



TEKNIikka JA LIKENNE

Rakennustekniikka

Rakennesuunnittelu

INSINÖÖRITYÖ

RAKENNUKSEN RUNGON TUOTEMALLIPOHJAINEN MÄÄRÄLASKENTA

**Työn tekijä: Roope Berg
Työn ohjaaja: Matti Koskinen
Työn valvoja: Päivi Jäväjä**

Työ hyväksytty: ____ . ____ . 2009

**Päivi Jäväjä
Yliopettaja**



ALKULAUSE

Tämä insinööri työ tehtiin Oy Juva Engineering Ltd:lle. Haluan kiittää työn ohjaajaa Matti Koskista ja myös Heikki Järvistä työn ohjauksesta. Lisäksi kiitän yrityksen työntekijöitä Mikael Nelimarkkaa, Ari Wakkaria, Mikko Koskista, Ilpo Lakkaa, sekä Antti Juutilaista ohjelmien ja mallin käyttöön liittyvästä opastuksesta.

Haluan kiittää myös työn valvojaa, Päivi Jäväjää ohjauksesta ja neuvoista.

Lopuksi kiitos Tekla Oy:n ohjelma-asiantuntija Sampo Pilli-Sihvolalle Tekla Structuresin listoja koskevasta opastuksesta ja Enterprixe Oy:n toimitusjohtaja Tapio Ristimäelle ConcreteCadia koskevista ja mallintamiseen liittyvistä tiedoista.

Helsingissä 27.4.2009

Roope Berg

TIIVISTELMÄ

Työn tekijä: Roope Berg	
Työn nimi: Rakennuksen rungon tuotemallipohjainen määrälaskenta	
Päivämäärä: 27.4.2009	Sivumäärä: 39 s. + 6 liitettä
Koulutusohjelma: Rakennustekniikka Suuntautumisvaihtoehto: Rakennesuunnittelu	
Työn ohjaaja: Varatoimitusjohtaja Matti Koskinen	
Työn valvoja: Yliopettaja Päivi Jäväjä	
<p>Tässä työssä tehtiin Oy Juva Engineering Ltd:lle määrälaskenta leipomorakennuksen rungon tuotemallista. Määrälaskennan avulla on tarkoitus arvioida rakennushankkeen kannattavuutta. Laskenta suoritettiin Tekla Structures -ohjelmalla toteutetusta rakennuksen tuotemallista ja laskennassa otettiin huomioon vain betonirakenteet.</p> <p>Työ aloitettiin tutkimalla aihetta kirjallisuudesta ja selvittämällä, mitkä tiedot tarvitaan määrälaskennassa. Pohjatutkimuksen jälkeen tutkittiin kokeilemalla, miten merkittävimmät betonirakenteiden määrätiedot saadaan parhaiten tuotemallista. Ohjelman määrälisöjen käyttöön liittyen saatiin opastusta Tekla Oy:n ohjelma-asiantuntijalta.</p> <p>Työssä syntyi Teklaan oma määrälisö, jonka avulla voitiin laskea betonirakenteiden määrät. Syntyneitä määrälisöitä voidaan käyttää jatkossa vastaavissa projekteissa betonirakenteiden määrälaskennassa, vaikka siinä on puutteita yhteenlaskennassa ja laudoitus-pinta-aloissa. Tutkimuksessa selvisi myös mallintamisessa olleita puutteita, jotka on hyvä huomioida tulevaisuudessa projekteissa.</p> <p>Tämän tutkimuksen pohjalta voidaan syntyneeseen määrälisöön tehdä myöhemmin tarvittavat lisäykset yhteenlaskun ja laudoitusalojen osalta. Tätä työtä voidaan käyttää myös taustatietona, jos ollaan tekemässä mallinnusohjetta.</p>	
Avainsanat: Tuotemalli, rakennuksen tietomalli, rakennuksen määrälaskenta, määrälisö	

ABSTRACT

Name: Roope Berg

Title: Quantity Survey of Building Frame Based on Building Information Model

Date: 27.4.2009

Number of pages: 39 p. + 6 appendices

Department: Civil Engineering

Study Programme: Structural engineering

Instructor: Matti Koskinen, Deputy Managing Director

Supervisor: Päivi Jäväjä, Principal Lecturer

In this thesis for Oy Juva Engineering Ltd, a quantity survey was made using a building information model. The purpose of the survey was to estimate the feasibility of the construction. The survey was performed on a building model that was created with Tekla Structures. Only concrete structures were included in this study.

The study was started with a literature research that covered product model and building information modelling. Thereafter, an assessment was made on what quantity information is needed.

After the theoretical part, the best quantity survey method was determined empirically. Advice from Tekla Oy's Software specialist was used for managing the Tekla Structures bill of quantities. Results of this study include a Tekla report or bill of quantities that was used in the quantity survey and quantity information on concrete structures in the example building. The developed report can be used in other projects that have similar concrete structures, although it has limitations in formwork areas and sum calculations. Also some flaws in modelling were found in this study.

This study can later be used as guideline to add missing information in the quantity report. This study can also be used for creating instructions for building modelling if needed.

Keywords: Product Model, Building Information Model, BIM, quantity survey, bill of quantities

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KÄSITELUETTELO

1	JOHDANTO	1
1.1	Taustaa	1
1.2	Tavoite ja rajaus	1
1.3	Menetelmät	2
2	TUOTEMALLINTAMISESTA	3
2.1	Mikä tuotemalli on?	3
2.2	Hiukan historiaa	4
2.3	Tuotemallintamisen periaatteita	5
2.3.1	<i>Tiedon ja esityksen erottaminen</i>	5
2.3.2	<i>Tiedon siirto</i>	6
2.3.3	<i>Objektit ja attribuutit</i>	7
2.3.4	<i>Makrot</i>	8
2.4	Tuotemalli rakennesuunnittelussa	9
2.4.1	<i>Lähtökohdat</i>	9
2.4.2	<i>Vaiheet</i>	9
2.5	Ohjelmista	11
2.5.1	<i>ConcreteCad</i>	11
2.5.2	<i>Tekla Structures</i>	12
2.5.3	<i>Muita ohjelmia</i>	12
3	MÄÄRÄLASKENTAKOHDE	12
3.1	Leipomorakennushanke	12
3.2	Laskettavat rakennukset	13
3.2.1	<i>Palovesitankki</i>	13
3.2.2	<i>Autopesupaikka</i>	14
3.2.3	<i>Kuormalavavarasto</i>	14
3.2.4	<i>Päävartijan koppi</i>	15
3.2.5	<i>Leipomorakennus</i>	16
4	MÄÄRÄLASKENTA	16

4.1	Laskennan taustaa	16
4.1.1	<i>Yksikköhintaurakka</i>	16
4.1.2	<i>Yksikköhintaluettelot</i>	17
4.1.3	<i>Vanha määrällistamalli</i>	18
4.2	Määrätiedot tuotemallista	19
4.2.1	<i>Teklan määrällistat</i>	19
4.2.2	<i>Listojen muokkaustyökalu Teklassa</i>	20
4.2.3	<i>Määrätyökalu</i>	21
4.3	Laskennassa käytettävä määrällista	22
4.3.1	<i>Tavoitelista ja eri vaihtoehdot</i>	22
4.3.2	<i>Käytettävä määrällista</i>	24
4.3.3	<i>Täydennetty määrällista</i>	26
4.4	Määrätiedot	27
4.4.1	<i>Rakenneosien nimet</i>	27
4.4.2	<i>Betonirakenteen tilavuus, tekotapa ja laatu</i>	28
4.4.3	<i>Laudoitusalat</i>	29
4.4.4	<i>Raudoituskilot ja laatu</i>	31
4.4.5	<i>Teräsrakenteet</i>	31
4.5	Leipomorakennuksen malli laskennan kannalta	32
4.5.1	<i>Rakenteiden erottelu</i>	32
4.5.2	<i>Mallinnustapa</i>	32
4.5.3	<i>Laskettavan alueen rajaus</i>	33
4.6	Laskennan tulokset	33
4.7	Tulosten arviointi	34
4.8	Kehitysideoita	35
5	YHTEENVETO	36
	VIITELUETTELO	38
	LIITELUETTELO	39

KÄSITELUETTELO

2D	2-dimensional, kaksiulotteinen
3D	3-dimensional, kolmiulotteinen
Attribuutti	Objektin/olion ominaisuus. Tuotemallissa tarkoittaa esim. laatan materiaali- tai pituustietoa.
BEC	Betonielementtien CAD-suunnitteluohje
BIM	Building Information Model, rakennuksen tietomalli/tuotemalli.
CAD	Computer Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu
Objekti/olio	Tuotemalli muodostuu objekteista, joita voivat olla esim. ontelolaatta tai liitos. Olio-käsite liittyy oliopohjaiseen suunnitteluun, johon tuotemallinnus perustuu, ja tarkoittaa samaa kuin objekti.
Tekla	Tässä raportissa käytetään Tekla Oy:n rakennuksen tieto/ tuotemallinnusohjelmasta, Tekla Structures, lyhennettä Tekla
Tietomalli	Muuten vastaava kuin tuotemalli, mutta voi pitää sisällään myös tietoa tuotteen elinkaaresta ja valmistusprosessista.
Tuotemalli	Tuotteen malli, joka pitää sisällään kuvauksen tuotteesta ja sen ominaisuuksista, joita ovat mm. ulkomuoto, materiaali. (<i>Product Model</i>)

1 JOHDANTO

1.1 Taustaa

Rakentamisen aloittaminen riippuu yleensä siitä, onko hanke taloudellisesti kannattava. Kannattavuutta voidaan arvioida suunnitelmien pohjalta tehdyistä kustannuslaskelmista ja arvioista. Laskelmissa varaudutaan yleensä tuntemattomiin kuluihin ottamalla tietty vara sen mukaan miten arvioidaan riski kustannusten ylittymisestä. Mitä tarkemmat laskelmat ovat, sen vähemmän joudutaan varautumaan ylimääräisiin kuluihin. Jos laskelmiin joudutaan otamaan paljon ylimääräistä varaa, kustannukset voivat näyttää liian suurilta, eikä hankkeeseen ryhdytä, vaikka todellisuudessa se voisi tarkemmilla laskelmilla osoittautua kannattavaksi. Tästä johtuen määrälaskennan tarkkuus voi olla merkittävä tekijä hankkeen aloittamisen ja onnistumisen kannalta ja tähän perustuu se, miksi tämä työ tehdään.

