksi työmaan tuotantomallien kanssa. Enterprixe on kehittämässä ohjelmistoja, joilla arkkitehdin, rakenne-suunnittelijan ja talotekniikkasuunnittelijoiden käyttämistä ohjelmista saadaan tietoa tuotantomalliin niin, että mallin laatimista ei tarvitse aloittaa nolatilanteesta.

Uutta kehitystyötä on myös yleistymässä olevan aikatauluohjelman, Graphisoft Controllin eli entisen DynaProjectin kytkeminen työmaan tuotantomalliin. Myös työvaiheanimaatiot voidaan kytkeä mukaan niin, että rakennusosaa näytöllä klikkaamalla saadaan kyseistä rakennetta koskeva animaatio käyntiin.

3



3

Eri työvaiheista on tehty mallin avulla havainnollisia työvaiheanimaatioita. Tässä näyte holvivalun animaatiosta.

4

Leppävaaran tornin rakennustyöt alkavat vasta ensi vuodenvaihteessa, mutta sen tuotantomalli on jo valmis.