

3D-VISUALISOINTI RAKENNUSTEOLLISUUDESSA

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Mediatekniikan koulutusohjelma
Teknisen visualisoinnin suuntautumisvaihtoehto
Opinnäytetyö
05.05.2008
Anna Vättö

Lahden ammattikorkeakoulu
Mediatekniikan koulutusohjelma

VÄTTÖ, ANNA: 3D-visualisointi rakennusteollisuudessa

Teknisen visualisoinnin opinnäytetyö, 50 sivua
Kevät 2008

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä käsitellään rakennusteollisuuden 3D-mallinnusta ja siihen pohjautuvaa visualisointia eri muodoissaan. Pääasiallinen painotus on erityisesti markkinoinnin tarpeissa ja vaatimuksissa, ja näihin on keskitytty visualisoinnin näkökulmasta. Rakennusteollisuuden kolmiulotteiseen suunnitteluun yleensä liitettävä tuotemallinnus on käsitelty vain yleisellä tasolla. Ratkaisuun on päädytty kohdeyrityksen vaatimusten perusteella.

Teoriaosuudessa käsitellään visualisoinnin historiaa ja kehitystä nykypäivään, alkaen aina käsin piirretyistä luonnoksista ensimmäisiin digitaalisiin kuviin ja 2D-suunnitteluun asti. Yleisimmät mallityypit on esitelty, ja kolmiulotteisen mallinnuksen hyötyjä ja sen asettamia haasteita rakennusteollisuudessa tarkastellaan verrattuna perinteisiin työskentelytapoihin. Suosituimpia käyttökohteita, kuten animaatioita ja esityskuvia, tutkitaan määritellen samalla niiden ominaisuuksia ja käytännön toimivuutta. Esiteltäväksi on valittu alan käytetyimpiä ohjelmia, ja ne on jaoteltu käyttötarkoitustensa ja -ominaisuuksiensa mukaan tutkittavaksi. Tavoitteena on ollut luoda kattava yleiskuva 3D-mallinnuksesta rakennusteollisuudessa ja tutkia siihen liittyviä mahdollisuuksia sekä pohtia sen ongelmakohtia. Visualisoinnin tärkeyttä on haluttu korostaa ja nostaa se ansaitsemalleen tasolle.

Opinnäytetyön case-osuudessa käsitellään rakennusalan yrityksen tämänhetkiset tarpeet 3D-mallinnuksen osalta sekä mahdollisuuksia hyödyntää esiteltyjä menetelmiä mahdollisimman tehokkaasti omien tarpeidensa mukaan. Lisäksi esitellään suositeltavimmat ohjelmaratkaisut sekä varsinainen työnkulku tärkeimpien tehtävien osalta. Nämä ovat määritelty yrityksen tämänhetkisen tilanteen ja tarpeen perusteella. Työnkulun osalta on keskitytty ainoastaan 3D-mallinnukseen, ja esimerkiksi kuvankäsittelyn ja käyttöliittymäsuunnittelun yksityiskohdat on jätetty käsittelemättä.

Avainsanat: 3D-mallinnus, visualisointi, tuotemalli, animaatio

Lahti University of Applied Sciences
Faculty of Technology

VÄTTÖ, ANNA: 3D visualization in the construction industry

Bachelor's thesis in visualization engineering, 50 pages
Spring 2008

ABSTRACT

This thesis deals with how 3D modeling and different forms of visualization based on it can be used in the construction industry. It mainly concentrates on presenting the needs and demands of visualization in marketing, leaving building information models as a secondary topic. This focus was the wish of the company that commissioned the thesis.

The history of visualization is presented from early days to the present time, starting from hand-made drawings and 2D CAD modeling. The most useful types of models, such as visualization models and Building Information Models, are introduced shortly. The benefits and disadvantages of modeling are presented and compared to traditional ways of working. Animation, virtual models and other types of presentation and their special features are explained as well as the most popular software used in the business. The applicability of different software was studied as well as their capability to answer to different demands. Software is classified according to end use.

The practical part of the study presents the company's needs for 3D modeling and possibilities to use the presented solutions in an efficient way. The most useful alternatives of software were recommended, and the most important working methods are described. The introduced methods were chosen based on the company's needs at the time. Only the parts concerning 3D modeling are described, and for example no questions concerning the user interface are discussed in any detail.

Key words: 3D modeling, visualization, Building Information Model, animation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	3D-MALLINNUS RAKENNUSTEOLLISUUDESSA	2
2.1	Kehitys.....	2
2.2	Nykytilanne.	3
2.3	Tärkeimmät mallityypit	5
2.3.1	Visualisointimallit	5
2.3.2	Tuotemallit.....	6
2.4	Hyödyt	8
2.5	Haasteet	9
3	KÄYTTÖKOHTEET.....	10
3.1	Hyötyyn vaikuttavat tekijät	10
3.1.1	Tarve.....	10
3.1.2	Mallinnustavat.....	10
3.1.3	Mallinnuksen taso ja laatu.....	11
3.2	Julkaisumuodot.....	12
3.2.1	Animaatiot.....	12
3.2.2	Esitteet.....	13
3.2.3	Web	13
3.2.4	Sanomalehdet	14
3.2.5	Virtuaalimallit	15
3.2.6	Panoraamakuvat	17
4	OHJELMAT	17
4.1	Yleistä ohjelmista	17
4.2	2D-CAD-ohjelmat	18
4.2.1	AutoCAD	18
4.2.2	JCAD	20
4.3	3D-visualisointiohjelmat	20
4.3.1	Autodesk 3ds Max / Autodesk VIZ.....	20
4.3.2	Autodesk Maya	24
4.4	3D-arkkitehtiohjelmat.....	26
4.4.1	Autodesk Revit Architecture	26
4.4.2	Graphisoft ArchiCAD	28

5	CASE: Visualisointiohjeistus YIT Lentekille.....	30
5.1	Kohdeyritys	30
5.2	Lähtötilanne 3D-mallinnuksen osalta.....	31
5.2.1	Tarpeet.....	31
5.2.2	Tämänhetkiset käytännöt.....	31
5.3	Visualisointiohjeistus YIT Lentekille.....	32
5.3.1	Ohjelmistosuositukset	32
5.3.2	Ohjeistus työnkulkuun.....	33
6	YHTEENVETO	38
	LÄHTEET.....	40
	LIITTEET.....	44

LYHENTEET JA TERMIT

2D	Kaksiulotteinen
3D	Kolmiulotteinen
ALPHA-KANAVA	Alpha- eli peitekanava tarkoittaa tapaa, jolla kuvaan voidaan toteuttaa useita erilaisia läpinäkyvyysasteita
BIM	Building Information Model, tuotemalli
CAD	Computer-Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu
DXF	Drawing Interchange/Exchange Format. Autodeskin kehittämä tiedostomuoto, erityisesti käytössä muun muassa AutoCADissa.
DWG	Yleisesti käytössä oleva tiedostomuoto, joka alun perin kehitettiin AutoCADia varten.
FAMILY	Autodesk Revit -arkkitehtiohjelman objekti.
HYPERGRAPH	Autodesk Mayan erityistyökalu.
MENTAL RAY	Tehokas renderöintimoottori.
MEL	Maya Embedded Language, Autodesk Mayan oma ohjelmointikieli.
PNG	Portable Network Graphics. Häviötön kuvatiedostomuoto, joka sisältää alpha-kanavan.
PLUG-IN	Erillinen, epäitsenäinen sovellus, joka toiseen ohjelmaan liitettäessä laajentaa sen toimintaa.
TGA	Targa-kuvatiedostomuoto, joka sisältää alpha-kanavan.
TEKSTUROINTI	Materiaalin liittäminen mallin pintaan.
QTVR	Quick Time Virtual Reality. Panoraamakuvissa käytetty esitysmuoto.

1 JOHDANTO

Visualisoinnin merkitys rakennusteollisuudessa kasvaa jatkuvasti alan kasvun ja yleisten laatuvaatimusten myötä. 3D-mallinnusta käytetään entistä enemmän muun muassa myynti-, markkinointi- ja esittelytarkoituksissa. Visualisointi on ollut eri muodoissaan aina käytössä, mutta esitystavat ovat muuttuneet tekniikan ja kehityksen myötä. Käsien piirretyt julkisivu- ja luonnoskuvat ovat vaihtuneet kaksiulotteisen tietokone-työskentelyn kautta kolmiulotteisiksi malleiksi, animaatioiksi ja multimediaesityksiksi. Mallit mahdollistavat työskentelyn tavoilla, jotka muuten olisivat vaikeita ja kalliita tai jopa mahdottomia toteuttaa. Erilaiset esitykset ja opetustarkoitukset ovat vain yksiä monista käyttömahdollisuuksista. Monipuolisen käytön lisäksi virheiden mahdollisuudet niin suunnittelu- kuin tuotantovaiheessa vähenevät, ja käytännön ongelmat säilytyksessä ja käsittelyssä ovat pieniä perinteisiin paperikuviin verrattuna.

Tällä hetkellä rakennusteollisuuden erilaisiin tarpeisiin on tarjolla suuri valikoima eri ohjelmia, ja perinteisten CAD-ohjelmien lisäksi esimerkiksi tuotemalleja ja visualisointia varten on olemassa omia erityisratkaisujaan. Vaikka ala herääkin hitaasti tekniikan hyötyihin, on suurta edistystä tapahtunut. Ongelmia on niin tuotemalleissa kuin visualisointimalleissa, ja haasteita ovat varsinkin älykkäiden mallien tiedon runsaus, yhteensopivuusongelmat sekä tiedonsiirto. Ongelmia korjataan ja kehitystä tapahtuu kuitenkin jatkuvasti, ja muutaman vuoden sisällä voi rakennusalan odottaa hyödyntävän 3D-mallinnusta erinomaisesti.

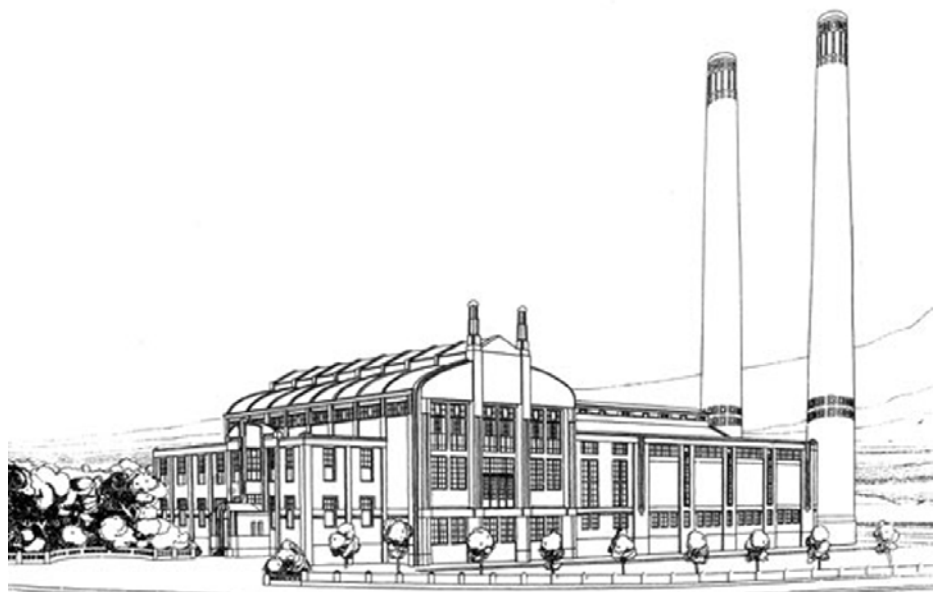
Visualisoinnin hyöty rakennusalalla on tuntuva. Kolmiulotteisiin malleihin pohjautuvia esityskuvia tarvitaan koko prosessin eri vaiheissa, alun suunnittelusta aina myyntiin ja luovutukseen saakka. Visualisoinnin tarve ja siihen liittyvät vaatimukset kasvavat jatkuvasti, ja laadukkaista esityskuvista on muodostumassa alan perusedellytys. Huolellinen suunnittelu ja toimivien ohjelmistoratkaisujen etsiminen ovat erityisen tärkeitä ratkaistaessa yrityksen visualisointikäytäntöjä. Käyttäjän mieltymykset vaikuttavat valintaan lähes yhtä paljon kuin varsinainen tarvekin. Pelkällä 2D-CAD-ohjelmistolla ei kuitenkaan enää pärjää, vaan kolmiulotteinen visualisointi on selkeästi huomioitava ajan vaatimusten mukaisesti.

2 3D-MALLINNUS RAKENNUSTEOLLISUUDESSA

2.1 Kehitys

Visualisoinnille on aina ollut tarvetta, mutta tyyli ja tapa ovat muuttuneet ajan ja tekniikan kehityksen myötä. Rakennusteollisuudessa visualisoinnin juuret ovat teknisissä piirustuksissa, jotka ovat ensimmäinen vaihe ideasta suunnitelmaan ja sitä kautta käytännön toteutukseen. Ajan ja tekniikan muuttuessa käsin tehdyt piirustukset laajenivat digitaaliseen muotoon, jonka jälkeen kolmiulotteiset mallit olivat luonteva seuraava askel.

Varsinaisen teknisen piirtämisen välineet ovat olleet käytössä jo muinaisessa Egyptissä sekä antiikin aikoina. Sulkakynä säilyi yleisenä työvälineenä aina 1700-luvulle asti, vaikka erilaisia piirtimiä ja kaivertimia olikin jo käytössä. Matematiikan ja tieteen kehitys loi vaatimuksia ja avasi mahdollisuuksia myös teknisen piirtämisen edistymiselle, ja 1600-luvulla kehitettiin tasalevyistä jälkeä tekevä tarkka mustepiirrin. Tämä oli riittävän tarkka pitkään, ja vasta 1930-luvulla välineistö kehittyi teknisemmäksi, ja piirustuslautaan kiinnitettävä piirustuskoje sekä uudentyypisiä, entistä tarkempia piirtimiä otettiin käyttöön. Tänä päivänä perinteinen käsin piirtäminen on kuitenkin korvautunut lähes kokonaan tietokoneavusteisella suunnittelulla. (Tekninen piirtäminen, 2007.)