Tämän työn tilaaja on Oy Juva Engineering Ltd, josta myöhemmin käytetään tekstissä vain sanaa Juva. Juva on rakennesuunnitteluun erikoistunut insinööri-toimisto, jonka suunnittelukohteina on teollisuusrakennusten lisäksi asuin-, liike-, toimisto- sekä julkisia rakennuksia. Yrityksellä on tytäryhtiö Venäjällä ja suunnittelukohteita useissa maissa mm. Kiinassa, Chilessä, Brasiiliassa sekä Indonesiassa. Suunnittelu on pitkälti tietokoneavusteista ja Juva on käyttänyt pitkään tuotemallinnusohjelmia rakennusten suunnittelussa. Aiemmin yrityksessä on käytetty ConcreteCadia betonirakenteiden mallintamiseen, mutta viimeaikoina rakennusten mallintamisessa on siirrytty käyttämään enemmän Tekla Structures -ohjelmaa.

1.2 Tavoite ja rajaus

Vanhemmilla tuotemallinnusohjelmilla Juva on onnistunut tekemään tarkkoja määrälaskelmia, ja useiden miljoonien projekteissa kokonaishinnassa on ollut vain muutamien prosenttien virheitä. Tämän työn tavoitteena on laskea Teklalla luodusta leipomorakennuksen tuotemallista rungon määrätiedot, samalla tarkkuudella kuin aiemmissa projekteissa. Työhön liittyvän tutkimuksen tavoite on selvittää, miten määrälaskentatavoitteeseen päästään. Vastaavaa laskentaa ei ole Juvalla aiemmin tehty Teklaa käyttäen.

Laskennan kohde on Pietariin suunniteltu Fazerin leipomo, joka on jo valmiiksi mallinnettu. Rakennushankkeeseen kuuluu leipomorakennuksen lisäksi pienempiä rakennuksia mm. toimisto. Rakennushankkeen kokonaispinta-ala on n. 40 000 m². Kohteessa on käytetty teräs- ja betonirakenteita, mutta tässä tutkimuksessa keskitytään vain betonirakenteiden määrälaskentaan. Tutkimus tuloksia voidaan soveltaa muihin rakennuksiin, jotka ovat mallinnettu Teklalla, betonirakenteiden osalta.

1.3 Menetelmät

Määrälaskentatehtävää on lähestytty tutkimalla ensin kirjallisuudesta tuotemallintamisen teoriaa ja siten selvitetty, mistä oikeastaan on kyse tuotemallissa. Pohjatutkimusten jälkeen on tutustuttu Tekla Structures -ohjelmaan ja sillä tehtyyn leipomorakennuksen malliin. Teklasta on etsitty erilaisia määrälaskentamahdollisuuksia ja tutkittu, miten tarvittavat määrätiedot voidaan parhaiten saada ohjelmasta. Tutkimus on tehty pääasiassa kokeilemalla erilaisia vaihtoehtoja, mutta määrälisöjen tekemiseen on saatu apua myös Tekla Oy:n asiantuntijalta. Määrälaskentaa varten kehitettiin Teklaan yksi tarkoitukseen sopiva määrälisö.

Tässä raportissa kerrotaan ensin tuotemallista yleisesti, jonka jälkeen esitellään leipomorakennus, joka on laskennan kohde. Kohteen esittelyn jälkeen selitetään määrälaskennan taustoja ja esitetään, miten laskenta tapahtui ja arvioidaan tuloksia ja laskennan onnistumista. Lopussa on myös arvio siitä, onko laskennassa kehitettävää.

2 TUOTEMALLINTAMISESTA

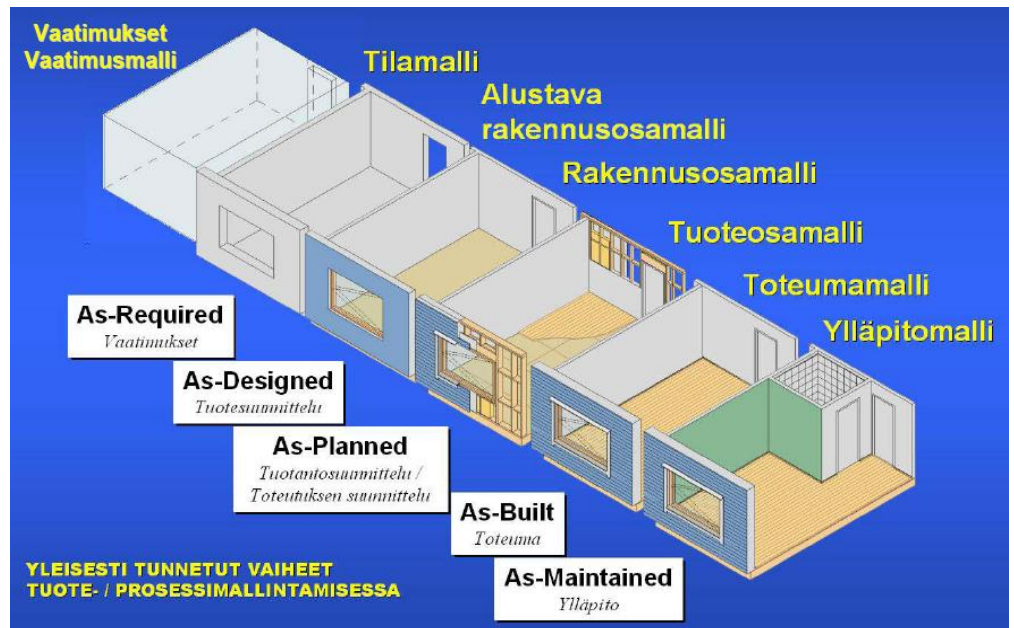
2.1 Mikä tuotemalli on?

Kehitystyön alkuvaiheessa tuotemallia kutsuttiin Suomessa rakennushankkeen tiedonhallinnan systematiikaksi. Myöhemmässä vaiheessa päädyttiin sanaan tuotemalli (Product model), joka oli yhtenäinen kansainvälisen käytännön kanssa (Ratas-projekti). /4, s.13./ Tuotemallia voidaan kutsua myös tuotetietomalliksi (Product data model). Englanninkielessä käytetään yleisesti myös nimitystä rakennuksen tietomalli, eli Building Information Model (BIM).

Tuotemalli on suunnitelmatietokanta, johon on tallennettu tuotteen, tässä tapauksessa rakennuksen, rakenne ja sen tuottamiseen ja käyttämiseen tarvittava tieto. Rakennuksen tuotemalli ei ole vain kolmiulotteinen malli rakennuksesta, vaan myös rakennusosien ja niihin liittyvien tietojen kuvaus. Näkyvä osa on kuitenkin yleensä vain kolmiulotteinen suunnitelma. /1, s.3./

Tuotemallissa voi olla tietoja esim. rakennuksen tiloista, rakenteista ja niiden ominaisuuksista, mitoista ja määristä. Mallin tiedoista voidaan tuottaa tarvittavat piirustukset ja dokumentit, esim. määrälisät. Digitaalisessa muodossa olevien tietojen on tarkoitus olla ihmisten lisäksi tietokoneohjelmien ja järjestelmien luettavissa ja tulkittavissa. /1, s.8./ Jos osapuolilla on yhteensopivat ohjelmistot, on tietoja mahdollista siirtää tehokkaasti osapuolten välillä, mikä parantaa suunnittelun laatua ja samalla rakentamisen laatua ja tuottavuutta /1, s.10/.

Rakennuksen tuotemalli ja tietomalli ovat lähes sama asia, mutta tietomallissa voidaan suunnittelumallin lisäksi mallintaa myös rakennuksen elinkaaren eri vaiheita ja tästä näkökulmasta rakennuksesta voidaan muodostaa erilaisia vaatimusmalleja, tuotantomalleja ja ylläpitomalleja ja ne yhdessä voivat muodostaa rakennuksen tietomallin. /5, s.26–27./ Rakennuksen eri malleja ja niissä olevien tietojen tarkkuustaso on esitetty kuvassa 1, joka on Pro IT -hankkeessa toteutettu. Yleensä rakennusprojektista ei kuitenkaan tehdä kaikkia kuvan mukaisia malleja, vaan ne ovat lähinnä teoreettisia esimerkkejä rakennushankkeen eri vaiheissa olevien tietojen tarkkuudesta.



Kuva1. Rakennuksesta voidaan tehdä hankevaiheen mukaan erilaisia malleja. Tuoteosamalli kuvaa sitä tarkkuutta, jolla rakennesuunnittelijan malli toteutetaan yleensä. /6, s.5/.

2.2 Hiukan historiaa

Ennen kuin jatketaan nykyajan tuotemallista, on hyvä hiukan selventää, mitä tätä tutkimusta ennen on tehty aiheeseen liittyen. Tuotemallintamisen idea alkoi kehittyä 1970-luvulla ja ensimmäisiä kolmiulotteisesti mallintavia ohjelmia alkoi syntyä 1980-luvulla.

Tuotemallintamisen kehitystyö on Suomessa alkanut tietokoneavusteisen suunnittelun kehittamisestä. Pohjatyötä tuotemallikehitystyölle teki RaCAD neuvottelukunta vuosina 1980–85. Kehitystyötä jatkoi Suomen Betoniteollisuuden Keskusjärjestön (SBK) toimesta vuonna 1984 (–87) kehitysprojektilla, jossa määriteltiin betonielementtien CAD-suunnitteluohje (BEC) ja myös järjestelmäriippumaton siirtotiedosto eri ohjelmien väliseen tietojen vaihtoon /4, s.83/. Kehitettyä siirtotiedostoa kutsuttiin STD -kortistoksi/tiedostoksi, jonka avulla pyrittiin yhdenmukaistamaan elementtejä kuvaavat tiedot, jotta tieto olisi yksiselitteistä eri järjestelmien välillä /3, s.4/.