Kuva 1. Esimerkki käsin piirretystä esityskuvasta: Selim A. Lindqvistin piirros Suvilahden voimalaitoksesta vuodelta 1913. (Helsingin energia)

Tietokonepohjainen visualisointi puolestaan sai alkunsa jo 1960-luvulla, jolloin kehitettiin ensimmäinen interaktiivinen tietokonegrafiikkajärjestelmä, sekä luotiin samalla ensimmäinen kaksiulotteinen digitaalinen piirustus. 1970-luvulla jatkuneet kehityskokeilut päättyivät usein taloudellisiin pettymyksiin, eikä tietokoneavusteinen suunnittelu yleistynyt: vuonna 1976 tehdyssä kyselyssä alle 30 prosenttia arkkitehteistä ja insinööreistä käytti tietokonetta apunaan varsinaisessa suunnittelutyössä. 1980-luvun taloudellinen kilpailu pakotti kuitenkin suunnittelijat tutkimaan uudelleen vaihtoehtojaan, jolloin edullisemmat kustannukset, paremmat käyttöliittymät sekä parantunut laitteisto yleistivät CAD-suunnittelun pysyvään käyttöön. (Dong & Gibson 1998, 2.)

Tekniikan yleinen hyväksyminen oli kuitenkin vasta ensimmäinen askel varsinaiseen tietokoneavusteiseen suunnitteluun. Tietokoneiden käyttö suunnittelussa merkitsi kokonaisvaltaista muutosta, mikä tarkoitti henkilöstö- ja kustannusongelmia. Alkuvaiheessa yrityksissä oli usein varta vasten palkattuja työntekijöitä, joiden tehtävänä oli syöttää käsintehty piirustukset tietokoneille. Vaikka sekä työ- että kustannustehokkuutta saatiinkin parannettua, jäi tietokone silti suurimmaksi osaksi ainoastaan tuotanto- ja dokumentointivälineeksi, eikä se toiminut apuna varsinaisessa suunnittelussa. Vasta 1980-luvun lopulla CAD-suunnittelun arvo alkoi hahmottua uudella tavalla, jolloin kyettiin saavuttamaan uudenlainen realismi suunnittelussa erilaisten kolmiulotteisten mallien ja animaatioiden avulla. (Dong & Gibson 1998, 3.)

2.2 Nykytilanne

Sekä teknisen piirustuksen että tietokonepohjaisen suunnittelun kehittyminen on luonnollisesti vaikuttanut visualisointikäytäntöihin. Kolmiulotteinen suunnittelu on sekä koneiden tehokkuuden kasvaessa että yksinkertaisesti käytännön sanelemin ehdoin yleistynyt jokapäiväiseksi, ja käsin piirtämistä käytetään nykyään enää lähinnä erilaiseen luonnosteeluun. Työskentelyn edetessä siirrytään kuitenkin nopeasti käyttämään apuna ja työvälineenä tietokonetta. Yksinkertaiset kolmiulotteiset mallit ovat laajentuneet animaatioihin, virtuaalimalleiksi, laajoiksi tuotemalleiksi sekä 4D-suunnitteluun, ajan ollessa neljäs ulottuvuus. Käytännössä 4D-malli tarkoittaa sitä, että esimerkiksi rakennusaikataulu voidaan yhdistää malliin, jolloin malli elää aikataulun mukana ja päinvastoin.

Realistiset kuvat ja erilaiset selkeät tuote-esittelyt ovat jokapäiväisiä apuvälineitä sekä osittain jo alan vaatimuksiakin. Arkkitehdit pyrkivät vastaamaan asiakkaiden entistä korkeampiin toiveisiin toteuttamalla korkeatasoisia kuvia, ja rakennusalan kasvaessa myös vaatimukset visualisoinneille kasvavat. (Hestbaek 2008, 5.)

Rakennuslehden vuonna 2007 tekemän kyselyn mukaan rakennusalan siirtyminen tuotemallien käyttöön tapahtuu viidessä vuodessa. Ohjelmistokehitys keskittyy tällä hetkellä tuomaan puuttuvia osia sähköiseen muotoon ja parantamaan mallien esitettävyyttä. Ongelmana on lisäksi ollut rakennusselostuksen ja rakennuksen tietomallin väliltä puuttuva yhteys, jolloin rakennusselostuksen laatu on kärsinyt ja virheiden mahdollisuus kasvanut. Tätä pyritään korjaamaan tietokantapohjaisen soveluksen avulla, joka tallentaa muutokset myös selostukseen. (Hellsten 2008, 13.)

Kaiken kaikkiaan rakennusteollisuuden tarpeet 3D-mallinnukselle ovat laajat ja monitahoiset. Arkkitehdit ja suunnittelijat käyttävät mallinnusta luodakseen visualisointikuvia, selkeyttääkseen ajatuksia, kommunikoidakseen ja ennustaakseen tulevaa. Malleja käytetään lisäksi opetus-tarkoituksiin, esittelyyn sekä tulevan rakennuksen suhteiden ja materiaalien tutkimiseen. Visualisointia voi kutsua universaaliksi kieleksi, joka ylittää ammattikuntien rajat ja yhdistää eri alojen toimijat. (Dong & Gibson 1998, 4.)

Mallintavan suunnittelun kokonaisuus on vielä melko jäsentymätön, ja vaikka tietyillä osa-alueilla ollaan hyvinkin pitkällä, toiset ovat vasta aloitusasteella. Yhtenevät nimeämiskäytännöt, tiedoston siirtoformaatit sekä tietojen yhdistettävyyden ovat avainasemassa tehokkaan toiminnan turvaamiseksi. Vaikka kehitystyötä on tehty pitkään, vaatii eri ohjelmien välinen aidosti toimiva tiedonsiirto vielä paljon työtä. Tämän lisäksi välttämätöntä on myös yhtenäinen nimeäminen. Nimikkeistön ollessa laajalti käytössä eri toimijoiden keskuudessa, käytettävyys paranee ja yhteistyö helpottuu. (Putkonen 2007, 18 - 19.)

Tämän hetken suurin haaste on kuitenkin työskentelysystemin kehittäminen. On ratkaistava, onko hyödyllisempää nojautua vanhoihin, hyväksi havaittuihin menetelmiin vai kehittää uusia. Lähestymistapa luonnollisesti vaihtelee riippuen siitä, onko kyseessä tuotemalli,

visualisointikuva vai kenties animaatio, mutta ratkaisevaksi kysymykseksi jää silti se, kuinka paljon aikaa voidaan säästää tulevaisuudessa jos sitä tietyssä vaiheessa käytetään prosessin kehittämiseen. Malleja ei välttämättä vielääkään hyödynnetä kaikilta osin täysipainoisesti. (Puurunen & Keller 2007, 3.)

2.3 Tärkeimmät mallityypit

2.3.1 Visualisointimallit

Visualisointimallit ovat erittäin monikäyttöisiä ja yleisiä. Ne ovat käytössä muun muassa suunnitelmien tukena, jolloin niiden avulla voidaan esittää ideat esimerkiksi rakennuttajalle tai käyttää apuna haettaessa rakennuslupaa. Lisäksi visualisointikuvat ovat hyvin korkealaatuisia ja fotorealistisia, joten niitä käytetään usein ennakkomarkkinointiin. Visualisointikuvat rakennetaan vaiheittain siten, että ne kattavat koko rakennusprosessin eri vaiheet, jolloin rakentaja voi taata tehokkaan ja oikea-aikaisen päätöksenteon koko prosessin ajan. Tämä tehostaa ajankäyttöä, mikä luonnollisesti säästää kustannuksia ja takaa moninkertaisen hyödyn tehtyihin investointeihin nähden. Malli muuttuu ja kasvaa prosessin myötä: alkuvaiheen yksinkertainen massamalli muokataan valokuvantarkaksi teokseksi, jossa materiaalit ja ympäristö ovat aitoja vastaavia. (Tirkkonen 2008a.)

Suurhankkeissa visualisointikuvista on erityistä hyötyä haettaessa rahoitusta tai esiteltäessä kohdetta suurelle yleisölle. Visualisointikuvien kautta voi yksinkertaisesti tuoda haluttuja ominaisuuksia esille ja helpottaa siten myyntiä ja tarkentaa markkinointia tietyille kohderyhmille. Visualisointikuvien edullisuus ja moninaiset hyödyt ovat tehneet niistä tärkeän rakennusteollisuuden osan.



Kuva 2. Visualisointikuva YIT:n kohteesta Lahdessa. (Kuva: Digital Iris)

Muissa mallityypeissä mittatarkkuus on ehdoton vaatimus, mutta visualisointikuvissa tämä on toisarvoisempaa. Vaadittaessa mallilta näyttävyyttä ovat ehdottomia mittoja tärkeämpiä sopiva valaistus, rakennuksen muodot sekä materiaalit. (Gangsö 2006, 10.)

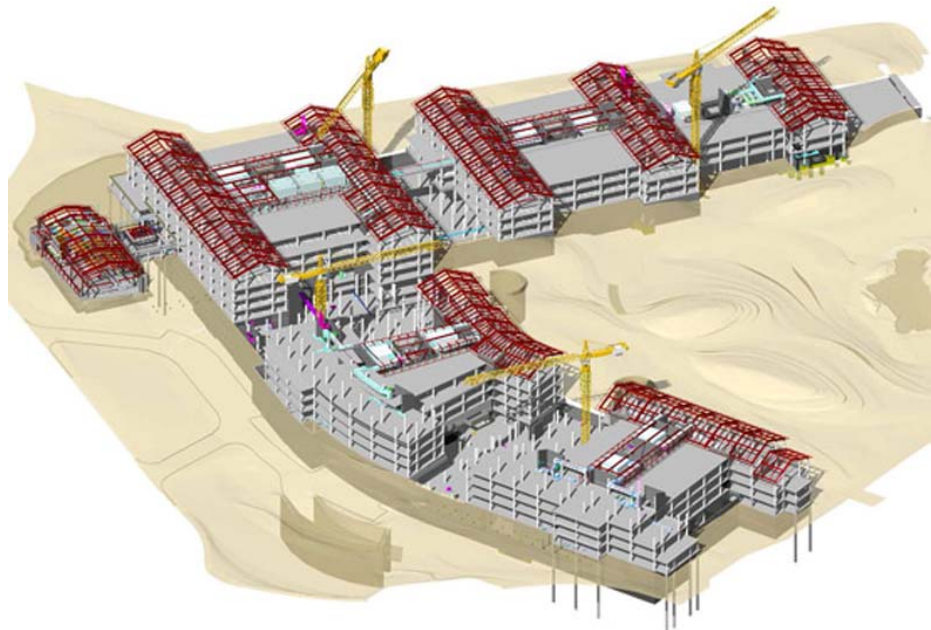
Rakennuttajat pyrkivät yhä suuremmissa määrin luomaan kuvia, joiden taso vastaa mahdollisimman hyvin lopullista kohdetta, ilman arkipäiväisyyttä ja elämisen jälkiä. Kohteen on näytettävä asutulta ja viehättävältä, ja sen on luotava positiivisia mielikuvia. Materiaalien realistinen ilme, kokonaisuudelle edullinen valaistus ja ympäristön sopivuus ovat tärkeitä elementtejä kohteita kuvattaessa. (Hestbaek 2008, 5.)

2.3.2 Tuotemallit

Tuotemalli (Building Information Model, BIM) kokoaa rakennusprosessin ja rakennuksen elinkaaren aikaiset tuotetiedot yhteen. Jokaisen rakennuksen tiedot ovat ainutlaatuiset, ja ne kuvataan tuotetietomallin mukaisesti jäsennehtyinä. Käytännössä tuotemalli voi olla tietokantapohjainen tai vaihtoehtoisesti tallennettu tiedonsiirtotiedostona. Tuotemalliperusteisen suunnittelun edellytyksenä ovat yhteensopivat tietojärjestelmät eri osapuolten välillä. Todellisia rakennusosia ja reaali maailman tiloja kuvataan tuotemalleissa vastaavilla tila- ja rakennusosaolioilla. Tavoitteena on tuotemallin toimiminen kyseisen rakennuksen

virtuaalimallina, jota käyttäen koko prosessi on suunniteltu ja simuloitu jo ennen rakentamisen aloitusta. Lisäksi tuotemallia käytetään tarvittavien dokumenttien, kuten piirustusten, tuottamisessa. Tässä etuna on tietojen keskinäinen yhteensopivuus ja ristiriidattomuus, kaiken tullessa samasta lähteestä. (Rajala 2005.)

Tuotemallinnus uudiskohteissa on jo arkipäivää, mutta saavutettava hyöty on niin merkittävä, että vanhojakin rakennuksia mallinnetaan jälkikäteen. Rakennuksen malli saadaan linkitettyä esimerkiksi tilahallinnan tai kunnossapidon järjestelmiin, jolloin tietystä mallin osasta saa yhteyden suoraan siihen liittyviin tietoihin, kuten huolto- tai vuokratietoihin. Tilasuunnittelussa malli on mainio apuväline, jolloin esimerkiksi taidemuseoiden näytteilleasettajat voivat suunnitella näyttelyt valaistusta myöten etukäteen. Ateneumin taidemuseo, nykyaiteen museo Kiasma ja oopperatalo ovat jo hyödyntäneet tätä tekniikkaa. Lisäksi tehty malli voidaan arkistoida, mikä mahdollistaa jo poistettujen näyttelyiden säilyttämisen virtuaalisesti. Mallinnus on nousemassa jokapäiväiseksi toimintatavaksi, ja suunnittelijoilta vaaditaan tuotemallipohjaista työskentelyä. Tämä asettaa omat haasteensa, mutta tilaajien edellyttämä osaaminen ja saatava hyöty vaativat murrosta suunnitteluun. (Autio 2004, 8-10.)



Kuva 3. Esimerkki tuotemallista. (Letterman Digital Arts Center, AECBytes 2006.)

2.4 Hyödyt

Verrattuna perinteiseen käsin työskentelyyn CAD-suunnittelun etuna on suuri tarkkuus. Kaikki olemassa oleva geometria tehdään mittatarkasti, todellisilla mitoilla. Käsin piirrettäessä mittakaava otetaan huomioon paperia valitessa, mutta tietokoneella suunniteltaessa voidaan mittatarkka piirros tulostaa mihin tahansa mittakaavaan. Toisaalta taas mittojen tarkkuus on myös vaatimus, sillä vain oikeilla mitoilla tehty piirustus voi antaa oikeita tietoja massasta, määrästä tai mitoituksesta. (Illikainen 2000, 2.)

3D-ohjelmistoissa lähtökohtana on kokonaisten rakenteiden mallinnus sekä suunnittelutoimenpiteiden automatisointi. Erilaisten piirtovaiheiden ja laskelmien automatisointi moninkertaistaa työn tuottavuuden ja nopeuden verrattuna CAD-pohjaiseen suunnitteluun. Mallinnettaessa säästetään aikaa sekä pienennetään kustannuksia merkittävässä määrin. Lisäksi etuna on suunnittelun virheettömyys ja korkea laatu, jolloin virheet huomataan jo aikaisessa vaiheessa eikä vasta rakennustyömaalla. (3D-mallinnus moninkertaistaa suunnittelutyön tuottavuuden rakennusteollisuudessa 2007.)

Todellisuudessa kaksiulotteisen suunnittelun ei sellaisenaan välttämättä voida väittää olevan kolmiulotteista suunnittelua merkittävästi nopeampaa. Varsinaisesti eron huomaa vasta kappaleen geometriaa muutettaessa: kaksiulotteisen kappaleen viivoja ja kaaria on usein poistettava ja muokattava yksi kerrallaan, mutta esimerkiksi parametrisen 3D-kappaleen muokkaus tapahtuu usein vain mittoja muuttamalla. Muutokset voivat usein olla helpompia toteuttaa 3D-kappaleeseen, ja koska malli on harvoin alusta asti täydellinen, voi muutosten nopeutuminen helpottaa työskentelyä kokonaisuudessaan. (Nyman 2000, 31.)

Yleisesti mallit mahdollistavat kohteiden tutkimisen ja hallinnan tavoin, jotka eivät muutoin olisi toteutettavissa. Niistä on helppo oppia ja niiden avulla kohteiden esittely on yksinkertaista ja helposti hahmotettavissa. Lisäksi virheiltä voidaan säästyä sekä suunnittelun aikana että itse rakennusvaiheessa, sillä 3D-mallin havainnollisuus helpottaa epäkohtien huomaamista jo aikaisessa vaiheessa. Tämä lisää myös turvallisuutta, sillä suunnitteluvaiheessa havaitut virheet ovat helppoja ja edullisia korjata, mutta rakennusvaiheessa jo huomattavasti haastavampia.

Digitaalisuus vaikuttaa myös arkipäiväisiin käytännön ongelmiin, kuten mallien säilytykseen. Digitaalisessa muodossa mallien säilytys on helpompaa ja luotettavampaa kuin paperipiirustusten. (Dong & Gibson 1998, 2).

Kokonaisuudessaan voi kuitenkin todeta, että kolmiulotteinen suunnittelu helpottaa työskentelyä, lyhentää työvaiheita ja tekee suunnittelusta tarkempaa ja varmempaa. Suunnitteluvaiheen etujen lisäksi kolmiulotteisuus helpottaa myös varsinaista tuotantovaihetta. Valmistumisprosessin ollessa riippuvainen suunnittelun toimivuudesta vaikuttavat sen virheet sekä parannukset suoraan tuotantoon. Tämän lisäksi mallien yleinen monikäyttöisyys sekä niiden tuoma tehokkuus tekevät kolmiulotteisesta suunnittelusta myös rakennusteollisuudelle erityisen hyödyllisen.

2.5 Haasteet

Haasteita erityisesti älykkäissä malleissa ovat muun muassa tiedon runsaus ja ylläpito sekä yhteensopivuusongelmat ja tiedonsiirto. Lisäksi ohjelmistojen hinnat voivat nousta pienemmille yrityksille kynnyskysymykseksi, vaikkakin eritasoisia versioita ja edullisia kilpailevia ohjelmia on runsaasti. Ohjelmiston huolellinen valinta on kuitenkin tärkeää, sillä ominaisuuksissa on huomattavia eroja ja pääasiallinen tarve määrittelee suositeltavan ohjelman.

Monet työskentelyä helpottavista toiminnoista CAD-ohjelmissa perustuvat juuri mittojen oikeellisuuteen, joten tämä voi myös aiheuttaa haasteita käyttäjälle. Vaikka mallien mittatarkkuus mahdollistaakin tehokkaan työskentelyn, voi inhimillisten syöttövirheiden lisäksi ongelmia aiheuttaa myös käyttäjästä riippumattomat syyt, kuten tiedostokäännökset. Poikkeamat mitoissa johtuvat yleensä desimaalien pyöristysvirheistä ja ovat useimmiten niin pieniä, ettei niillä ole merkitystä, mutta joissakin tilanteissa tämä voi aiheuttaa jopa kuvan käyttökelttomuuden. (Illikainen 2000, 2.)

Visualisoinnissa ei mittatarkkuus ole yhtä suuressa asemassa kuin tarkemmissa piirustuksissa, vaan mallin ulkonäkö ja näytettävyyden on tärkeämpää. Tässä haasteita asettavat eri tahojen toiveet, sillä mallin on oltava tilanteen mukaan mahdollisimman edustava. Tämä ei kuitenkaan

aina ole helppoa, varsinkaan jos tarkoitus on esimerkiksi istuttaa 3D-malli valokuvaan, jolloin yhtenäisen ilmeen saavuttaminen voi olla vaikeaa. Lisäksi esityskuvia on työstettävä kohteelle valitun markkinointistrategian mukaisesti, jolloin halutut mielikuvat ja ominaisuudet on saatava sopimaan mallinnettuun kuvaan.

3 KÄYTTÖKOHTEET

3.1 Hyötyyn vaikuttavat tekijät

3.1.1 Tarve

Rakennusteollisuus hyötyy 3D-mallinnuksesta monin eri tavoin. Rakennusprosessin helpottuminen, runsaan tietomäärän selkeyttäminen ja markkinoinnin ja myynnin edistäminen ovat vain esimerkkejä laajoista käyttömahdollisuuksista. Mallinnuksesta on eri muodoissaan muodostunut jokapäiväinen osa rakennusteollisuutta. Käyttömahdollisuuksien laajuus ja saavutettava hyöty kattavat mahdolliset alkuvaikeudet ja ongelmat, sillä mikään menetelmä ei ole aukoton. Mallinnuksen avulla voi kuitenkin ratkaista monia ongelmia ja haastavia tilanteita, kustannussäästöistä puhumattakaan.

Rakennushankkeen eri osapuolille erilaisista malleista on erityistä hyötyä, varsinkin päätöksenteon tukena: suunnitelmien havainnollistaminen, eri vaihtoehtojen tarkastelu sekä kustannusarviointi helpottuvat. Suunnittelutyössä virheet vähenevät, sillä erilaisten ongelmakohtien läpivienti on ratkaistava jo tässä vaiheessa, eikä asioissa voi oikoa. Lisäksi mallin tietoja voi hyödyntää myös työmaalla, esimerkiksi geometrian sekä rakennusosien valmistuksen osalta. (Törrönen 2005.)

3.1.2 Mallinnustavat

Perinteisen suunnittelun lisäksi rakennusteollisuudessa käytetään erityisiä mallinnustapoja, joista yksi tärkeimmistä on tuotemallinnus. Tuotemallintamisen erityisiä etuja ovat suunnitelmien havainnollisuuden lisäksi eri mallien yhteensovittamismahdollisuudet, monipuolinen suunnittelulopputulos ja ennen kaikkea suuri tietosisältö. Mallin sisältämää tietoa voidaan helposti hyödyntää myös muulloin kuin rakennusvaiheessa, kuten käytön ja ylläpidon yhteydessä. Lisäksi esimerkiksi

erilaiset määrälaskennat helpottuvat tuotemallin sisältäessä kaiken tarvittavan tiedon. Työskentelyä helpottaa niin alku- kuin loppuvaiheessa-kin dokumenttien keskinäinen ristiriidattomuus niiden perustessa yhteen ainoaan malliin. (Niemioja 2005.)

Tuotemallien rinnalla toinen merkittävä käyttökohte 3D-mallinnukselle on rakennusten visualisointi. Visualisoinnin voima on havaittu sekä suunnittelussa että markkinoinnissa. Ostajien odotukset uudistuotannon markkinoinnissa ovat nousseet visualisoinnin tehokkaan käytön seurauksena, ja tähän on vastattava entistä vahvemmin. (Hestbaek 2008.)

Visualisointi on 3D-mallinnuksen tämän hetken tärkeimpiä käyttökohteita. Kustannushyöty on huomattu yleisesti, ja vaatimukset vaikuttaville ja laadukkaille kuville kasvavat. Nopeasti kasvava ja visuaalisesti vaativa elokuva- ja peliteollisuus vaikuttaa myös muihin aloihin, ja samalla myös rakennusalaan. Näyttävyyttä vaaditaan yleisesti.

3.1.3 Mallinnuksen taso ja laatu

Tarkkuustaso on merkittävä tekijä mallinnuksen hyödyn maksimoinnissa. Liian yksityiskohtaisesti tehty malli on raskas ja vie lisäksi liikaa aikaa kasvattaen kustannuksia ja hidastaen edistymistä. Toisinaan liian raskas malli on jopa käyttökelvoton, kuten esimerkiksi julkaistaessa lopputulos verkossa. Lopullinen käyttötarkoitus määrittää aina mallin tarkkuuden. Visualisointikuvissa on turhaa tehdä yksityiskohtia, jos mallin on tarkoitus vain esittää rakennusta ympäristössään. Jos taas tuloksen on oltava tarkka ja sen on kestävä yksityiskohtaista tarkastelua, on detaljeihin kiinnitettävä enemmän huomiota ja tingittävä keveydestä. Mallia kuitenkin harvoin tarkastellaan todella läheltä, varsinkaan kaikista suunnista. Usein varsinkin kiireisissä tapauksissa vain osainsta tehdään valmiiksi, ja kuvassa näkymättömät puolet jätetään kokonaan mallintamatta tai ainakin teksturoimatta. Tämä nopeuttaa työskentelyä ja lyhentää renderöintiäikoja, kuten myös mallin pintojen vähentäminen ja tällä tavoin koko mallin keventäminen. Varsinkin pyöreissä muodoissa on pintoja usein liikaa, jolloin niitä on erilaisin keinoin vähennettävä. On hyvä kuitenkin muistaa, ettei mallin hitaus välttämättä johdu pelkästään sen sisältämisestä pinnoista, vaan myös mallin valaisu ja materiaalit vaikuttavat (Toijanaho 2005).

3.2 Julkaisumuodot

3.2.1 Animaatiot

Animaatioita käytetään rakennusteollisuudessa laajalti, suurimmaksi osaksi havainnollistavana tekijänä. Sisätila-animaatiot ovat yleisiä, mutta myös rakennuksien ylilentoja käytetään haluttaessa esitellä rakennuksen sijaintia ja istuvuutta ympäristöönsä. Suuret rakennusyhtiöt Suomessa käyttävät esimerkiksi verkkosivuillaan animaatioita esittelemään kohteitaan eri tavoin. Yleisesti animaatioita julkaistaan juuri verkossa sekä parempilaatuisena esimerkiksi yrityksen omilla dvd-levyillä.

Animaatiota voidaan käyttää havainnollistavana tekijänä myös itse rakennusvaiheessa, kuten Los Angelesin Walt Disney-salissa. Rakennuksesta luotiin malli ja animaatio, joka kuvaa valmistumista aivan perustuksista lähtien päättyen valmiiseen rakennukseen. Tällä vältettiin tilanteet, joissa aiemmin asennetut elementit estäisivät uusien asentamisen, sekä lisäksi pystyttiin varmistamaan työkoneiden ja laitteiden esteetön kulku ja pääsy halutuille paikoille. (Leino 2002.)



Kuva 4. Esimerkki ylilentoanimaatiosta. (Skanska)

Animaation avulla voidaan lisäksi tehostaa sekä rakennustöitä että helpottaa alihankkijoiden työskentelyä. Aikataulujen yhtensovittaminen 3D-mallien avulla on mahdollista, jolloin esimerkiksi tavaroiden väli-varastoinnin ongelmat voidaan ratkaista etukäteen. (Leino 2002.)










3.2.2 Esitteet

Esitteet ovat yksi tärkeimmistä markkinoinnin ja mainonnan välineistä. Perinteisten painettujen paperiesitteiden rinnalle ovat tulleet digitaaliset versiot, joita on usein saatavilla verkkosivuilla erityisesti uudiskohteiden yhteydessä. Yleensä esitteitä jaetaan esimerkiksi messuilla ja muissa tapahtumissa sekä erilaisissa myynti- ja esittelytilanteissa.

Visuaalisen ilmeen perustana ovat usein mallinnetut visualisointikuvat, sillä ne ovat siistejä, näyttäviä ja riittäviä tarkkuudeltaan. Kuvien tason on oltava riittävän korkea, jotta esitteen ilme säilyy ja on uskottava. Vanhemmista kohteista käytetään myös valokuvia, mutta mallien pohjalta tehdyt esityskuvat ovat valtaamassa ansaittua osaansa. Esitteen ulkoasusta saa visualisointikuvien avulla kokonaisuudessaan selkeästi siistimmän ja ammattimaisemman.

3.2.3 Web

Yritysten verkkosivuilla esitellään usein runsaasti materiaalia sekä markkinointitarkoituksessa että visuaalisen ilmeen perustana. Usein kohteista on esillä visualisointikuvia, mutta myös esimerkiksi animaatioita ja virtuaalimalleja sekä erilaisia sisustus- ja pintamateriaalivaihtoehtoja esitteleviä sisätilamallinnuksia on käytössä. Verkossa olevissa malleissa on olennaisinta keveys ja selkeys, sillä kuvien on latauduttava nopeasti ja pienenkin kuvan on oltava riittävän informatiivinen. Lisäksi kuvien on sovittava sivuston yleiseen ilmeeseen, varsinkin jos kyseessä ovat yrityksen omat verkkosivut. Erilaisilla asuntomyyntisivustoilla merkittävintä on puolestaan kuvan sisältö, kuten mallin selkeys ja sen antama informaatio esimerkiksi ympäristöstä ja talosta itsestään.