Samoihin aikoihin BEC-kehitystyön kanssa käynnistyi Ratas-projekti, jonka ensimmäinen vaihe oli 1986. Projektin tavoitteena oli kehittää rakennusalan tietokoneavusteisen suunnittelun kansallinen järjestelmä. Projektin toisessa vaiheessa (1987) yksi tehtävä oli rakennuksen tuotemalli. Tuotemallikehitystyön tavoitteena oli määrittellä yhdenmukainen, looginen ja helppotajuinen

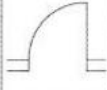

systematiikka, joka voi toimia eri suunnittelu- ja tiedonhallintaso-
vellusten yhteisenä perustana luoden edellytykset sovellusten väliselle tie-
donsiirrolle. Tätä varten kehitettiin oliopohjainen malli, johon tuotemallinnus-
ohjelma perustuisi. Kehitystyön pohjalta oli tarkoitus tehdä myös prototyyppi,
mutta siitä luovuttiin määrittelytietokannan kasvaessa. Työssä onnistuttiin
kuitenkin kuvaamaan tuotemallin vaatiman suunnitelmatietokannan sisältöä,
toimintaa ja sen rakennetta. /4, s.11–12./ Vastaavaa kehitystyötä yhtä laa-
jassa muodossa ei muualla ollut vielä siinä vaiheessa saatu päätökseen /4,
s.3/.

Vaikka perustutkimusta oli tehty jo 1980-luvun alusta ja toimiva periaate esi-
tetty Ratas-projektissa, vasta 2000-luvun alusta tuotemallisysteemi on otettu
yleisemmin käyttöön. Vuonna 2002 käynnistettiin Suomessa Pro IT -hanke,
jonka tavoitteena oli edelleen kehittää tuotemallipohjaista rakennusprosessin
tiedonhallintatapaa /1, s.3/. Hanke muistutti Ratas-projektia ja molemmista
syntyi tuotemallintamista käsittelevää kirjallisuutta, jonka tietoihin tässäkin
tutkimuksessa viitataan.

2.3 Tuotemallintamisen periaatteita

2.3.1 Tiedon ja esityksen erottaminen

Rakennuksen tuotemallin, tai tietomallin ero tasopiirustuksiin ja myös kolmi-
ulotteiseen malliin verrattuna on kyky erottaa tieto ja esitys. Kuvassa 2 on
esitetty ero siinä, miten tietokone ja ihminen ymmärtävät eri esityksiä. Tieto-
mallissa tietokone tulkitsee asiaa paremmin, koska mallinnetaan suoraan to-
dellista asiaa, esim. ovea, eikä tehdä vain oven kuvaa. /5, s.30./

	Menetelmä	Ihmisen tulkinta	Tietokoneen tulkinta
	Piirtäminen (skannattu)	Ovi	Kuvapisteitä
	Piirustuksen tietomalli	Ovi	Viivoja / kaaria
	Geometrian tietomalli	Ovi	Pintoja / kappaleita
	Rakennuksen tietomalli	Ovi	Ovi

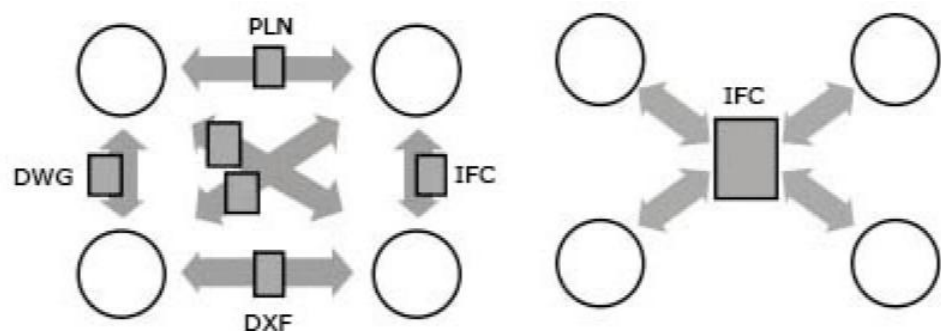
© Jiri Hietanen

Kuva 2. Tiedon tulkitsemisen erot /5 s.30/.

2.3.2 Tiedon siirto

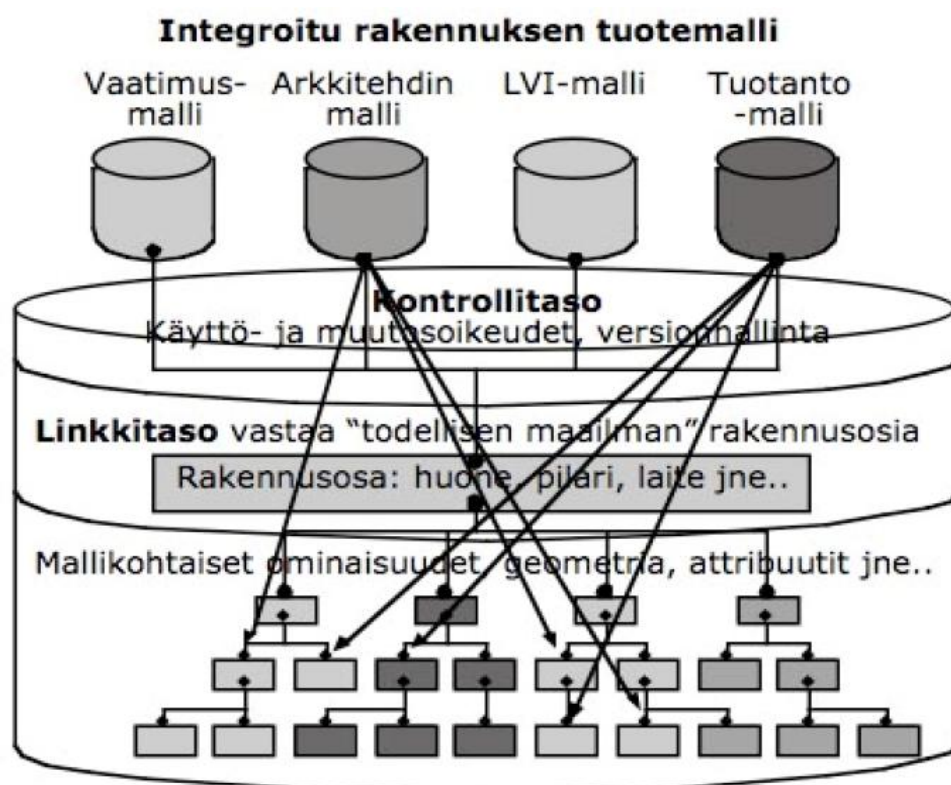
Perinteisessä rakennesuunnittelussa suunnitelma tieto siirtyy osapuolten välillä pääosin piirustuksina, teksteinä ja taulukoina. Toiminta on ollut dokumenttipohjaista. Tietokoneavusteisen suunnittelun myötä dokumenttien tuottaminen on tehostunut, mutta käytäntö on ollut sama. Tuotemallipohjaisessa suunnittelussa suunnittelijat tekevät eri sovelluksilla rakennusta kuvaavan yhtenäisen kolmiulotteisen mallin kohteen tiedoista. Kohteen tietoja voivat olla esim. tilat, komponentit ja niiden ominaisuudet. Mallista, missä kaikki tieto on samassa paikassa, eri osapuolet voivat tulostaa dokumentteja, jotka ovat keskenään ristiriidattomia, koska muutokset tallentuvat samaan paikkaan, eikä tarvitse erikseen päivittää useita, erillisiä tiedostoja. /2, s.17–18./

Kuvassa 3 on esitetty näiden toimintatapojen ero. Vasemmalla puolella on esitetty perinteinen tiedonsiirtotapa, jossa eri dokumenttityyppejä siirryy osapuolten välillä, eri reittejä, mikä lisää riskiä sekaannuksille ja virheille. Oikean puoleisessa kuvassa on esitetty tuotemallipohjaisessa suunnittelussa tavoitteena oleva siirtotapa, jossa tiedot ovat yhteisellä palvelimella eri osapuolten haettavissa. Tiedon siirtoa varten on tuotemalleja varten kehitetty tiedostomuotoja, jotka ovat yhteensopivia eri käyttäjien ohjelmien välillä, mikä yksinkertaistaa ja tehostaa tiedonsiirtoa. Neutraaleja ja useille ohjelmille sopivia talletusmuotoja ovat esim. STD- tai IFC-tiedosto (*Industry Foundation Classes*). IFC-tiedosto ei yleensä suoraan sovellu käytettävään ohjelmaan, vaan ohjelmassa on osa, joka kääntää siirtotiedoston ohjelmalle sopivaan muotoon, tai vastaavasti siirtotiedostomuotoon, kun tiedot halutaan välittää toisille käyttäjille.



Kuva 3. Kuva havainnollistaa sitä miten yhteinen siirtotiedosto yksinkertaistaa tietojen vaihtoa. Oikeanpuoleisessa osassa kuvataan tiedonsiirtoa mallipalvelimen välityksellä /8, s.13/.

Tuotemallintamisessa eri suunnittelijoiden välinen yhteistoiminta voidaan toteuttaa käytännössä hajautetuilla malleilla, yhteismallilla tai mallipalvelimella. Hajautetussa systeemissä mallit tehdään ja niiden tietoja muokataan eri paikoissa ja tietoja siirretään toisille suunnittelijoille erillisinä tiedostoina. Yhteismalli tehdään eri suunnittelijoiden malleja yhdistämällä ja siitä voidaan tehdä tarvittavia analyysejä. Mallipalvelinjärjestelmässä eri suunnittelujärjestelmät hakevat ja tallentavat tietoja yhden mallipalvelimen kautta, kuvan 4 esimerkin mukaisesti. /8, s.15./ Mallipalvelin ei ainakaan toistaiseksi kuulu mallinnusohjelmiin, vaan on erillinen systeemi, jonka kautta ohjelmat voivat vaihtaa tietoja.



Kuva 4. Integroitu rakennuksen tuotemalli /8, s. 15/.