UNDER CONSTRUCTION			COMPLETED	
 <p>New Real Estate ATMOSPHERE ul. Optikov near Lahtinsky razliv now available Beta housing all apartments is handed over with complete finishing based on the standard YIT DOM</p> <ul style="list-style-type: none"> Details Apartment lay-out Location News <p>Complex of 5 buildings 6-11-18-storey buildings Apartments in buildings Beta and Alfa will be handed before IV.2008–IV.2009. Some of the apartments are offered fine-finished</p>	 <p>Optimist Leninsky ave./ Doblesti str.</p> <ul style="list-style-type: none"> Details Apartment lay-out Location Non-residential premises News <p>12-14-18-storey buildings Some of the apartments are offered fine-finished</p>	 <p>Commandant Estate M.Novikova str./ Parashutnaja str.</p> <ul style="list-style-type: none"> Details Apartment lay-out Location News <p>16-25-storey buildings Apartments in buildings 9A, 10, 12 will be handed before 30.09.2009. Some of the apartments are offered fine-finished</p>	 <p>Horth Pearl 2</p>  <p>Five Stars</p>  <p>Horth Pearl</p>	 <p>New Europe</p>  <p>Kazanskaya, 58</p>  <p>Veteranov, 130</p>

Kuva 5. Ote YIT Lentekin verkkosivuilta.

3.2.4 Sanomalehdet

Sanomalehdissä käytettävät kuvat ovat käytännön syistä usein resoluutioltaan melko heikkolaatuisia ja pienikokoisia, ja ne on tarkoitettu useimmiten lähinnä herättämään kiinnostusta markkinointimielessä. Käytössä on sekä 3D-visualisointikuvia että luonnoksen omaisia kuvia myytävistä asunnoista, ja yleensä niitä käytetään esimerkiksi asuntoliitteissä ja muissa vastaavissa yhteyksissä. Suurimmat rakennuttajat käyttävät lähes poikkeuksetta 3D-mallinnuksia, mutta varsinkin pienemmällä paikkakunnilla ja pienehköillä toimijoilla ovat edelleen käytössä melko vaatimattomat esityskuvat, ja jopa perinteisiä vesiväri- luonnoksia on edelleen esillä. Tosiasia kuitenkin on, että huolellisesti ja taitavasti toteutettujen mallien rinnalla käsin tai 2D-ohjelmilla piirretyt kuvat näyttävät kömpelöiltä ja tehottomilta.



Kuva 6. Mainos asuntoliitteessä. (Etelä-Suomen sanomat)

Nyt myynnissä



ANKKURI

AS. OY LAHDEN SAHANPUISTO, Proomukatu 6.
Sahanpuiston uudet kaupunkikodit ovat saunallisia ja parvekkeellisia.

Huoneistoesimerkkejä:

■ 2h,k,s	57,5 m ²	mh. 69.700	vh. 134.400
■ 2h,k,s	59 m ²	mh. 90.200	vh. 174.900
■ 3h,k,s	72 m ²	mh. 84.850	vh. 163.700
■ 3h,k,s	78,5 m ²	mh. 104.950	vh. 203.100

Esittely sunnuntaina 18-18,30
Tuomi,





www.skanska.fi

Kuva 7. 3D-malliin pohjautuva mainos asuntoliitteessä. (Etelä-Suomen sanomat)

3.2.5 Virtuaalimallit

Virtuaalimalleja käytetään sekä itse kohteiden että niiden ympäristön esittelyyn. Oulun matkakeskus on esimerkki kohteesta, jossa virtuaalimallia on käytetty kaavoituksen apuvälineenä. Lisäksi mallia pyritään hyödyntämään kansalaisvaikuttamisen apuvälineenä sekä ylläpitämään sitä myös valmistumisen jälkeen. Usein virtuaalimallit ovat nähtävillä esimerkiksi kaupunkien kirjastoissa, joissa jokainen voi halutessaan

päästä liikkumaan mallin sisällä ja tutkimaan sitä tarkasti. Varsinkin ahtaissa keskustakohteissa virtuaalimallit ovat erinomaisia apuvälineitä, sillä niiden avulla voi helposti tutkia sopivuutta kaupunkikuvaan ja muuhun ympäristöön. (Virtuaalimallista tukea suunnitteluun: Oulun matkakeskus rakentuu ensin virtuaalimuodossa, 2005.)



Kuva 8. Yksityiskohta asuinalueen virtuaalimallista.(Skanska)

Virtuaalimallien avulla on helppo hahmottaa sekä itse rakennus että sen varsinainen ympäristö. Erilaiset palvelut, maiseman erityispiirteet sekä liikenneyhteydet voidaan virtuaalimaailmassa esittää selkeästi ja havainnollisesti, tarvittaessa parhaita puolia korostaen. Käytännössä tavallinen 3D-malli luodaan etukäteen, jonka jälkeen sen voi viedä erilliseen ohjelmaan liitettäväksi virtuaaliympäristöön. Tässä työkaluna voi olla esimerkiksi Quest3D, jonka avulla mallin voi liittää haluamaansa ympäristöön, ja luoda sen ympärille erilaisia esityksiä tai animaatioita. Esitykseen on kuitenkin lisättävä valaistus ja kamera, sillä ne eivät siirry mallin mukana. Lisäksi erilaisia objekteja ja partikkeleja voi lisätä halutessaan. Erityisesti Quest3D mahdollistaa kuitenkin esimerkiksi virtuaalimaailmassa liikkumisen törmäystarkasteluineen, erilaiset animaatiot sekä efektit.

3.2.6 Panoraamakuvat

Panoraamakuvat, kuten Quicktime VR (QTVR) ovat yleisesti varsinkin verkossa käytetty esitysmuoto, jossa käyttäjä voi tarkastella 360 asteen panoraamakuvia. Kuva ei näy kokonaisuudessaan kerralla, vaan käyttäjän on liikutettava kuvaa. Kuvat ovat usein valokuvia, mutta myös 3D-mallinnusta käytetään esimerkiksi ennakkomyynnissä olevista kohteista. Tekniikka sopii erityisen hyvin asuntojen sisätilojen esittelyyn.

Jo olemassa olevan ympäristön kuvaamiseen tekniikka soveltuu erinomaisesti, ja valokuviin perustuva esitystapa on edullinen mutta näyttävä. Toisaalta 3D-mallin pohjalle rakentuva esitys voi olla vielä edellistä edustavampi ja selkeä. Kuvaa ei tarvitse laskea reaaliaikaisesti, joten esityskuvat voivat olla hyvin laadukkaita, eikä mallin kokoon tarvitse kiinnittää huomiota. (Karjalainen 1999.)

ArchiCAD oli ensimmäinen CAD-ohjelma, joka mahdollisti QTVR-maailmojen luomisen jo vuonna 1995. Teknologia mahdollisti perustietokoneissakin toimivan virtuaalitulokokemuksen, ja nykyään, muokausvälineiden kehittyttyä ovat sovellukset erittäin helppokäyttöisiä ja monipuolisia. (Karjalainen 1999.)



Kuva 9. Esimerkki panoraamakuvasta. (Wikipedia)

4 OHJELMISTOT

4.1 Yleistä ohjelmistoista

Rakennusteollisuuden vaatimia ja siihen liittyviä ohjelmia on runsaasti, ja käyttötärpeeseen on usein helppo löytää sopivan laaja ja toimiva ohjelmisto. Sopivan ohjelmiston valinnassa kannattaa ottaa huomioon myös erilaiset lisäosat ja päivityspaketit, joiden avulla on usein mahdollista räätälöidä juuri yrityksen tarpeen vaatima mahdollisimman toimiva ratkaisu. Työskentelytavat ja -tottumukset vaikuttavat valintaan lähes

yhtä paljon kuin varsinainen käyttötarkoitus, sillä eri ohjelmien lähestymistapa työskentelyyn voi erota suurestikin. Standardisointi ja erilaisten objekti kirjastojen laajuus voivat rakennusteollisuuden vaatimuksissa nousta avainasemaan. Ohjelmistojen laajasta kirjosta erottuvat kuitenkin usein samat, hyväksi havaitut ja markkinoita johtavat ohjelmat, joilla on riittävän pitkä kehityshistoria alkuongelmien poissulkemiseksi sekä lisäksi monipuoliset käyttöominaisuudet ja toimiva käyttöliittymä.

4.2 2D-CAD -ohjelmat

4.2.1 Autodesk AutoCAD

AutoCAD on vektorigrafiikkaohjelma, jonka tiedonkäsittely perustuu graafisiin alkioihin, kuten esimerkiksi murtoviivoihin ja kaariin. Ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 1982, ja 1990-luvun alussa AutoCAD yleistyivät tuoden hintatason myös pienempien yritysten ulottuville nousten samalla CAD-ohjelmistojen kärkeen. Tähän oli vaikuttavana tekijänä myös AutoCAD LT-versio, joka sisältää ainoastaan peruspiirto-ominaisuudet. AutoCAD LT on huomattavasti täyttä versiota edullisempi, ja se riittää esimerkiksi juuri pienempien yritysten tarpeisiin. Siitä puuttuvat muun muassa 3D-ominaisuudet, kamera-asetukset sekä animaatiot, mutta perustyökalut ja täysi dwg-tuki mahdollistavat perustyöskentelyn. Vaadittaessa monipuolisempia työskentelymahdollisuuksia voi AutoCADiin tarvittaessa liittää mukaan erilaisia laajennusosia, ja myös yrityksen tarpeisiin sopiva räätälöinti on mahdollista. (AutoCAD 2008.)

AutoCADilla voi luoda myös erityyppisiä 3D-malleja: rautalanka-, pinta- ja tilavuusmalleja. Tilavuusmallit ovat toisiin mallityyppeihin verrattuna käyttökelpoisimpia, sillä niiden ominaisuudet ovat monipuolisemmat ja niitä on helpompi muokata. Lisäksi niiden geometria on tarkempaa ja täydellisempää. Tämän vuoksi nimenomaan tilavuusmalleja hyödynnetään visualisoinnissa, mutta yleisesti AutoCADin 3D-ominaisuuksia käytetään varsinkaan rakennusteollisuuden todellisissa visualisointitarkoituksissa kuitenkin harvoin. (Illikainen 2000, 330.)

AutoCADin, kuten muidenkin CAD-ohjelmien, tapa kuvata asioita on melko tekninen. Mallien ulkonäköä voi kuitenkin parantaa piilottamalla viivoja sekä lisäämällä malliin värejä, kiiltoa tai materiaaleja.

AutoCADissa on lisäksi erilaisia renderöintimahdollisuuksia, kuten Photo Real ja Photo raytrace. Photo raytrace on menetelmästä tarkin ja samalla hitain, ja sen avulla on mahdollista tarvittaessa saavuttaa erittäin korkealaatuisia renderöintikuvia. (Illikainen 2000, 368.)

Valaistus on yksi tärkeimmistä elementeistä luotaessa toimivaa visualisointia kohteesta. AutoCAD käsittää erilaisia valotyyppejä, kuten esimerkiksi yleisvalo (Ambient light), pistevalo (Point light) ja kohdevalo (Spotlight.) (Illikainen 2000, 373.)

AutoCADin Landscape-alkiot ovat bittikarttoja, joissa on alpha-kanava. Näitä voidaan kiinnittää kolmiulotteisiin kolmioihin ja liittää kuvaan. Tekniikkaa käytetään esimerkiksi ihmisten tai liikennemerkkien lisäämiseen visualisointikuvaan. Menetelmä on helppo ja kevyt ja nopea toteuttaa. (Illikainen 2000, 376.)

Vaikka AutoCADissa on peruslähtökohdat 3D-mallinnusta varten, jää se silti toiseksi varsinaisiin 3D-ohjelmiin verrattaessa. Tämä ei kuitenkaan ole ohjelman varsinainen tarkoituskaan, sillä AutoCADia ei ole alun perin tarkoitettu visualisointiin vaan mittatarkkaan CAD-piirtämiseen.



Kuva 10. AutoCADilla tehty visualisointi. (Trevor D'Arcy)

4.2.2 JCAD

JCAD-ohjelmistot ovat suomalaisen Jidea-yrityksen tuotteita ja samalla eräs Suomen vanhimmista rakennusalan CAD-ohjelmistokokonaisuuksista. Saatavilla on erilaisia rakennukseen ja arkkitehtuuriin liittyviä ratkaisuja, kuten Arkkitehti-JCAD, Rakenne-JCAD sekä Puu-JCAD. Ohjelmisto on laajalti käytössä suomalaisissa rakennus- ja suunnittelualan yrityksissä.

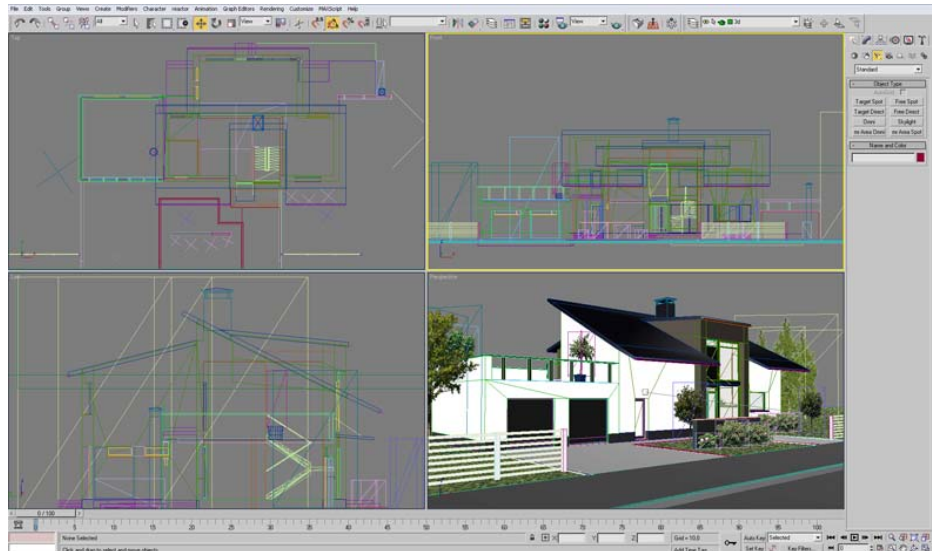
JCAD-ohjelmat pohjautuvat tietokantoihin, joiden avulla voidaan tuottaa suoraan ja helposti tarvittavia luetteloita, taulukoita ja kaavioita. Tietokanta mahdollistaa myös sen, että kerran tehty työ on käytettävissä eri vaiheissa, jolloin esimerkiksi pohjakuvasta saadaan helposti julkisivukuva missä tahansa suunnittelun vaiheessa. Ohjelmisto käyttää standardimerkistöjä, ja se soveltuu pienprojektien lisäksi myös suurempiin kokonaisuuksiin. JCAD tukee dwg-tiedostoformaattia. Koko suunnitteluprosessi on helposti hallittavissa yksinkertaisen käyttöliittymän ja monipuolisten, käyttäjän muokattavissa olevien ominaisuuksien ansiosta. Käyttöä helpottaa myös ohjelman kokonaan suomenkielinen käyttöliittymä. (Rakennussuunnittelu 2008.)