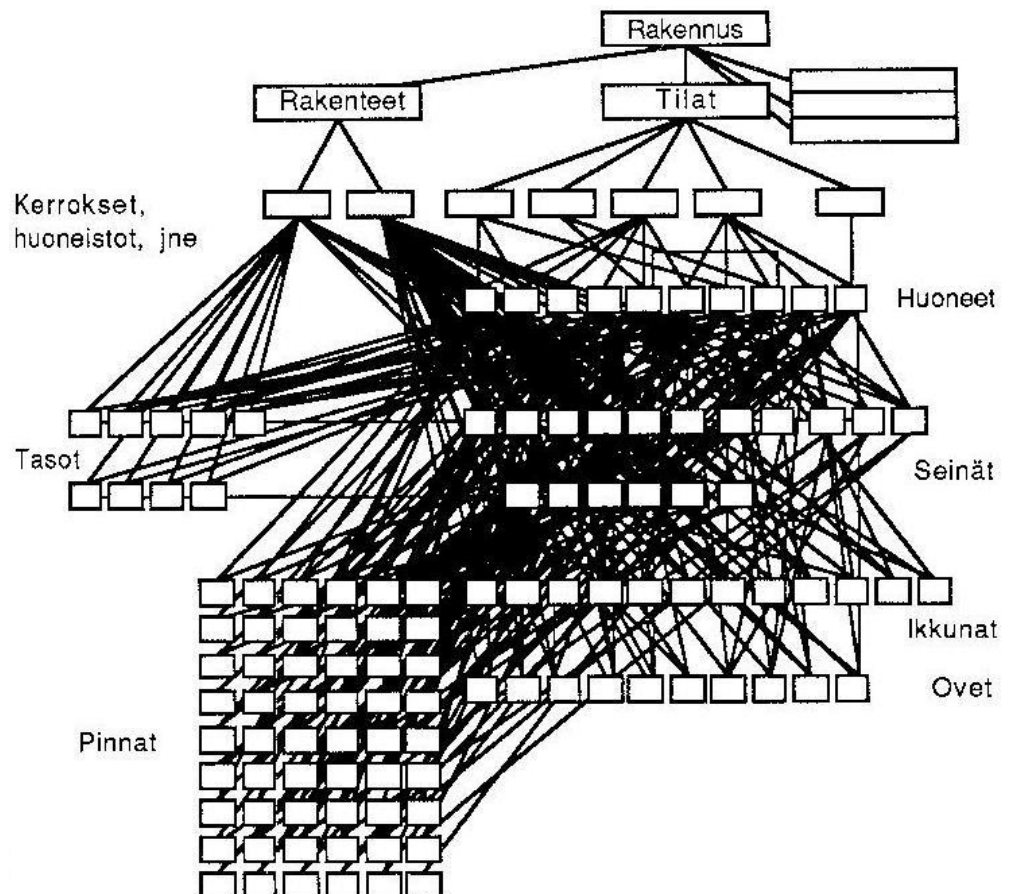
2.3.3 Objektit ja attribuutit

Tuotemalli perustuu oliopohjaiseen mallintamiseen, jossa asioita kuvataan olioilla (objekti, alkio), joilla on ominaisuuksia, sekä yhteyksiä tai riippuvuuksia (relaatioita) toisiin objekteihin. Objekti on tiettyjen tietojen muodostama kokonaisuus ja voi olla esim. joku rakennusosa, kuten liitos tai vaikka jokin Talo 2000 -hankenimikkeistön määrittelemä kokonaisuus. /1, s.41./

Objektien ominaisuuksia kutsutaan attribuuteiksi ja ne voivat esiintyä esim. symboleina piirustuksissa tai luetteloissa. Attribuuttityyppejä ovat esim. luku-

arvo, piirros tai teksti. Attribuutit määräytyvät sen mukaan mihin luokkaan objekti on määritelty. Luokalla voidaan tarkoittaa esim. seinät ja seinien attribuutteja voivat olla mm. korkeus ja leveys. /4, s.20–21./

Kuvassa 5 on esitetty 2-kerroksisen rakennuksen olio- ja relaatiomaailma, joka kokonaisuutena muodostaa rakennuksen tuotemallin. Kuvaus pitää sisällään geometria- ja ominaisuustietoja ja siihen voitaisiin helposti liittää muita tietoja. /4, s.19./



Kuva 5. Rakennuksen objekti- ja relaatiomaailma /4, s.19/.

2.3.4 Makrot

Makrot ovat pieniä ohjelman pätkiä, joiden avulla käyttäjä voi tutkia ja muokata mallinnusohjelman tietoja. Makrojen avulla voidaan automatisoida tehtäviä, joita varsinaisella ohjelmalla ei pysty tekemään. Niillä ei ole omaa käyttöliittymää, vaan ne toimivat mallinnusohjelman sisällä. Makroja voidaan tehdä esim. Visual Basic -ohjelmointikielellä ja ne voidaan ohjelmoida esim. muuttamaan vaikka seinän korkeudet annettujen sääntöjen mukaan. /5, s.85./

2.4 Tuotemalli rakennesuunnittelussa

2.4.1 Lähtökohdat

Tavoitteena tuotemallipohjaisessa rakennesuunnittelussa on parantaa rakentamisen laatua ja tuottavuutta, sekä tehostaa suunnitteluprosessia. Kun malli on tehty oikein, siitä on tarkasteluvälineiden ja havainnollisuuden ansiosta helpompi havaita virheitä, kuin perinteisistä suunnitelmista. /2, s.15./

Lähtökohta onnistuneelle tuotemallille on oikeat lähtötiedot, joiden määrittämiseksi tulee käyttää sovittua tiedonsiirtotapaa. Pääsuunnittelijan velvollisuus on varmistaa, että eri suunnitteluosapuolten tiedot on välitetty jollain sovitulla tavalla muiden suunnitteluosapuolten käyttöön. Pääsuunnittelijan tehtävä on myös valvoa, että yhteisessä tuotemallissa olevat tiedot ovat ristiriidattomia. Yleisesti vaatimuksena lähtötiedoille tuotemallinnuksessa on oikea-aikaisuus, sovittu tarkkuus, oikeellisuus, sama koordinaatisto ja tuotemallinnusohjeiden mukaisuus. Lähtötietovaatimukset voidaan esittää yksityiskohtaisessa lähtötietoluettelossa. Tilaaajan tulee vastata siitä, että hankkeeseen tehdään projektikohtainen tuotemallinnusohje ja myös siitä, että osapuolet saavat tarvitsemansa tiedot. /2, s.16-17./

Rakennesuunnittelijan tehtävät määritetään yleensä rakennesuunnittelun tehtäväluetteloilla RAK 95 ja RT 10-10577, myös asuntosuunnittelijan tehtäväluettelolla RT 10-10827. Tehtäväluettelot eivät kuitenkaan täysin vastaa tuotemallipohjaista suunnittelua ja niitä tullaan uudistamaan. /2, s.26./ Mallia tehdessä tulee noudattaa myös yleisiä suunnitteluohjeita, sovellettuna mallinnukseen, esim. kuvatasot ja viivatyytit /1, s.28/.

2.4.2 Vaiheet

Rakennesuunnittelijan tuotemallisuunnittelu lähtee yleensä arkkitehdin luomasta vaatimusmallista. Vaatimusmalli voi olla karkea tilamallin luonnos tai vain sanallinen selvitys hankevaatimuksista. Vaikka vaatimusmalli on arkkitehdin osa-alue, osallistuu rakennesuunnittelija sen luomiseen oman tehtäväkuvauksensa mukaisesti. Vaatimusmalli toimii myöhemmin vertailukohtana tarkemmille suunnitelmille, joiden tulee olla vaatimusmallin mukaisia. /2, s.21./

Normaalisti rakennesuunnittelijalle ei kuulu hankesuunnitteluvaiheen tehtävät, mutta tarvittaessa voidaan tehdä alustava rakennusosamalli, tai malleja

eri runkovaihtoehtoista. Alustavia malleja voidaan kutsua luonnosmalleiksi ja niiden tekemisessä voidaan hyödyntää arkkitehdin alustavia rakennusosamalleja. Luonnossuunnittelu tulee määrittellä projektin suunnitteluohjeessa. Eri vaihtoehdot kannattaa tehdä omiin malleihin suunnitteluohjeiden määrittelyiden mukaan ja niistä pitää pystyä tekemään tarvittavat suunnitteludokumentit. Luonnosmalleista voidaan ottaa alustavia määrätietoja, esim. valmisosasuunnittelua varten. /2, s.22./

Toteutussuunnitteluvaiheessa rakennesuunnittelija tekee rakennemallin (rakennusosamallin), jonka pohjana voi olla arkkitehdin rakennusosamalli tai omat luonnosvaiheen mallit ja niiden lisäksi muiden suunnittelijoiden luonnokset. Rakennemalli toimii rakennesuunnittelijan kokonaisuuden hallintamallina, jossa tuote- ja rakennusosat on määritelty riittävän tarkasti tuoteosa- ja tuotantosuunnitteluun. Rakennesuunnittelija voi tuottaa rakennemallista toteutus- ja tuotantosuunnitelmat. /2, s.23./

Rakennemallista voidaan tehdä tuotantosuunnitelmat jolloin tarkistetaan jo laadittujen suunnitelmien oikeellisuus ja tehdään täydennyksiä tarvittaessa. Rakennemallin voi täydentää tuoteosamalliksi joko rakennesuunnittelija tai tarvittava tieto voidaan linkittää tai siirtää tuoteosasuunnittelijoiden tekemistä tuoteosamalleista. Tuoteosamallin tarkkuus riippuu siitä, miten tarkkoja tietoja valmistusta tai jatkosuunnittelua varten tarvitaan. Jos käytetään vakioituja tuotteita, ei yksityiskohtaista suunnittelua aina tarvita tuotemalliin. Tuoteosasuunnittelijoiden tulee myös noudattaa tuotemallinnusohjeita ja heidän tuottamansa tiedon yhteensopivuudesta rakennemalliin vastaa rakennesuunnittelija. /2, s.24./ Kun toteutussuunnitelmat ovat valmiit, voidaan rakennemallista tehdä toteumamalli, johon tehdään korjauksia sen mukaan miten rakentaminen on toteutunut /2, s.25/.

Rakennesuunnittelijan mallista voidaan siirtää tietoa kaikkien suunnittelijoiden yhteismalliin ja siksi malli tulee jakaa tarkoituksen mukaisesti osiin. Mallien yhteensopivuuden tarkastelussa ei olisi tarpeellista olla mukana esim. raudoitustietoa ja siksi niiden on hyvä olla erillinen osakokonaisuus, joka saadaan tarvittaessa erotettua rungon geometriatiedoista, jotka yleensä riittävät yhteismallitasolla. Kokonaisuudet on kuitenkin hyvä määrittellä siten, että esim. sandwich-elementti on mahdollista siirtää todellisena yhtenäisenä kokonaisuutena, eikä elementin osina. /1, s.28-29./

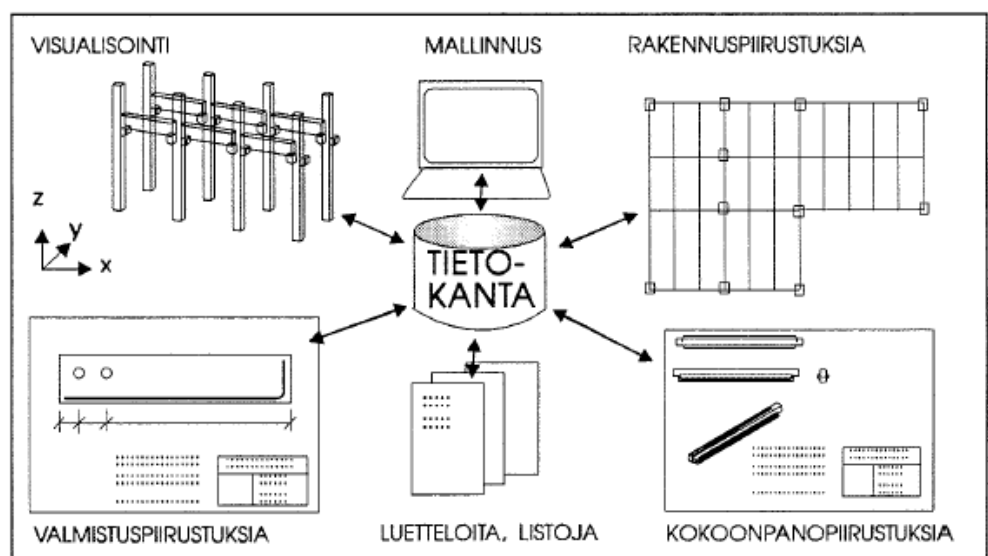
2.5 Ohjelmista

Rakennesuunnittelua varten on vajaa kymmenen erilaista mallinnusohjelmaa. Tähän tutkimukseen liittyen on ollut kuitenkin käytössä vain ConcreteCad, sekä Tekla Structures.

2.5.1 ConcreteCad

ConcreteCad on vuosina 1989–1990 käyttöön otettu ensimmäinen betonirakenteiden tuotemallinnus sovellus, jossa on ollut samassa työkalu kuvien tekemiseen, sekä rakenteiden kolmiulotteinen mallintaminen ja rakenteen tuotetiedot. ConcreteCadia ei ole enää myynnissä, koska Tekla Oy osti ohjelmaa tehneen Cadex Oy:n vuonna 1998. Ohjelma on kuitenkin vielä käytössä joissain toimistoissa, kuten Juvalla. Tässä tutkimuksessa ohjelma toimii mallina määrälaskennan osalta, koska sen avulla on voitu tehdä riittävän tarkasti määrälaskelmia. /11./

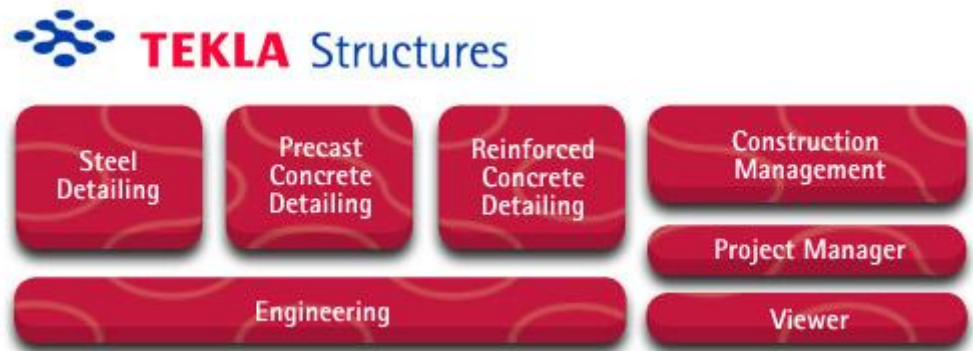
ConcreteCad on tarkoitettu betonirakenteiden suunnitteluun ja sillä voidaan tehdä rakennuksen betonirungon yksityiskohtainen tuotemalli. Ohjelmalla ei voida muokata teräsrakenteiden liitoksia, siihen tarkoitukseen Cadex Oy:llä on ollut erillinen osa, SteelCad, joka kehitettiin samaan aikaan ConcreteCadin kanssa. Molemmat ohjelmat käyttävät kuitenkin samaa mallia. Ohjelma muodostaa tietokantaan rakennuksen kolmiulotteisen mallin 1:1-mittakaavassa ja siitä voidaan ottaa tarpeelliset piirustukset, määrätiedot ja luettelot tarpeen mukaan, halutulla tarkkuudella (kuva 6) /9, s.11./



Kuva 6. ConcreteCadin toimintoja /9, s.12/.

2.5.2 Tekla Structures

Tekla Oyj:n rakennuksen tietomallinnusohjelma Tekla Structures on monipuolisempi ohjelma kuin ConcreteCad, koska siinä on betonirakenteiden suunnittelun lisäksi myös mahdollista mallintaa teräsrakenteita. Kuvassa 7 on esitetty ohjelman rakennetta.



Kuva 7. Tekla Structures ohjelman sisältö /10/.

Ohjelman ominaisuudet ovat suurelta osin samat kuin, ConcreteCadissa ja myös tässä tehdään kolmiulotteinen malli rakennuksesta ja siitä on mahdollista ottaa vastaavia kuvia/piirustuksia. Rakenteiden mallintamisen lisäksi ohjelmassa on myös projektinhallintaosa, jonka avulla voidaan ottaa aika mukaan rakennuksen malliin. Ajan tuominen yhdeksi ulottuvuudeksi tarkoittaa, että mallista voidaan seurata rakennuksen valmistumista ja siihen voidaan määrittellä ajankohtia rakentamisvaiheille.

2.5.3 Muita ohjelmia

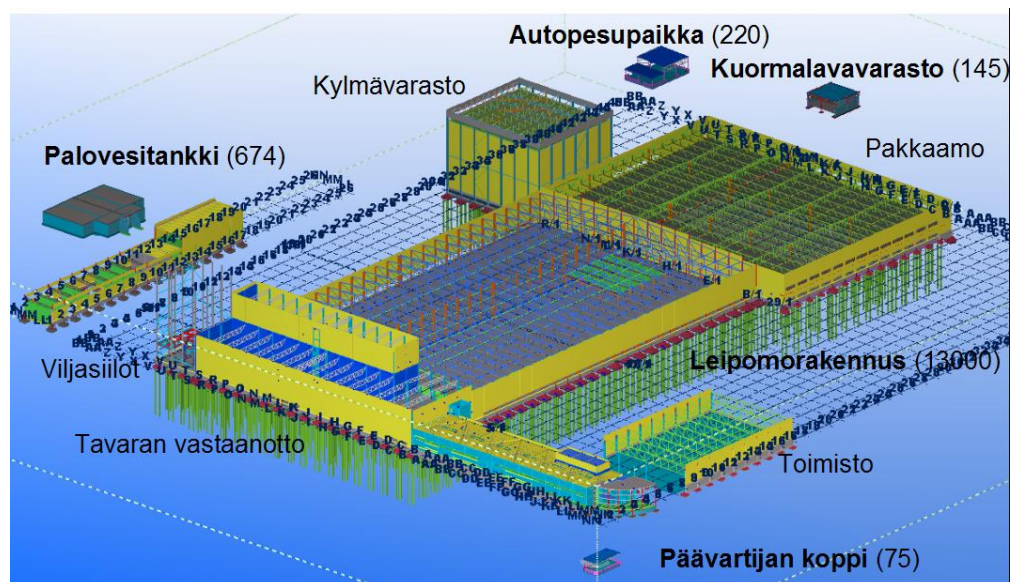
Rakennesuunnittelua varten on olemassa myös seuraavat mallinnusohjelmat: Allplan Engineering ja BAMTEC optio, Enterprixe, Bentley Structural, Bentley Geopak Repair, ScaleCAD, VERTEX, Revit /1, s.34/.

3 MÄÄRÄLASKENTAKOHDE

3.1 Leipomorakennushanke

Tämän projektin määrälaskennan kohde on Pietariin rakennettava Fazerin leipomorakennus ja siihen liittyvät pienemmät rakennukset. Kohteen mallinnus on suoritettu valmiiksi lähes kokonaan ja siksi määrälaskenta on voitu tehdä suoraan valmiista mallista.

Hankkeen kokonaislaajuus on n. 40 000 m² ja 500 000m³ ja se koostuu eri osista, joita ovat tässä työssä laskentaan kuuluneet leipomorakennus ja neljä pienempää erillistä rakennusta. Leipomorakennus on osa isompaa kokonaisuutta, johon liittyy toimistorakennus, tavarantoimitus, pakkaamo ja kylmävarasto, joita ei tässä työssä otettu laskentaan. Kuvassa 8 on esitetty yleiskuva leipomoalueesta ja sen rakennuksista. Kuvan keskellä on leipomorakennus, jonka vasemmassa päädyssä on kiinni tavarantoimitus- ja toimistorakennus. Vastakkaisessa päädyssä on pakkaamo ja pakkasvarasto, eli kuvassa leipomorakennuksen oikealla puolella. Vasemmassa laidassa ylimpänä oleva irrallinen rakennus on palovesitankki ja alalaidassa keskellä on vartijan koppi. Oikeassa ylälaudassa on autojen pesupaikka, sekä kuormalavavarasto.