4.3 3D-visualisointiohjelmat

4.3.1 Autodesk 3ds Max / Autodesk VIZ

3ds Max on laaja ja toimiva mallinnuskokonaisuus, joka on käytössä niin elokuva- ja peliteollisuudessa kuin arkkitehtien ja visualistien keskuudessa. Ensimmäinen versio ohjelmasta luotiin vuonna 1990, tuolloin nimellä 3D Studio Max. Tällä hetkellä vuorossa on järjestysnumeroltaan 11. versio, 3ds Max 2009. Ohjelmaa on kritisoitu sen rajoittumisesta ainoastaan Windows-käyttöjärjestelmiin, mutta toisaalta yhteinen pitkä historia tuo kitkattomuutta toimintaan. (3ds Max 2008.)

CAD-tyyppinen suoraviivainen ajattelu miellyttää monia, ja 3ds Max onkin suosittu työkalu myös rakennusvisualisoinnissa. Käyttöliittymä on yksinkertainen ja helposti hahmotettavissa, ja jo pelkästään perusominaisuudet riittävät erinomaisesti esityskuvien ja erilaisten animaatioiden tekemiseen.



Kuva 11. Autodesk 3ds Maxin peruskäyttöliittymä.

3ds Maxissa on erityisominaisuutena hyvin integroitu Mental Ray-renderöintimoottori sekä lähes rajoittamattomat verkkorenderöintimahdollisuudet. Ohjelmaa on lisäksi mahdollista laajentaa useille erilaisilla ulkopuolisilla plug-in-sovelluksilla, kuten esimerkiksi erilaisilla renderöintimoottoreilla, maisemointityökaluilla ja efektilaajennuksilla. 3ds Maxin toiminnallisuus on helposti laajennettavissa halutunlaiseksi, ja erikoistyökalut mahdollistavat monipuolisen työskentelyn. (Rakennus 2008, 10.)

3ds Maxin vahvuuksiin kuuluu lisäksi erinomainen dwg -tuki. Uusissa versioissa ominaisuutta on parannettu entisestään, lisäämällä esimerkiksi älykkyyttä dwg-tiedostojen objektien tunnistuksessa. Ohjelma kykenee tunnistamaan samankaltaiset objektit, jolloin niiden kaikkien valitseminen samalla kertaa on mahdollista. Lisäksi Autodesk Revitin objektien tuotavuutta on parannettu, ja niiden reikiintymistä on saatu vähennettyä pintojen normaalien säilyttäessä alkuperäisen suuntansa. Lisäksi materiaalien siirron odotetaan parantuneen uudistusten myötä merkittävästi. (Rakennus 2008, 11.)



Kuva 12. Autodesk 3ds Maxilla tehty visualisointi. (Total real and partners)

Autodesk VIZ puolestaan on yksinkertaistettu, 3ds Maxin teknologiaan pohjautuva perustason 3D-visualisointiohjelmisto, joka on erityisesti kehitetty arkkitehtien, visualisoinnin ammattilaisista sekä teknisiä suunnittelijoita varten. Ohjelma sisältää yksinkertaisia ja helppokäyttöisiä mallinnus-, animointi-, valaistus- ja kameratyökaluja mahdollistaen hyvien perustulosten saavuttamisen. (Autodesk VIZ 2008a.)

VIZillä työskentely on helppo yhdistää esimerkiksi AutoCAD- tai Revit-ohjelmistoihin, sillä kuten 3ds Maxin, ohjelma sisältää tehokkaan ja toimivan dwg-linkityksen. Kokonainen rakennusmalli on mahdollista siirtää kaikkine materiaaleineen VIZiin visualisoitavaksi.

Valaistusominaisuuksissa Global illumination rendering-teknologia mahdollistaa valaistuksen radiositeettilaskennan ja todellisen maailman valaistusolosuhteiden simuloinnin. Lisäksi muut valaistusefektit kuten epäsuora hajavallo sekä pintojen värien heijastuminen luovat lisää realismia visualisointiin. Uusimpia ominaisuuksia VIZissä ovat lineaarivalot sekä aluevalot, jotka mahdollistavat entistä pehmeämpien ja realistisempien varjojen luomisen. Tämä lisää todellisuudentuntua parantaen visualisointia kokonaisuudessaan. Lisäksi ohjelmisto on multiprosessorituettu esimerkiksi neliprosessorikoneita varten ja mahdollistaa

renderöinnin uudella tavalla verkkoon jaettuna. Nämä ominaisuudet nopeuttavat työskentelyä ja mahdollistavat usein raskaidenkin visualisointien helpomman työstämisen. (Autodesk VIZ 2008b.)

Uusin versio Autodesk VIZistä sisältää myös mental ray 3.5-renderöintimahdollisuuden mahdollistaen entistä parempia renderöintituloksia. Mental rayn avulla valaistus ja varjot on mahdollista saada erittäin realistiseksi. Lisäksi Mental rayn käyttäminen on helppoa, sillä käyttöliittymä on haluttu yksinkertaistaa mahdollisimman pitkälle. (Autodesk VIZ: Features & specifications 2008.)

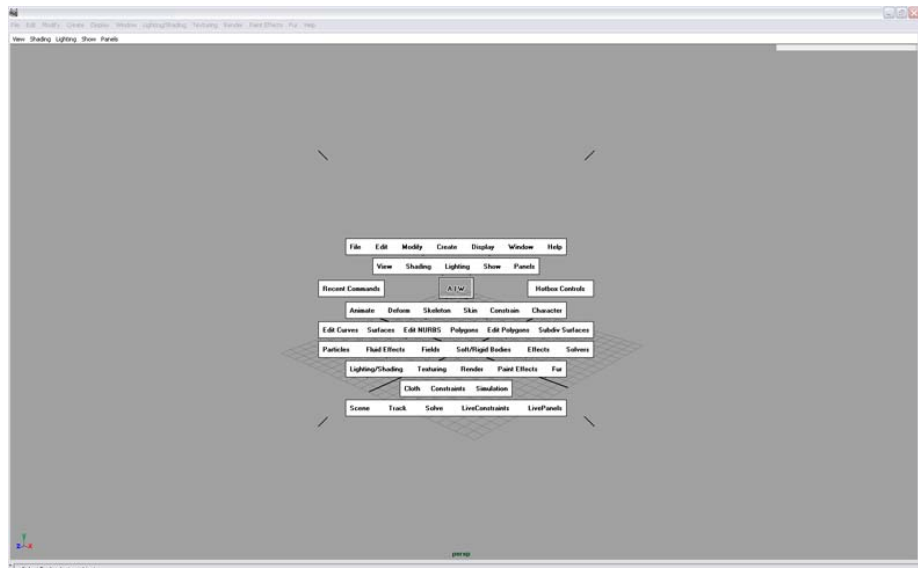


Kuva 13. Autodesk VIZillä tehty visualisointi. (Chen Qingfeng)

Vaikka VIZ on melko toimiva ratkaisu perusvisualisointiin, niin tutkimukset ovat osoittaneet visualisointiyritysten valitsevan mieluummin 3ds Maxin VIZin sijaan. Tämä on johtanut päätökseen lopettaa Autodesk VIZin kehitys, ja jakaa puolestaan 3ds Max kahtia. Perinteinen 3ds Max jatkaa kehittymistä keskittyen edelleen vastaamaan viihdeteollisuuden tarpeisiin versiolla 3ds Max 2009. Parannuksia ja lisäyksiä on odotettavissa muun muassa renderöintiominaisuuksiin ja yhteensopivuuteen esimerkiksi Autodesk Mayan kanssa. Erotuksen toinen puoli, 3ds Max Design puolestaan on ratkaisu arkkitehtien ja visualisoijien vaatimuksiin. (Rakennus 2008, 11.)

4.3.2 Autodesk Maya

Maya on arvostettu ja laajalti käytössä oleva 3D-ohjelmisto, jossa yhdistyvät mallinnus-, animaatio-, renderöinti-, sekä erilaiset tehosteominaisuudet. Mayaa käytetään erityisesti peli- ja animaatioteollisuudessa, mutta myös rakennusten visualisointiin. Alun perin ohjelman kehitti Alias Systems Corporation vuonna 1998, mutta vuoden 2005 yrityskaupassa Autodesk sai Mayan itselleen ja jatkoi sen kehittämistä edelleen. Uusin versio julkaistiin syyskuussa 2007, ja se on järjestysnumeroltaan 9.0. Ohjelmaa julkaistaan kahtena eri versiona: Maya Complete: edullinen, riisuttu versio sekä täydellinen Maya Unlimited. Unlimited-versio sisältää muun muassa cloth-, fluid- ja hair-työkaluja. Myös ilmainen versio ei-kaupalliseen käyttöön on saatavilla, mutta tällä versiolla renderöidyissä kuvissa on aina vesileima. (Autodesk Maya 2008.)

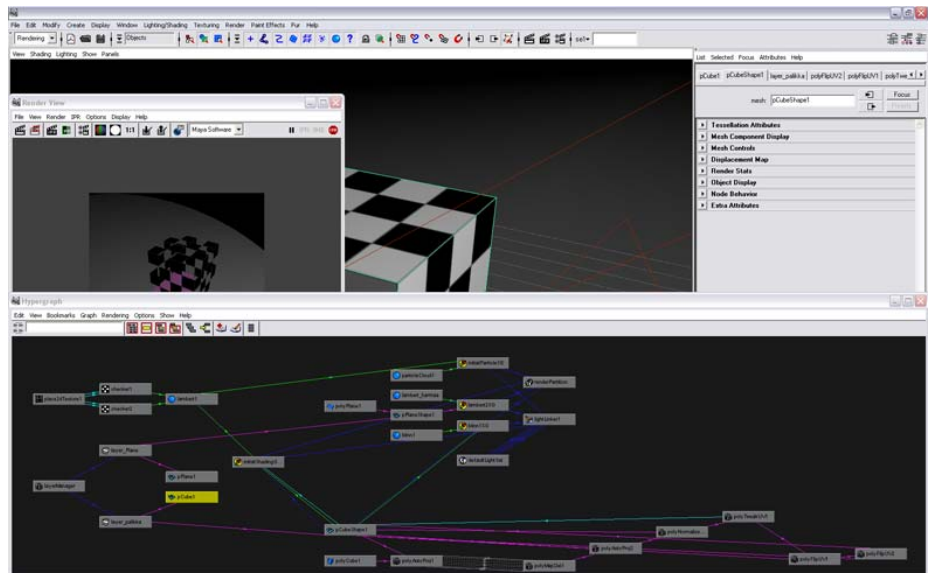


Kuva 14. Autodesk Mayan peruskäyttöliittymä. (Tirkkonen)

3ds Maxiin verrattuna Maya on työtavoiltaan vapaampi ja kehitetty ennemminkin taiteilijan ja suunnittelijan kuin insinöörin näkökulmasta. Peruslähtökohtana ei poikkeavasti ole suoraviivainen CAD-ajattelu, vaan vapaampi ja lennokkaampi suunnittelu. Mayan erityisominaisuuksin kuuluu lisäksi oma sisäinen ohjelmointikieli MEL, Maya Embedded Language. MELin avulla voi nopeuttaa esimerkiksi monimutkaisten projektien tai toistuvien tapahtumien työstöä. Lisäksi käyttäjän on mahdollista muunnella Mayaa ohjelmoimalla. Käyttäjystävällisyyttä lisää se, että ohjelmassa on melko harvoin yhteensopivuusongelmia

muiden tiedostomuotojen kanssa, ja luonnollisesti esimerkiksi Autodeskin omat formaatit toimivat ohjelmassa erinomaisesti. (Tirkkonen 2008b)

Erona muihin vastaaviin ohjelmiin verrattuna Maya sisältää tehokkaan Hypergraph-työkalun. Tämän avulla käsiteltävän mallin ominaisuudet voi muuttaa hierarkkiseksi näkymäksi. Jokaiseen mallin osaan tai ominaisuuteen voi yhdistää mitä tahansa. Esimerkiksi kappaleen värin voi yhdistää toisen kappaleen koordinaatteihin, jolloin toisen kappaleen läsnäolo muuttaa toisen väriä. Hypergraph on merkittävä työkalu ja selkeyttää työskentelyä, sillä mahdolliset ongelmat ovat suoraan nähtävissä ja niiden korjaus on näkymän rakenteen ansiosta helppoa.



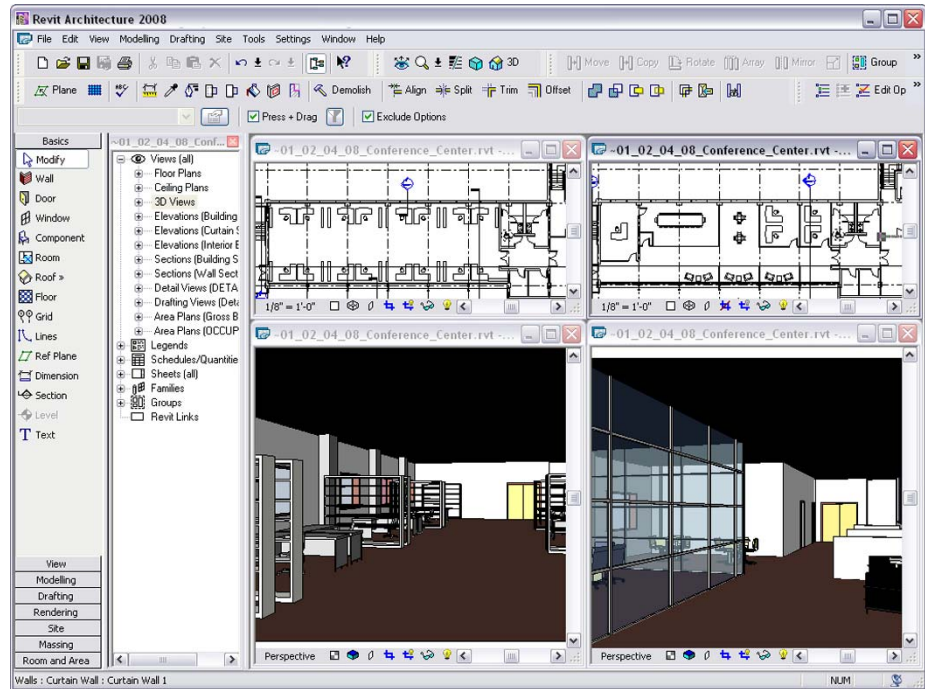
Kuva 15. Autodesk Mayan Hypergraph. (Tirkkonen)

Mayan peruskäyttöominaisuudet ovat kuitenkin verrattavissa 3ds Maxiin ja muihin vastaaviin visualisointiohjelmiin, ja usein ohjelman valinnassa kyse on vain käyttäjän tottumuksista ja henkilökohtaisista mieltymyksistä. Erityisesti tämä korostuu, kun kyse on rakennusteollisuuden visualisointitöistä, joihin suosituimpien visualisointiohjelmien ominaisuudet riittävät mainosti.

4.4 3D-arkkitehtiohjelmat

4.4.1 Autodesk Revit Architecture

Revit Architecture on kattava rakennussuunnittelujärjestelmä, joka tukee suunnittelu- ja dokumentointiprosessin jokaista vaihetta. Ohjelma on kehitetty erityisesti tuotemallinnusta varten.



Kuva 16. Revitin käyttöliittymä. (Autodesk)

Revit Architecture pohjautuu relaatiotietokantaan ja on parametrinen rakennussuunnitteluohjelmisto. Suunnittelu on mahdollista kaikissa näkymissä, joita Revitissä ovat muun muassa julkisivukuvat, leikkaukset ja tasokuvat. Muutokset päivittyvät tietokannan välityksellä kaikkiin luotaviin dokumentteihin. (Revit 2008.)

Yhteiskäyttö esimerkiksi Autodesk 3ds Maxin tai AutoCADin kanssa on helppoa, sillä Revit hyödyntää Autodeskin omaa ObjectDBX-tekniologiaa, joka varmistaa dwg-yhteensopivuuden. Tuotemallinnusta ajatellen Revit mahdollistaa informaation viennin ulkopuolisiin ohjelmistoihin, jolloin tietoja voidaan tarkastella esimerkiksi Microsoft Access-ohjelmistossa. Tämä nopeuttaa työskentelyä, sillä tietoja ei tarvitse mitata manuaalisesti, jolloin myös virheiden riski vähenee. Lisäksi

Revit sisältää ryhmätyöskentelymahdollisuuden, joka tarkoittaa käytännössä sitä, että ryhmän jäsenille annetaan eri osioita projektista. Yksi parametrinen emotiedosto jaetaan osiin, joita voi tämän jälkeen muuttaa. Osiot päivitetään muutoksineen takaisin emotiedostoon. Erityisominaisuus ohjelmassa on lisäksi luettelointi, joka päivittää muutokset mallista ja muista näkymistä luetteloihin sekä ennen kaikkea päinvastoin. Luettelot sijaitsevat erillään rakennusmallista. (Revit 2008.)

Maastoa luotaessa on mahdollista käyttää joko ohjelman omia parametrisiä maastomallinnustyökaluja tai vaihtoehtoisesti hyödyntää esimerkiksi dwg-tiedostoa. Parametriset objektit kuten esimerkiksi puut, osavat automaattisesti hakeutua omille paikoilleen mukaillen maaston muotoja. Myös maaston muutokset päivittyvät myös esimerkiksi leikkaus- ja julkisivukuviin. Maaston lisäksi on mahdollista luoda omia rakennusobjekteja ilman ohjelmointikieliä. Objektit tallentuvat kirjastoihin ja ovat käytettävissä myös uusien objektien luomiseen. Luotaessa objektia voidaan määrittellä, miten se esitetään eri näkymissä: 2D-grafiikkana, yksityiskohtineen ja niin edelleen. (Revit 2008.)

Objekteista käytetään Autodesk Revitissä nimitystä Family. Familyt ovat jaettu kolmeen eri kategoriaan: System, Standard component ja In-Place. System-kategoriassa ovat esimerkiksi seinät ja katot, Standard component-ryhmään kuuluvat itse luotavat objektit ja In-Place sisältää projektikohtaiset objektit. Eri kategorioiden objektit käyttäytyvät eri tavoin, ja kategoriasta riippuen niitä voi tallentaa kirjastoihin käytettäväksi useissa eri projekteissa. Familyiden luominen ja muokkaaminen on mahdollista, ja valmiita objekteja voi muokata haluamallaan tavalla. Tämä voi tarvittaessa lyhentää työaikaa merkittävästi. (Leinonen 2008, 19.)

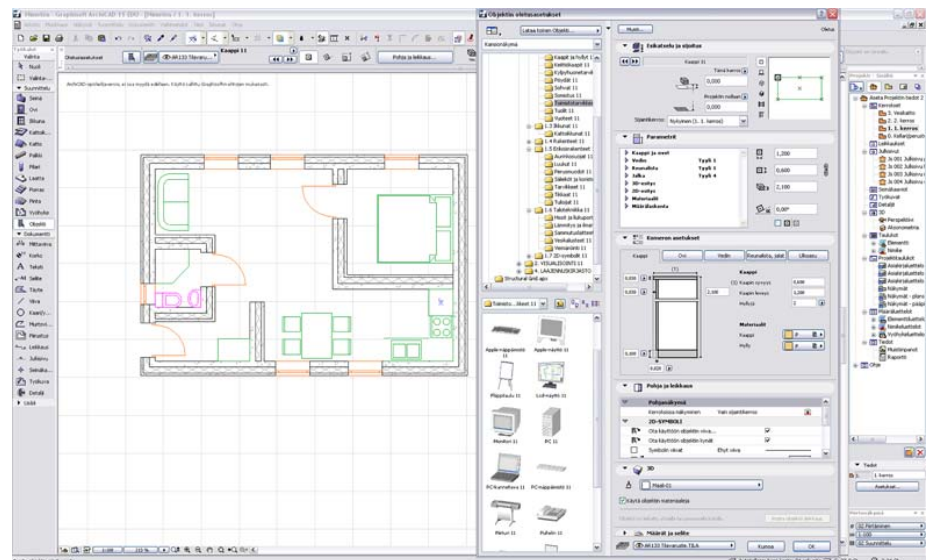


Kuva 17. Revitillä luotu sisävisualisointi. (Autodesk)

4.4.2 Graphisoft ArchiCAD

ArchiCAD on rakennussuunnittelijan näkökulmasta kehitetty ja pohjautuu yksinkertaisesti ajatukseen rakennuksen simuloinnista. Ohjelman erityispiirre on siinä, että rakennuksen hahmottuessa kolmiulotteiseksi malliksi syntyvät samalla myös sen piirustukset. Pohjapiirustuksen lisäksi tehdään samalla leikkaus- ja julkisivukuvia. Ominaisuus toimii molempiin suuntiin, eli kaikista kaksiulotteisista piirustuksista syntyvät samalla 3D-malli sekä muut 2D- piirustukset. Muutokset päivittyvät automaattisesti kaikkiin ikkunoihin. Peruslähtökohtana on rakennuksen koko elinkaari ja tuotemallit, mutta käytön voi rajoittaa myös visualisointiin. Ohjelma sisältää animaatio-ominaisuuden, jonka avulla voi suoraan luoda interaktiivisen virtuaalimallin. ArchiCAD tukee yleisimpiä Internetissä käytettyjä tiedostoformaatteja, joten sillä voi tehdä esimerkiksi esittelymateriaalia suoraan kotisivuille. Uusin versio ohjelmasta on tällä hetkellä järjestysnumeroltaan 11. (ArchiCAD 2008.)

Ohjelman käytöstä tekee lisäksi monipuolisempaa ArchiCAD-library, englanninkielinen objektikirjasto, joka sisältää suuren määrän erilaisia standardien mukaisia objekteja. Objekteja voi tarvittaessa tehdä myös itse sekä hyödyntää muiden käyttäjien luomia vaihtoehtoja. Objektikirjastoja on lisäksi mahdollista ladata ilmaiseksi M.A.D:n (Micro-Aided Design) sivuilta. M.A.D. on ArchiCADiin erikoistunut asiantuntijaorganisaatio. Kirjastoja on runsaasti, ja niistä suurin osa on sovitettu suomalaisen perusobjektikirjastoon sisältäen yleisimpiä käytössä olevia elementtejä, kuten ovia, ikkunoita ja kalusteita. Tuotemallipohjaisessa suunnittelussa on tärkeää käyttää oikeita tuotteita jo suunnittelun alusta lähtien, jolloin mahdollisia korjauksia ei tarvitse tehdä jälkikäteen ja virheiltä säästytään.



Kuva 18. ArchiCADin käyttöliittymä ja objektikirjasto.

Animaation laskenta perustuu valinnan mukaan joko 3D-ikkunaan tai vaihtoehtoisesti renderöinti-ikkunaan. Tallennusmuotoja on useita, ja ohjelman yhteensopivuus on laaja. Lisäksi QVTR-objektien sekä kokonaisten virtuaalimaailmojen luominen on mahdollista. Ohjelmaan on saatavilla erilaisia lisäosia sekä laajennuksia, joiden avulla voidaan saada käyttöön esimerkiksi uusia visualisointimenetelmiä ja työkaluja. (Melvasalo, Virolainen, Putkonen & Karjalainen 1998, 7, 197.)



Kuva 19. ArchiCADilla luotu visualisointi. (AECBytes 2006.)

5 CASE: Visualisointiohjeistus YIT Lentekille

5.1 Kohdeyritys

ZAO YIT Lentek on yksi Pietarin suurimmista rakennusyrityksistä ja samalla Venäjän suurin ulkomainen asuntorakentaja. Yrityksen kasvuvauhti on valtava, ja tarve kohteiden visualisoinneille lisääntyy jatkuvasti. Markkinointimateriaalit on päivitettävä yleiseen nykytilanteeseen sopivaksi, myös kolmiulotteisen suunnittelun osalta. Yrityksellä ei tällä hetkellä ole selkeää työskentelytapaa 3D-mallinnusta varten, ja tilanne vaatii selkeytystä. Visualisointi on lähes kokonaan ulkopuolisten toimijoiden varassa, mutta tavoitteena on saada 3D-mallinnukseen ja visualisointiin liittyvät työt kokonaan yrityksen sisällä tehtäväksi.

5.2 Lähtötilanne 3D-mallinnuksen osalta

5.2.1 Tarpeet

YIT Lentek käyttää 3D-mallinnusta lähinnä visualisointikuvissa, joissa kohteita kuvataan useimmiten ulkopuolelta ja ympäristöä esitellen. Kuvat ovat käytössä verkkosivuilla, esitteissä sekä muissa myynti- ja markkinointiosaston materiaaleissa. Tämän lisäksi suurten projektien kohdalla on olennaista saada käyttöön kattavia malleja, sillä varsinainen kohde valmistuu vasta useiden vuosien päästä, mutta on myynnissä jo ennakkoon.

Sisätiloja ei tällä hetkellä mallinneta, vaikka tarvetta tällekin olisi. YIT Lentek eroaa muista Venäjän rakennusyhtiöistä muun muassa sillä, että asunnot luovutetaan viimeisteltyinä ja suoraan asumisvalmiina. Yleinen käytäntö Venäjällä on se, että asunnot myydään täysin viimeistelemättöminä, betonipinnoin. Tämä erityispiirre luo tarpeen sisätilamallinnuksille, kuten kokonaisille mallihuoneille, sisätila-animaatioille sekä mahdollisuudelle tutkia virtuaalisesti eri pintamateriaalivaihtoehtoja. Animaatioita tarvitaan myös rakennusten julkisivuista ja ympäristöistä, tarkoituksena esitellä itse kohdetta sekä kyseistä asuinalueita. Animaatioiden käyttökohteita ovat erilaiset esitykset ja kokoukset, myyntitilanteet sekä verkkosivut.

Tuotemalleihin totutellaan pikkuhiljaa, ja niiden mahdollinen käyttöönotto järjestetään yhteistyössä Suomen YIT:n kanssa. Tällä hetkellä 3D-mallinnuksen on kuitenkin suurimmalta osin vastattava nimenomaan markkinoinnin ja myynnin vaatimuksiin.

5.2.2 Tämänhetkiset käytännöt

Yritys ei toteuta mallinnushankkeitaan itse, vaan ulkopuoliset konsultit ja arkkitehtitoimistot tekevät vaadittavat kuvat. Tällä hetkellä toteutetaan lähes ainoastaan pakolliset esityskuvat, jolloin esimerkiksi animaatiot, multimediaesitykset ja muu tarvittava materiaali puuttuu kokonaan. Tuotemalleja on osittain toteutettu, mutta varsinaista käytäntöä ei niiden osalta ole päässyt syntymään. Tuotemallien osalta työskentely on tapahtunut suomalaisten toimijoiden kautta.

Suurin osa ulkopuolisten tahojen tuottamista esityskuvista toteutetaan 3ds Maxilla, mutta yrityksellä itsellään ei varsinaista visualisointiohjelmaa ole käytössä lainkaan. Kuitenkin muun muassa ArchiCAD sekä AutoCAD kuuluvat käytettyihin ohjelmistoihin, mutta niitä käytetään lähinnä vain 2D-työskentelyyn, eikä niiden mahdollisia visualisointiominaisuuksia erityisesti hyödynnetä.

5.3 Visualisointiohjeistus YIT Lentekille

5.3.1 Ohjelmistosuositukset

Tällä hetkellä ainoa visualisointiin sopiva ohjelma, joka yrityksellä on käytössään, on ArchiCAD. Tämä mahdollistaa yksinkertaisimpien visualisointikuvien, kamera-animaatioiden ja panoraamakuvien toteuttamisen. Todella tehokkaaseen työskentelyyn vaadittaisiin kuitenkin erilaisia lisäosia, kuten esimerkiksi Artlantis-renderöntiohjelma, jonka avulla voi toteuttaa visuaalisesti korkealaatuisempia esityksiä. Todennäköisesti kuitenkin ArchiCAD yksin ei kykene vastaamaan kasvaviin tarpeisiin, vaan varsinainen 3D-visualisointiohjelma on otettava käyttöön.