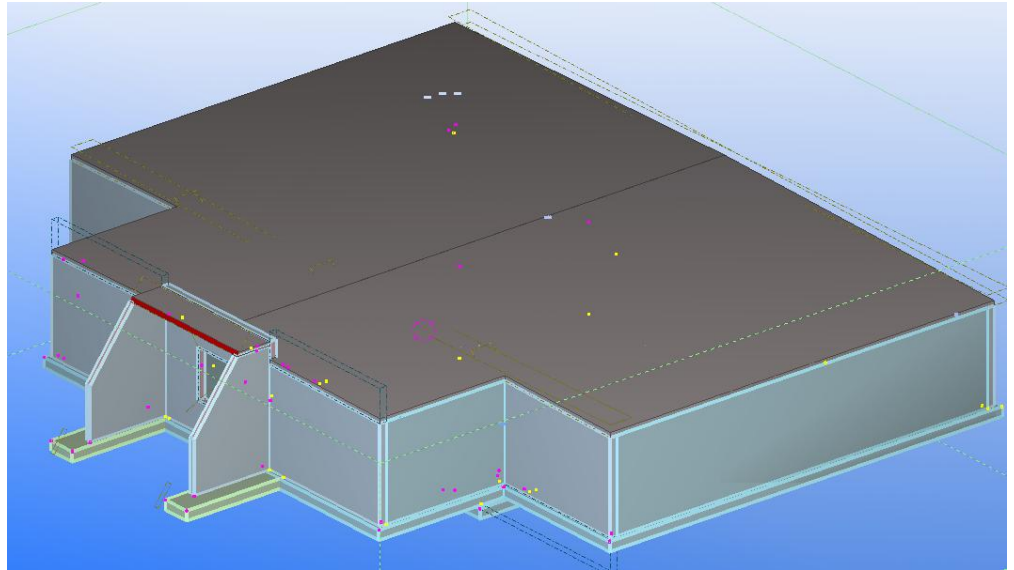
Kuva 8. Leipomohankkeen yleiskuva. Tummennetulla tekstillä merkittyjen rakennusten betonimäärät laskettiin.

3.2 Laskettavat rakennukset

3.2.1 Palovesitankki

Määrälaskenta aloitettiin palovesitankista (Kuva 9), koska se on pienempi kuin varsinainen päärakennus ja rakenteeltaan yksinkertaisempi, jolloin siitä on helppo alkaa testaamaan ja tarkistamaan eri laskentavaihtoehtoja. Tämä rakennus on kokonaan betonirakenteinen, mikä sopi hyvin myös, koska tavoitteena tässä työssä oli keskittyä betonirakenteiden määrien laskentaan. Rakennus on perustettu maanvaraiselle laatalle ja siinä on paikallavalettavat

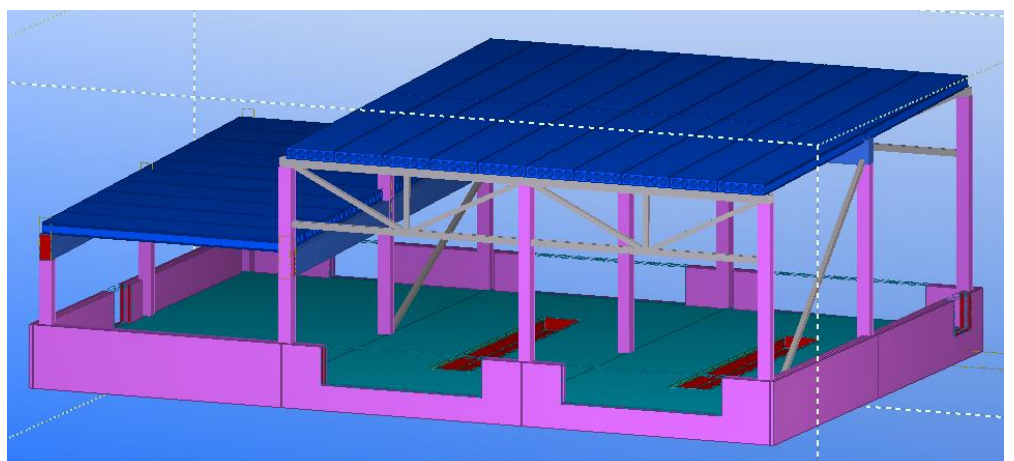
betoniseinät. Myös katto on mallinnettu paikalla valettavaksi. Rakennuksen pinta-ala on n. 674 m².



Kuva 9. Palovesitankki.

3.2.2 Autopesupaikka

Autopesupaikka on myös leipomorakennuksesta irrallinen pienempi osa, joka on perustettu maanvaraiselle laatalle (Kuva 10). Tämä rakennus poikkeaa edellisestä kuitenkin siinä, että runko on betonipilareiden ja palkkien muodostama, jossa lisäksi teräsristikot. Maanvaraisen laatan lisäksi betonirakenteita ovat sokkelit ja katon ontelolaatat. Tämä rakennuksen pohjan ala on n. 220 m².

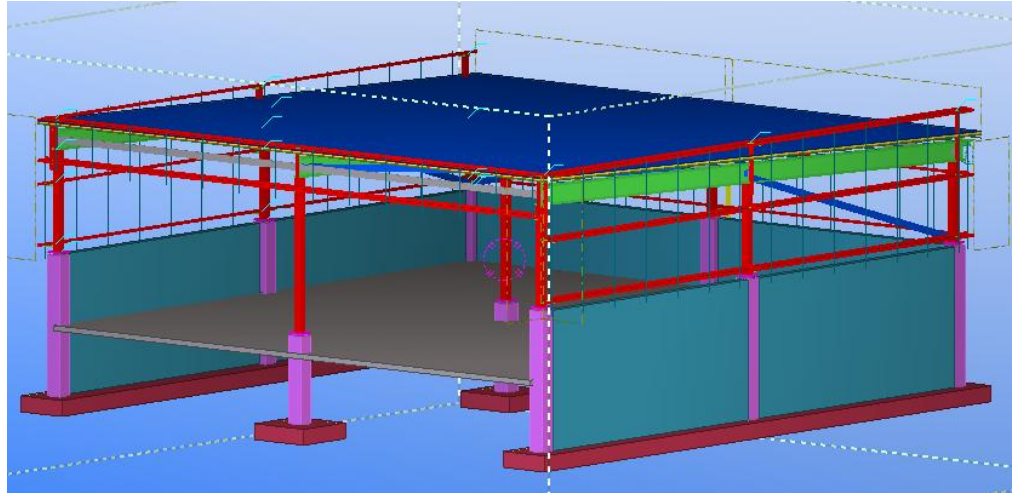


Kuva 10. Autopesupaikka

3.2.3 Kuormalavavarasto

Määrälaskentaan otettiin mukaan myös kuormalavavarasto (kuva 11), joka eroaa edellisistä rakennuksista anturaperusteilla ja tuo siten määrälasken-

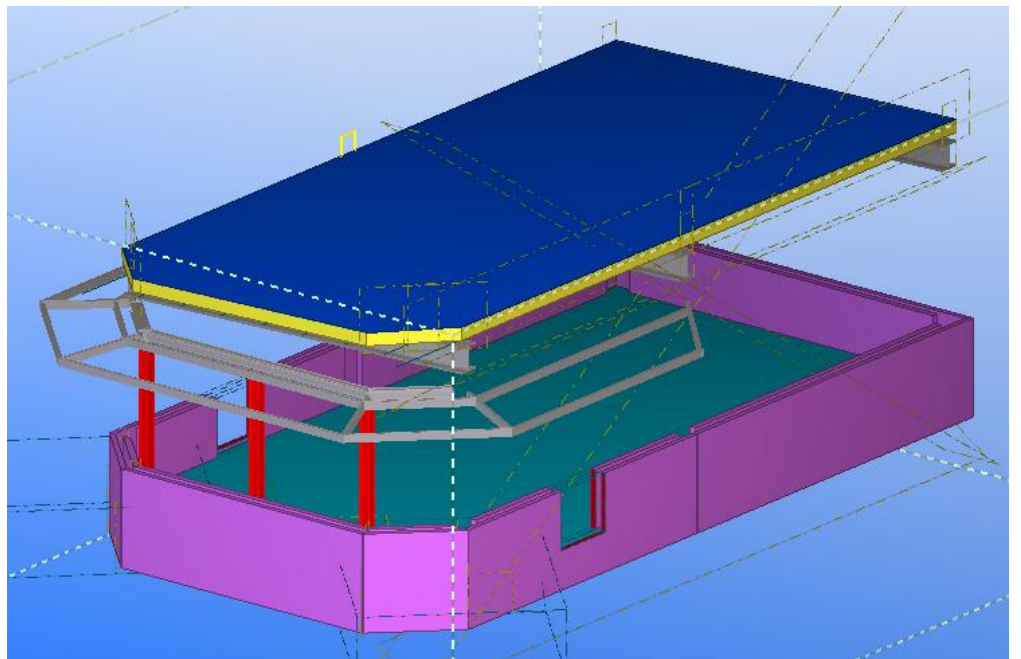
taan vaihtelua. Muuten rakennus on betonipilareiden varassa, jotka kannattelevat teräsrunkoa. Betonipilareiden välissä on samasta aineesta tehdyt seinät. Tässä rakennuksessa oli myös mallinnettu raudoitusta, jota ei mallin kaikissa betonirakenteissa ollut. Varaston koko n. 145 m².