Koska yrityksellä on jo käytössään AutoCAD, ovat Autodeskin muut ohjelmat parhaita vaihtoehtoja myös visualisointiin, sillä erinomainen dwg-tuki on välttämätön. Tiedonsiirron varmuus ja yhteensopivuusongelmien väheneminen vähentää työaika ja lisää käytettävyyttä. Autodeskin 3ds Max ja Maya ovat siis 3D-visualisointiohjelmaksi perusteltuja vaihtoehtoja. Näiden kahden ohjelman välillä valintapäätökseen vaikuttavat lähinnä käyttäjän tottumukset, sillä rakennusalan vaatimuksiin pystyvät molemmat vastaamaan yhtä hyvin. Mayan ongelma on kuitenkin käytettävyys, sillä varsinkin CAD-ohjelmiin tottuneen voi olla vaikea opetella ohjelman hallintaa. Asioiden esitystapa ja lähtökohta suunnitteluun eroavat suurestikin muihin vastaaviin ohjelmiin verrattuna. Jos käyttö kuitenkin on tuttua tai opetteluun on aikaa, on Maya ominaisuuksiltaan erinomainen ja mainio vaihtoehto visualisointiin. Edullisempi versio, Maya Complete, on tämänkaltaiseen työskentelyyn aivan riittävä.

3ds Max on ajattelutavaltaan CAD-tyyppinen, joten siihen on Mayaa helpompi tottua, jos taustalla on esimerkiksi AutoCAD-tuntemusta. 3ds Maxin ongelma voi kuitenkin olla Windows-käyttöjärjestelmän pakollisuus, mikä Mayan puolelta taas ei ole vaatimus. Tämä kuitenkin muodostuu ongelmaksi, sillä YIT Lentekillä on käytössään Windows eikä muutoksia liene luvassa.

3ds Max on kokonaisuudessaan suositeltavin vaihtoehto, vaikka se onkin hieman Mayaa kalliimpi. Osaavia käyttäjiä ja koulutusta on tarjolla runsaasti, eivätkä käyttöominaisuudet häviä Mayalle. Yksinkertainen CAD-ajattelu sopii monelle, jolloin myös vanhoilla AutoCAD-käyttäjillä on mahdollisuus opetella 3ds Maxin käyttö. 3ds Max on ilman erillisiä lisäosiakin toimiva kokonaisuus, jolla näyttävät visualisoinnit on helppo toteuttaa.

Tuotemallien osalta ohjelma lienee järkevintä valita Suomen YIT:n käytäntöjen mukaisesti, kun asiasta tulee ajankohtainen. ArchiCAD lienee luontevin vaihtoehto, sillä ohjelma on YIT Lentekillä käytössä jo nyt. Tällä hetkellä prioriteettina on kuitenkin toimiva visualisointikäytäntö, johon 3ds Max on perusteltu työväline.

5.3.2 Ohjeistus työnkulkuun

Työnkulku on käsitelty ainoastaan 3D-mallinnuksen ja siihen suoraan liittyvien työvaiheiden kannalta jättäen tarkentamatta esimerkiksi kuvankäsittelyyn tai käyttöliittymäsuunnitteluun liittyvät yksityiskohdat. Yrityksen tarpeiden perusteella on valittu tärkeimmät työtehtävät, joihin työnkulun ohjeistus keskittyy.

Mallin perustyövaiheet

Perustyövaiheet ovat kaikissa valituissa työtehtävissä samat. Mallintaminen on aloitettava arkkitehdilta saatavien tietojen perusteella, jotka yleensä käsittävät rakennuksen julkisivukuvat ja pohjapiirroksen. Usein saatu materiaali on AutoCADista peräisin, joten tuotaessa materiaali 3ds Maxiin on tiedostomuodon oltava joko dwg tai joissain tapauksissa dxf. Dwg on yleensä toimiva ratkaisu, mutta ongelmatapauksissa kannattaa kokeilla dxf-muotoa.

Mallin lopullinen käyttötarkoitus on yleensä selvillä jo työtä aloittaessa, joten tämä vaikuttaa suoraan työskentelyyn ja näkyy esimerkiksi yksityiskohtien määrässä ja mallinnuksen laadussa. 2D-materiaalien tai tuotemallin tietojen avulla malli rakennetaan kuitenkin peruspiirteittäin aina samalla tavalla, mahdollisimman kevyeksi ja toimivaksi ja käytännölliseksi.

Tärkein vaihe mallintamisessa on lopullisesta käyttötarkoituksesta huolimatta teksturointi. Käytettävät materiaalit, kuten laudoitus, erilaiset laatat tai seinämateriaalit, on tehtävä erikseen esimerkiksi kuvankäsittelyohjelman avulla, tai tuotava erilaisista valmiista materiaalikirjastoista. Valmismateriaaleja käytettäessä on kuitenkin oltava erityisen huolellinen, sillä materiaalien on sovittava kohdemaan yleisiin käytäntöihin. Huolellisesti toteutetut materiaalit ovat edellytys toimivalle mallille, ja esimerkiksi mallihuoneiden yhteydessä niiden todenmukaisuus on suorastaan vaatimus.

Malli on valaistava oikein, ja valaistus on suunniteltava käyttötarkoituksen mukaan. Toisinaan pelkkä 3ds Maxin yleisvalo on riittävä, mutta useimmiten tarvitaan useampia eri valoja sekä kokonaisia valaistusuunnitelmia. Valojen avulla on helppo luoda erilaisia tunnelmia sekä korostaa mielikuvia.

Kamera asetetaan haluttuun kuvakulmaan sommittelun perussääntöjä unohtamatta. Kamera voi liikkua tai olla paikallaan, mutta jokaisen kuvan on oltava sommittelultaan toimiva.

Mallin materiaalien, valaistuksen ja muiden osien ollessa valmiita on kuva renderöitävä. Renderöintiin on panostettava jotta haluttu lopputulos olisi mahdollisimman laadukas. Renderöitävien kuvien resoluutio on valittava käyttötarkoituksen mukaan, eli esimerkiksi painoon tarkoitettuihin laadukkaisiin visualisointikuviin on resoluution oltava korkea, kun taas verkkoon tarkoitettujen animaatioiden on oltava kevyitä. Renderöityjen still-kuvien tallennusmuodoksi kannattaa valita häviötön formaatti, joka sisältää alpha-kanavan. Esimerkiksi png- tai tga-tiedostomuodot sopivat tarkoitukseen hyvin.

Visualisointikuvat

Visualisointimalli kannattaa mallintaa mahdollisimman kevyeksi, sillä ne ovat usein melko monimutkaisia ja muuttuvat helposti liian raskaiksi käsitellä. Teksturointi on erityisen tärkeää, mutta peruselementeistä myös valaistus ja kamerakulma vaikuttavat yhtä lailla paljon. Renderöinti kannattaa varsinkin monimutkaisissa malleissa suunnitella siten, että eri elementit voidaan renderöidä erillisinä osina. Tämä helpottaa lopullisen kuvan koostamista ja tekee siitä laadullisesti paremman.

Kevyemmissä ja yksinkertaisemmissä toteutuksissa ArchiCAD voi olla riittävä, mutta laadukkaissa ratkaisuissa on käytettävä 3ds Maxia. Todellisen visualisointiohjelman käyttöominaisuudet vaikuttavat väistämättä lopputulokseen, ja huonompilaatuisille kuville on harvemmin perusteita.

Esityskuvan lopullinen koostaminen tapahtuu Adobe Photoshopissa tai muussa vastaavassa kuvankäsittelyohjelmassa. Kuva kootaan 3ds Maxissa erilleen renderöidyistä osista omille kerroksilleen alfa-kanavia apuna käyttäen. Kuvan värit ja kirkkaus säädetään oikein, minkä jälkeen kuvaan voi lisätä erilaisia elementtejä kuten puita, istutuksia, ihmisiä ja autoja. Jos näitä ei ole renderöity osana mallia jo 3ds Maxissa, on kappaleisiin lisättävä varjot tarvittaessa jälkeinpäin Photoshopissa. Valmiin kuvan resoluutio ja tiedostomuoto valitaan käyttötarkoituksen mukaan, jolloin esimerkiksi esitteeseen on kuvan oltava hyvälaatuisen, mutta sanomalehteen vaaditaan resoluutioltaan pienempi kuva.

Virtuaalimallit

Virtuaalimalleja voi käyttää sekä ulko- että sisätilojen kuvauksessa ja tutkimisessa. Ohjeessa on keskitytty erityisesti sisätilojen virtuaalimalleihin, sillä niiden tarve on suurempi. Mallihuonetta mallinnettaessa on teksturointi ja valaistus tehtävä yhtä huolellisesti kuin rakennuksen julkisivunkin visualisoinnissa. Teksturointiin on kiinnitettävä erityistä huomiota, sillä käytettäessä mallihuonetta esimerkiksi asiakasesittelyssä on materiaalien oltava todenmukaiset ja vastattava toteutettavaa lopputulosta. Jos ostopäätös perustuu esitettävään huoneistoon ja sen materiaaleihin, voivat mahdolliset virheet myöhemmin muodostua merkittäväksi ongelmaksi.

Mallinnetut esimerkkityylit ovat näyttäviä ja korostavat esimerkiksi kauniasta näköalaa, jota ei voisi todellisuudessa esittää myyntiargumenttina ennen koko rakennuksen valmistumista. Fyysisesti mallihuoneet on rakennettava rakennusten alakerroksiin, joista näköala ei välttämättä ole yhtä edustava.

Mallihuoneiden tarkasteluun voi ratkaisuna olla esimerkiksi QTVR-tekniikka tai perinteinen animaatio. ArchiCADin sisältämä QTVR-mahdollisuus tekee siitä erinomaisen työkalun virtuaalisten mallihuoneiden esittelyyn, esimerkiksi panoraamatekniikan avulla. Myös 3ds Maxissa on panoraamatyökalu, mutta varsinaista interaktiivisuutta hahmottaessa on se lisättävä toisen ohjelman, kuten Quest 3D:n kautta. Tekniikan valinta on kuitenkin tehtävä käyttötarkoituksen mukaan, mutta usein normaali animaatio kattaa kaiken tarvittavan. Varsinkin suurissa julkisissa esityksissä virtuaalimallin käyttöliittymän olisi oltava erittäin toimintavarma, jotta käyttäjä ei voi jäädä kiinni esimerkiksi mallin kulmiin tai pieniin tiloihin. Interaktiivisten mallien ongelma on usein myös käyttäjän kiinnostuminen vääristä asioista, eli tärkeät kohdat jäävät huomaamatta ja käyttäjä keskittyy enemmän virtuaalimaailmassa leikkimiseen kuin itse esiteltävään malliin. Eri ominaisuuksia voi luonnollisesti yhdistellä tarpeen mukaan, mutta mielikuvamyynti ja markkinointistrategiat on otettava huomioon myös sisätilamalleissa.

Animaatiot

Perinteiset elokuvan keinot ja huolellisesti mietityt kamera-ajot esittelevät usein haluttuja ominaisuuksia parhaiten. Sekä ArchiCAD että 3ds Max sisältävät animaatioiden luontimahdollisuuden, mutta 3ds Maxissa ominaisuudet ovat paremmat ja laajemmat. Animaatioissa tärkeintä on suunnitella kamera-ajot ja käytettävät kuvakulmat mahdollisine efekteineen käytettävän markkinointistrategian mukaan, jolloin haluttu mielikuva säilyy.

3ds Maxin perusanimaation vaatimat työkalut ovat helppokäyttöisiä ja selkeitä pohjautuen perinteiseen keyframe-animaatioon, mikä tarkoittaa työskentelyä animaation kokonaisaikajanan avulla. Kaikki mallin elementit, kuten kamera, valot sekä itse malli, ovat animoitavissa. Tässä yhteydessä järkevintä on kuitenkin vaikuttaa lähinnä kameraan, sillä varsinkaan kohteisiin tarvitsee harvoin liikettä.

Aineiston esitystavat

Kuvan viimeistelyn aikana on tärkeää tiedostaa kohteen markkinointistrategia ja mielikuvat, joita sen halutaan herättävän. Asuinalueen viihtyisyys ja identiteetti, merenläheisyys tai lapsiystävällisyys on mahdollista huomioida ja erityispiirteitä on helppo korostaa. Rakennuksen edustamat arvot on huomioitava ja suunniteltava esitykset toteutustavasta riippumatta sen mukaisesti.

Visualisointikuvia tarvitaan usein sekä printattuina että sähköisessä muodossa. Niiden esittämiseen ei liity erityisiä lisävaatimuksia, sillä still-kuvat ovat yksinkertaisia käyttää ja esitellä.

Virtuaalimallien ja animaatioiden esittely on monimutkaisempaa ja voi vaatia erillisiä ratkaisuja toimiakseen halutulla tavalla. Usein animaatioita ja virtuaalimalleja tarvitaan verkossa, dvd-levyillä sekä erilaisissa esityksissä. Näissä yhteyksissä tarvitaan usein jonkinlainen käyttöliittymä, joka helpottaa käyttöä ja tekee esityksestä toimivamman. Virtuaalimalleissa, joissa halutaan erityisesti tutkia materiaaleja ja niiden muutoksia, on käyttöliittymä pakollinen. Käyttöliittymä ja erilaiset koosteet sähköisestä materiaalista toteutetaan nykyään lähes poikkeuksetta Adobe Flash-multimediaohjelmistolla. Flashin avulla animaatioon tai virtuaalimalliin saa toiminnallisuutta ja käytettävyyttä, ja sillä luotuja erilaisia esityksiä voi ohjata ja käsitellä halutuvin tavoin. Lisäksi ohjelma sopii erinomaisesti esimerkiksi animaatioiden esittelyyn, sillä sen kautta tuotetut itsenäiset videot ovat erittäin varmoja ja toimivia. Flash soveltuu myös still-kuvien toiminnalliseen esitykseen sekä verkkosivujen tekoon. Ohjelma perustuu Actionscript-ohjelmointikielen, jonka avulla voi luoda monimutkaisiakin käyttöliittymiä ja toiminnallisuutta.