Kuva 11. Kuormalavavarasto

3.2.4 Päävartijan koppi

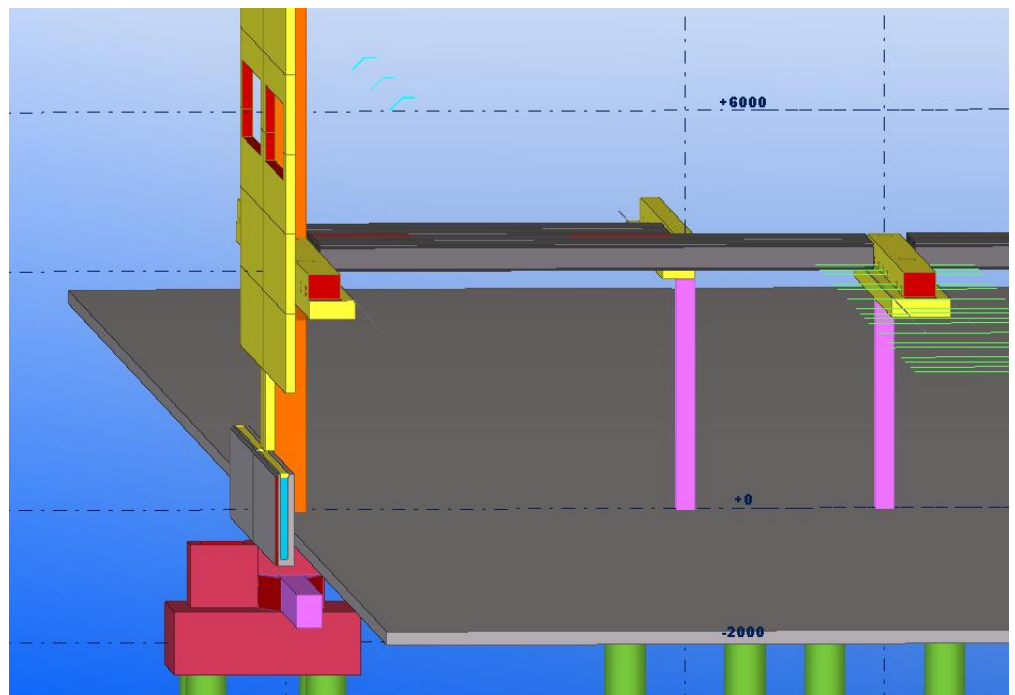
Kuvassa 12 on päävartijan koppi, joka muistuttaa rakenteeltaan auto-pesupaikkaa. Rakennus on perustettu maanvaraiselle laatalle ja siinä on betonisokkelit. Laskettavista kohteista tämä oli pienin, n. 75 m².



Kuva 12. Päävartijan koppi

3.2.5 Leipomorakennus

Leipomorakennus on osa suurempaa rakennuskokonaisuutta, joka muodostuu toimistosta, pakkaamosta, tulevan tavaran vastaanotosta ja kylmävarastosta. Tässä työssä leipomo oli isoin yksittäinen laskentakohde, pohjapinta-alaltaan n. 13000 m². Rakenteet vastaavat pää-asiansa pienemmissä kohteissa olleita, joten tässä tutkimuksessa kehitetty lista soveltuu hyvin myös tämän betonirakenteiden laskentaan. Erona pienempiin rakennuksiin ovat leukapalkit ja monimuotoisemmat perustusratkaisut, joista näkyy pieni osa kuvassa 13.



Kuva 13. Leipomorakennuksen seinäleikkaus

4 MÄÄRÄLASKENTA

4.1 Laskennan taustaa

4.1.1 Yksikköhintaurakka

Vastaavia laskelmia kuin tässä työssä tarvitaan yleensä yksikköhintaurakassa, joka on yksi maksuperusteen mukaan jaettavista urakkamuodoista. Urakkamuodot voidaan jakaa suoritusvelvollisuuden laajuuden tai maksuperusteen mukaan. Suoritusvelvollisuuden laajuuden perusteella syntyy kokonais-, jaettu- tai osaurakka. Maksuperusteen mukaan urakkamuoto on kokonaishinta-, yksikköhinta- tai laskutyöurakka, joka voi myös olla tavoitehintaurakka. /12./

Yksikköhintaurakassa hinta perustuu rakennuttajan ja urakoitsijan määrittelemiin työsuorituksiin ja yksittäisiin rakenneosiin, joille urakoitsija tarjoaa kiinteät yksikköhinnat. Kaikki kohteen yksikköhinnat sisältävä asiapaperi on nimeltään yksikköhintaluettelo. Urakkamuoto ei edellytä, että suunnitelmat olisivat täysin valmiit tarjouspyyntövaiheessa, riittää että pääkohdat ovat selvillä ja ratkaisevat yksikköhintaan vaikuttavat tekijät voidaan kuvata riittävän tarkasti. Ratkaisevaksi tekijäksi urakkakilpailussa muodostuu yksikköhinta, joka suoritettujen yksiköiden määrän kanssa muodostaa urakan hinnan. Lopullinen hinta ei ole välttämättä tarkasti tiedossa ennen kuin viimeinenkin suoritus on tehty, elleivät määrät ole olleet täsmällisesti tiedossa. Jotta yksikköhintaurakka toimisi hyvin, edellyttää se selkeää nimikkeistöä ja mittausperusteiden kunnollista kuvausta. Tässä urakkamuodossa rakennuttajalle jää vastuu suunnitelmien sisällöstä, maksujen suorituksesta ja työmaan riskit. /7, s.68./

4.1.2 Yksikköhintaluettelot

Ennen määrälaskentaa selvitettiin, mitä määrätietoja tarvitaan. Tätä tarkoitusta varten saatiin yrityksessä käytössä oleva yksikköhintaluettelo, joka on aiemmissa projekteissa havaittu hyväksi. Luettelossa on kohdat hankkeen kokonaishinnan kannalta merkittävimmistä määristä ja esimerkki millä tarkkuudella määrät pitää laskea. Betoni- ja teräsrakenteista on erilliset luettelot.

Betonirakenteiden luettelo on jaettu ensin rakenneosittain, esim. pilarit, palkit ym. Rakenneosan alla on luettelossa esitetty tärkeimmät määrätiedot, esim. betonipilarista esitetään laudoitusalat, raudoituskilot betonimäärä ja tyyppi. Kuvassa 14 on pieni osa Excel-taulukkoon tehdystä yksikköhintaluettelosta. Yksikköhintaluettelon perusteella tuotemallista tarvitaan listat, jossa on esitetty vastaavat asiat, samalla tarkkuudella, esim. pilareiden laudoitusalat, raudoituskilot laaduittain ja betonimäärä ja laatu.

		Unit	Qty	Unit
122				
123				
124	803 CONCRETE STRUCTURES			
125				
126	1 Concrete Columns			
127	Formwork	m2	163	
128	Reinforcement Bst 500/550	kg	4 287	
129	Concrete, C30	m3	24	
130				
131	2 Concrete Beams			
132	Formwork	m2	104	
133	Reinforcement Bst 500/550	kg	2 106	
134	Concrete, C30	m3	16	
135				
136	3 Concrete Platforms - Fire Building			

Kuva 14. Osa betonirakenteiden yksikköhintaluetteloa.

Teräsrakenteita varten on oma taulukko, johon listataan kaikki teräsosat ja niiden painot. Teräsluetteloon on laskettu erikseen rakenneteräkset ja muut teräkset. Rakenneteräksiä ovat esim. hitsatut ja kuumavalssatut profiilit ja niistä on esitetty profiilin tyyppi esim. I-profiili, teräslaatu ja kokonaispaino. Muilla teräsosilla tarkoitetaan ei-kantavan rungon osia, joita ovat esim. ritilät ja kaiteet, joista on tarvittu painon lisäksi myös pinta-ala- tai pituustiedot.

4.1.3 Vanha määrälistamalli

Vanha määrälistamalli toimi pohjana yksikköhintalistan kanssa siinä, minkälaista listaa lähdettiin kehittämään. Vanhassa listassa on esitetty melko hyvin tiedot, joita betonirakenteista yleensä tarvitaan. Tarvittavia tietoja ovat betonimäärät (m³), laudoitusalat neliömetreinä, tilanteesta riippuen erikseen sisä- ja ulkokuoren alat, varusteet ja lisäksi rauditusmäärät, jotka pitävät sisälleen kilot, pituus- ja paksuustiedot. Kuvassa 15 on esimerkki ConcreteCadista saatavasta anturakuvan määräluettelosta, jossa on tarvittavalla tarkkuudella esitetty vaadittavia tietoja.

LIST OF MATERIALS AND ACCESSORIES						
PROJECT:						
LABEL: A104						
Material	Type	Size	Quality	Quantity	Weight kg	Note
ANTURA	TILAVUUS	h=300	K30-2	0.3 m3	0.0	
ANTURA	LAUDOITUSALA	h=300		1.2 m2	0.0	
CONCRETE			K30-2	0.4 m3	1021.8	
PILARI	TILAVUUS	400*400	K30-2	0.1 m3	0.0	
PILARI	LAUDOITUSALA	400*400		1.1 m2	0.0	
STEEL		16	A500HW	4.6 m	7.3	
STEEL		10	A500HW	29.8 m	18.4	
Total				1047.527 kg		

Kuva 15. Vanha määrälistamalli

Yksikköhintaluetteloja varten ei kuitenkaan tarvita betoniterästen pituus- ja paksuustietoja, vaan raudoituksen osalta kilot ja laatu riittävät ja siksi määrä-laskentaan kuvan 15 luettelo on vähän liian tarkka. Lisäksi määrälaskentaa varten luettelon pitäisi olla sellainen, että siinä on yhteenlaskettu tiettyjen rakenneosien määrätiedot, eikä vain yksittäisien osien esim. anturan.