Toteutustavasta ja käyttötarkoituksesta huolimatta tuotetun materiaalin on oltava osa kokonaisuutta ja tuettava muita ratkaisuja. Jos samasta kohteesta on useampia esityksiä, on niiden toimittava sekä yhdessä että erikseen. Sisätilamallien ja -animaatioiden on oltava yhtenäisiä esityskuvien kanssa ja päinvastoin, jotta haluttu mielikuva säilyy. Siisti, yhtenäinen ja toimiva esitys voi nousta ratkaisevaksi tekijäksi kohteen markkinoinnissa.

6 YHTEENVETO

3D-mallinnukseen pohjautuvan visualisoinnin tarve laajenee jatkuvasti, ja sen vaatimia ohjelmistoja kehitetään ja parannetaan vastaavaan tahtiin. Ohjelmien ominaisuuksissa keskitytään entistä paremmin vastaamaan johonkin nimenomaiseen tarpeeseen, eikä suppeille perustason ratkaisuille löydy enää kysyntää. Tekniikan on kyettävä vastaamaan luovuuden, näkemyksen ja todellisen tarpeen vaatimukseen, eikä toteutus saa jäädä vaillinaiseksi käytetyn ohjelmiston puutteiden vuoksi. Entistä näyttävämpiä ja laadukkaampia tietokoneella luotuja kuvia ja esityksiä ei enää vaadita ainoastaan elokuva- ja peliteollisuudessa, vaan myös rakennusmaailmassa. Sama teknologia on valjastettu hyödyntämään arkkitehtejä ja suunnittelijoita visualisoinnissa, suunnittelussa ja osittain jopa toteutuksen apuna.

Nopea kehitys tuo mukanaan ongelmia ja haasteita. Tietomäärän käsittely, yhteensopivuusongelmat ja ennen kaikkea työskentelytapojen yhtenäistyminen ovat esimerkkejä ratkaistavista epäkohdista. Mikään työtapo ei kuitenkaan ole ongelmaton, ja kolmiulotteisen suunnittelun tuomien ratkaisujen ja hyödyn rinnalla ongelmat jäävät hyvin pieniksi.

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoituksena luoda yleinen käsitys rakennusteollisuuden tämänhetkisestä tilanteesta 3D-visualisoinnin osalta. Historian avulla voi paremmin hahmottaa nykypäivää, ja aiempi kehitys voi vaikuttaa tulevaisuuteen. Tärkeimpien käyttökohteiden myötä on kolmiulotteisuuden perustuvan visualisoinnin laajuus ja tarve selkeästi hahmotettavissa. Vaikka tuotemallien hyödyt ovatkin kiistattomat, on tässä työssä haluttu keskittyä erityisesti visualisointiin ja sen käyttöön sekä etuihin markkinoinnissa. Monille rakennusteollisuudessa tärkeää on vain tuotemallinnus, mutta tämä on hyvin kapea näkökanta. Visualisointi on vähintään yhtä merkittävä osa alaa, ja tämä näkyy suunnattomassa määrässä esityskuvia, animaatioita ja virtuaalimalleja. Lähes jokaisen rakennusyhtiön markkinointiin kuuluu erottamattomana osana kolmiulotteiseen suunnitteluun pohjautuvaa materiaalia.

Case-osuudessa haastavinta oli tiedostaa kohdeyrityksen todelliset tarpeet ja tavoitteet, sillä tilanne muuttui nopeasti ja kehitystä oli vaikeaa seurata eri maasta käsin. Lisäksi haastetta toivat vieraan maan työskentelytavat sekä erilainen kokonaisprosessi lupahakemuksineen ja

toimintatapoineen, mutta työn keskittyessä markkinointiin tästä ei muodostunut suurempaa ongelmaa. Markkinoinnin perusideat ja siihen liittyvä visualisointi ei merkittävästi muutu, vaikka kohdemaana ei olisiakaan Suomi. Perustavoitteena oli selkeyttää yritykselle erilaisia käytäntöjä ja ennen kaikkea esitellä eri mahdollisuuksia ja ratkaisuja tämänhetkisiin ongelmiin. Selkeä ohjeistus tärkeimpien tehtävien osalta voi vastata suurimpaan tarpeeseen ja auttaa hahmottamaan tulevaisuutta 3D-mallinnuksen osalta.

Visualisoinnin erikoisohjelmat sekä siihen erikoistuneet osaajat ovat merkittäviä tekijöitä nykypäivän rakennusmaailmassa. Osaamiselle on kysyntää, mutta pelkkä tekninen taito ei enää riitä. Visualisoijan on käyttämänsä ohjelman lisäksi tunnettava sommittelusäännöt sekä kyettävä luomaan haluttuja mielikuvia samalla realismin säilyttäen. Kaiken kaikkiaan 3D-visualisointi rakennusteollisuudessa on konkreettinen ja merkittävä osa-alue, jonka arvo kokonaisuudessaan on vasta viime aikoina alkanut selvitä alan toimijoille.

LÄHTEET

Kirjalliset lähteet

Autio, S. 2004. Senaatti-kiinteistöt mallintaa arvorakennuksia. Future maailma 2/2004, 8 - 10.

Dong, W. & Gibson, K. 1998. Computer visualization and integrated approach for interior design and architecture. USA: McGraw-Hill Companies.

Hellsten, J. 2008. Rakennusalan ohjelmistot kehittyvät hitaasti mutta varmasti. Rakennuslehti nro 6/2008, 13.

Hestbaek, C. 2008. Visualisointi harppoo eteenpäin. Future maailma 1/2008, 5.

Illikainen, K. 2000. AutoCAD2000. Porvoo: WSOY.

Leinonen, M. 2008. Tietoa familyistä, niiden luonnista ja muokkauksesta. Future maailma 1/2008, 19 - 20.

Melvasalo, L., Virolainen, S., Putkonen, V. & Karjalainen J. 1998. ArchiCAD. Helsinki: Hakapaino.

Putkonen, V. 2007. Mahdollisuuksien areena – mallintamisen visioista käytännön pelikentälle. ArchiMAD 1/2007, 18 - 19.

Puurunen, E. ja Keller, K. 2007. WeeGee, uusittu painos. ArchiMAD 1/2007, 3 - 7.

Rakennus, T. 2008. Autodeskin animaatio- ja visualisointituoteperhe tänään ja huomenna. Future maailma 1/2008, 10 - 13.

Julkaisemattomat lähteet

Gangsö, T. 2006. Rakennusten 3D-mallinnusmenetelmät. Teknisen visualisoinnin opinnäytetyö. Lahti: Lahden ammattikorkeakoulu, Tekniikan laitos.

Toijanaho, A. 2005. Rakennusmallinnuksen tekniikat 3ds Maxissa. Teknisen visualisoinnin seminaarityö. Lahti: Lahden ammattikorkeakoulu, Tekniikan laitos.

Suulliset lähteet

Tirkkonen, J. 2008a. Production AD. Digital Iris. Haastattelu 14.02.2008.

Tirkkonen, J. 2008b. Production AD. Digital Iris. Haastattelu 18.03.2008

Verkkolähteet

3D-mallinnus moninkertaistaa suunnittelutyön tuottavuuden rakennusteollisuudessa. 2007 [verkkajulkaisu]. Microsoft Oy. [Viitattu 01.02.2008] Saatavissa:

<http://www.microsoft.com/finland/business/casestudies/tekla07.mspx>

3ds Max. 2008 [online]. Wikipedia. [Viitattu 28.03.2008]. Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/3ds_Max

ArchiCAD. 2008. [Online]. Micro Aided Design Oy. [Viitattu 15.02.2008]. Saatavissa: <http://www.mad.fi/mad/archicad.html>

AutoCAD. 2008 [online]. Wikipedia. [Viitattu 06.02.2008]. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>

Autodesk Maya. 2008. [Online]. Wikipedia. [Viitattu 20.02.2008]. Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/wiki/Maya_\(software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Maya_(software))

Autodesk VIZ. 2008a [online]. Autodesk. [Viitattu 18.02.2008.] Saatavissa:
<http://www.autodesk.fi/adsk/servlet/index?siteID=448412&id=8982687>

Autodesk VIZ. 2008b [online]. Future. [Viitattu 18.02.2008.] Saatavissa: <http://www.futurecad.fi/>

Autodesk VIZ: Features & specifications 2008 [online.] Autodesk. [Viitattu 20.02.2008.] Saatavissa:
<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/item?siteID=123112&id=8912023>

Elinkaarimallit. 2008. Elinkaarimallit [verkkójulkaisu]. [Viitattu 25.01.2008]. Saatavissa: <http://www.asuntotieto.com/elinkaarimallit>

Karjalainen, J. 1999. Virtuaalituloja panoraamakuvien [online]. [Viitattu 11.02.2008]. Saatavissa:
http://www.mad.fi/jussi/virtuaalituloja_pankuvien.html

Leino, R. 2002. Esa-Pekka saa hulppeat työtilat [verkkójulkaisu]. Tekniikka ja talous. [Viitattu 25.01.2008]. Saatavissa:
<http://www.tekniikkatalous.fi/rakennus/article37407.ece>

Niemioja, S. 2005. Arkkitehdin tuotemallisuunnittelu, yleiset perusteet ja ohjeita [verkkójulkaisu]. ProIt. [Viitattu 16.01.2008]. Saatavissa:
<http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/>

Rajala, M. 2005. Tuotemallintamisen peruskäsitteet [verkkójulkaisu]. ARKIT Data [Viitattu 22.01.2008]. Saatavissa:
http://arkit.tkk.fi/kurssit/A91181/tuotemallintamisen_peruskasitteet.htm

Rakennussuunnittelu. 2008. [Online]. Jidea Oy. [Viitattu 27.03.2008.] Saatavissa:
<http://www.jidea.fi/tuotteet/rakentaminen/rakennussuunnittelu.html>

Revit. 2008. [Online]. Future. [Viitattu 20.02.2008.] Saatavissa:
<http://www.futurecad.fi/>

Tekninen piirtäminen. 2008 [online]. Wikipedia. [Viitattu 05.02.2008]. Saatavissa:
http://fi.wikipedia.org/wiki/Teknisen_piirustuksen_v%C3%A4lineet

Törrönen, A. 2005. ICT ja uudisrakentaminen [Powerpoint-esitys]. [Viitattu 23.01.2008]. Saatavissa: <http://ril.teamwareplaza.com/Resource.phx/ril/ril2005/uutiset/ict-seminaari.htx.i1599.ppt>

Virtuaalimallista tukea suunnitteluun: Oulun matkakeskus rakentuu ensin virtuaalimuodossa. 2005. [Verkkójulkaisu.] Vianova News. Huhtikuu 2005. [Viitattu 14.02.2008]. Saatavissa: http://download.vianova.fi/web/Vianova_news_2005_1.pdf

Kuvalähteet

Kuva 1. Sörnäisten energianhuoltoalue rakennustaiteellisesti. 2008. Helsingin energia. [Viitattu 09.03.2008.] Saatavissa: <http://www.helsinginenergia.fi/yritys/sornainen/suvilahti2.html>

Kuva 2. Asunto Oy Lahden Patruuna, rakennuttaja YIT. 2007. Arkkitehti: Juha Virtanen / Arkkitehtityö Boman, Lindström, Vesanen, Virtanen Oy. Kuva: Digital Iris

Kuva 3. AECBytes 2006. [Viitattu 30.03.2008.] Saatavissa: http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2006/LDAC_story.html

Kuva 4. Skanska 2008. [Viitattu 17.03.2008.] Saatavissa: <http://www.cubicasa.fi/resident/2005/skanska/harmalanranta/>

Kuva 5. YIT Lentekin verkkosivut, kuvakaappaus ruudulta. 2008. [Viitattu 09.03.2008.] Saatavissa: <http://www.yitdom.ru/en/>

Kuva 6. Olavi Järvisen mainos Etelä-Suomen sanomien asuntoliitteessä. [Viitattu 10.03.2008.] Saatavissa: <http://www.ess.fi/omaankotiin/>

Kuva 7. Skanskan mainos Etelä-Suomen sanomien asuntoliitteessä. [Viitattu 10.03.2008.] Saatavissa: <http://www.ess.fi/omaankotiin/>

Kuva 8. Skanska 2008. [Viitattu 17.03.2008.] Saatavissa: <http://www.cubicasa.fi/resident/2005/skanska/harmalanranta/>

Kuva 9. Quicktime VR. 2008. Wikipedia. [Viitattu: 09.03.2008.] Saatavissa: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/07/Panorama-RainyCourtyard.jpg>

Kuva 10. Trevor D'Arcy. [Viitattu: 08.03.2008.] Saatavissa: <http://www.creative-3d.net/GalleryDisplay.cfm?ID=8769>

Kuva 11. Vättö, A. 2008. Kuvakaappaus Autodesk 3ds Max-ohjelmasta.

Kuva 12. TOTAL REAL and Partners TR 2008. [Viitattu 07.03.2008.] Saatavissa: <http://www.creative-3d.net/GalleryDisplay.cfm?ID=12404>

Kuva 13. Chen Qingfeng [Viitattu 08.03.2008.] Saatavissa: <http://www.creative-3d.net/GalleryDisplay.cfm?ID=17981>

Kuva 14. Tirkkonen, J. 2008. Kuvakaappaus Autodesk Maya-ohjelmasta

Kuva 15. Tirkkonen, J. 2008. Kuvakaappaus Autodesk Maya-ohjelmasta

Kuva 16. Autodesk 2008. [Viitattu 07.03.2008.] Saatavissa: <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?siteID=123112&id=8479974>

Kuva 17. Autodesk 2008. [Viitattu 07.03.2008.] Saatavissa: <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?siteID=123112&id=8479974>

Kuva 18. Vättö, A. 2008. Kuvakaappaus Graphisoft ArchiCAD-ohjelmasta.

Kuva 19. AECBytes 2006. [Viitattu 30.03.2008.] Saatavissa: <http://www.aecbytes.com/tipsandtricks/2006/issue3-archicad.html>

LIITTEET

Liite 1: CD-ROM

Sisältö: Opinnäytetyö pdf -muodossa, tiivistelmä ja englanninkielinen abstrakti rtf -muodossa sekä sähköiset lähteet.