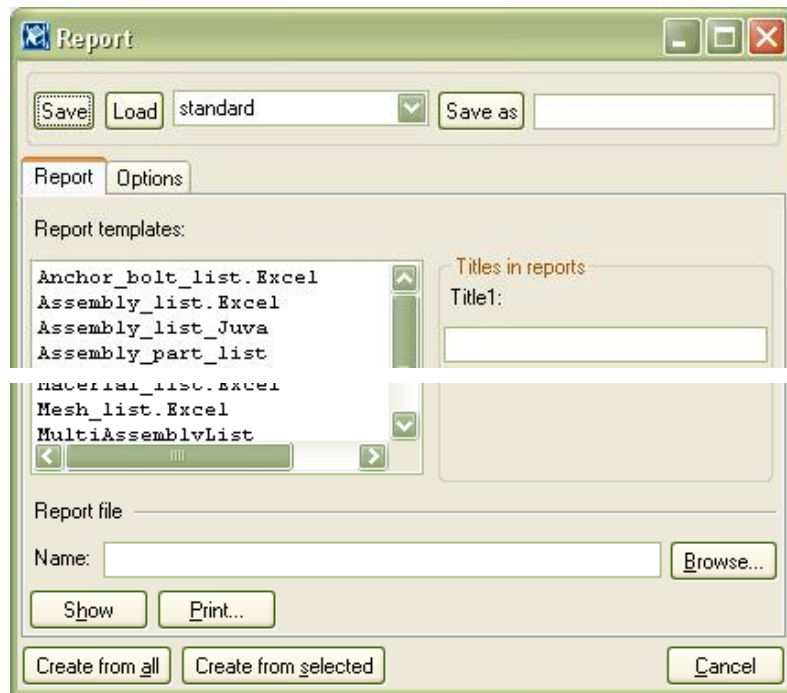
4.2 Määrätiedot tuotemallista

4.2.1 Teklan määrälisät

Teklassa on useita valmiita määräluetteloita eri rakenteille ja rakenneosille. Määrälistoille on oma valikko, josta voi valita tarkoitukseen sopivan listan (*Reports*, kuva 16). Ennen luettelon tekemistä pitää olla valittuna alue, jolta halutaan laskea määrät ja sen jälkeen valitaan sopiva listatyyppi esim. raudoituslista (kuva 17). Laskenta-alueeksi voidaan määrittää valitut asiat, tai sitten kaikki näkyvä. Kun on löydetty sopiva lista ja valittu siihen halutun alueen tiedot, voidaan se tallentaa ja liittää valmistuskuvaan tai tulostaa erillisenä. Listat voidaan siirtää Excel-muotoon tarvittaessa. Listojen tietoja voidaan muokata ja on myös mahdollista tehdä kokonaan omia listoja, joissa on halutut tiedot.



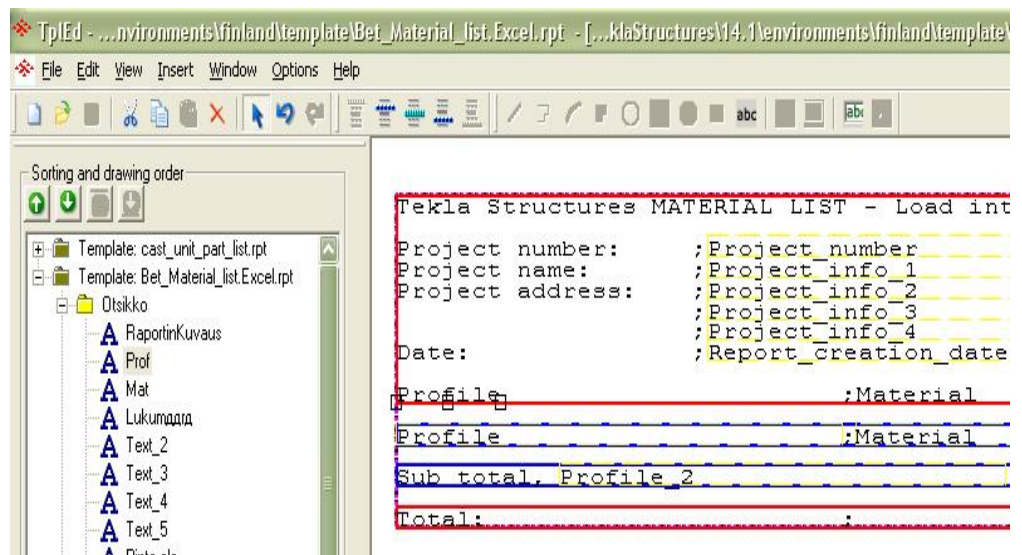
Kuva 16. Listoihin esim. Reports-painikkeen kautta.



Kuva 17. Valmiita listavaihtoehtoja Teklasta

4.2.2 Listojen muokkaustyökalu Teklassa

Oman listan tekemisessä voi käyttää valmiita listapohjia, joihin lisätään tarvittavia tiedonhakuperusteita tai poistetaan turhia kohtia. Listojen muokkauksia varten ohjelmasta löytyy piirustus & lista (*Drawings&Reports*) -valikosta listapohjien muokkaukskohta (*Template Editor*), josta kuvan 18 näkymä.



Kuva 18. Täältä listapohjien muokkaustyökalu näyttää (*Template Editor*).

Listapohja muodostuu erilaisista riveistä, kuvassa laatikoita, joihin voidaan lisätä tekstiä, tai määritellä erilaisia attribuuttitietopaikkoja. Esimerkkikuvassa (18) ylhäällä näkyvä punainen neliö on otsikkorivi, johon voidaan laittaa pro-

jektin yleistietoja ja siniseen tulee laskettavien asioiden tietoja. Valmiissa pohjissa on yleensä ylhäällä projektin perustiedot, projektinumero, kohde ja päivämäärä, niiden jälkeen tulee halutut määrätiedot. Kuvan 18 esimerkissä kohtaan "profile" ohjelma hakee profiilin tunnuksen ja sen viereen materiaali-tiedot. Esimerkkikuvassa ei ole muita tietoja näkyvissä, mutta listaan voisi tulla myös esim. profiilin pituus ym. Riveihin voidaan määritellä ehtoja, jolloin lista hakee tiedot, jos mallissa on listaan haluttuja asioita.

Jos listan tekee alusta asti itse, alkaa listan luominen siten, että ensin tehdään rivi, jolla on halutut ominaisuudet. Rivin tyyppi vaikuttaa siihen, mitä tietoja siihen voi hakea, valuyksikön tiedoille on oma rivityyppi. Kun rivin koko on säädetty, siihen voidaan lisätä tekstipaikkoja, jotka ovat kiinteitä osia tulostuvassa listassa, tai kaavapaikkoja. Kaavapaikkoihin voidaan määritellä monipuolisesti eri tietoja, joita halutaan hakea, tai siihen voidaan liittää kaavoja, jotka laskevat halutun tuloksen tiettyjen hakutietojen perusteella.

4.2.3 Määrätyökalu

Työn edetessä selvisi, että ohjelmassa on määrien tarkasteluun oma määrätyökalu (*Inquiry Tool*), josta oli paljon apua eri pinta-alojen laskentakaavoja testatessa. Tämä työkalu ei ole yhtä tehokas kuin määrälisat, rakennuksen kokonaismäärien laskentaan, vaan soveltuu paremmin yksittäisten rakenteiden tietojen tarkasteluun. Määrätyökalu on Teklan 14.1 versiossa makrohakemiston kautta haettavissa oleva objektin tietojentarkastelutyökalu, johon on mahdollista määritellä eri tietoja, jotka se näyttää valitusta rakenneosasta. Kun tekee itse määrälistan Teklaan, tällä työkalulla voi etukäteen tarkastaa, mitä tietoja ohjelma antaa tietyllä hakumäärittelyllä. Tästä on apua, kun haluaa tarkistaa tietojen oikeellisuutta. Kuvassa 19 on esimerkki betonilaatan tiedoista. Kuvan esimerkissä on itse tehty Pinta-alat -niminen hakuvalinta, jossa on mm. valitun laatan kaikkien pintojen alat (*Area*), tilavuus (*Volume*) ja paksuus (*Width*).



Kuva 19. Määrätyökalu, jolla voi tarkastella valitun osan ominaisuuksia.

Määrätyökalussa on painike "Manage contents", josta avautuu erillinen ikkuna, missä voi tehdä omia laskenta kaavoja, sekä omia määrätietolistoja. Kuvan 19 esimerkissä on mm. tehty omat kaavat, joiden avulla ohjelma näyttää laudoitusaloja.

4.3 Laskennassa käytettävä määrällista

4.3.1 Tavoitelista ja eri vaihtoehdot

Tietojen keruun lähtökohtana olivat valmiit yksikköhintaluettelot ja vanha määrällistamalli. Ohjelmasta ei kuitenkaan suoraan löytynyt vastaavaa ja siksi päätettiin tehdä tai muokata uusi.

Ennen kuin määrälaskennassa käytettävä lista tehtiin, suunniteltiin erilaisia vaihtoehtoja, minkälainen lista olisi hyvä toteuttaa. Tämän jälkeen tutkittiin, mitä pystytään toteuttamaan. Tavoitteena oli tehdä suoraan lista, joka vastaisi yksikköhintaluetteloa, koska silloin ei tarvitsisi erikseen koota ja järjestää tietoja uudelleen Excel-taulukkoon.

Suunnittelun perusteella syntyi aluksi kuvan 20 mukainen tavoitelista. Listassa olisi normaaliin tapaan ylhäällä projektin tietoja, mutta muuten listan

malli eroaa valmiista pohjista, mikä johtaa siihen, että lista pitää tehdä kokonaan itse.

BILL OF QUANTITIES
 Project: \\Juva62\Projektit\Fazer\Testi
 Phase: 1
 Date: 03.04.2009

Concrete structures				Quantity
Platforms				1 pcs
Formwork				685.2 m ²
Reinforcement				0.0 kg
Concrete	Precast	C30/37	400*24000	274.08 m ³

Kuva 20. Tavoitelistan malli

Listan ideana oli, että se hakisi ensin rakenneosatyypin, esim. perustuslaatta. Rakenneosan mukaan listaan tulisi sitten kappalemäärät, laudoitusalat, raudoituskilot ja betonimäärä yhteenlaskettuna kaikilta samantyyppisiltä rakenteilta. Tarkoituksena oli myös, että samaan listaan tulisi peräkkäin vastaavasti kaikista eri betonirakenteista vastaavat tiedot, jolloin lopputulos muistuttaisi mallina ollutta yksikköhintaluetteloa.

Ensimmäinen vaikeus oli listan jatkuvuuden ohjelmointi. Olisi tullut liian työlääksi ja aikaa vieväksi tehdä listaan ominaisuus, joka hakisi tiedot eri rakenneosittain. Tästä johtuen mietittiin vaihtoehtoa, jossa eri rakenneosille olisi omat listat, jotka hakevat osalle tyypilliset tiedot halutusti.

Seuraava vaikeus tavoitelistan kanssa oli se, että tavoitelistaan ei onnistuttu tässä muodossa saamaan ominaisuutta, joka laskisi esim. betonipalkkien halutut tiedot itsestään yhteen ja tuloksena olisi kuvan 20 kaltainen lista. Tämän ja edellisen vaikeuden vuoksi alkuperäisestä tavoitelistasta jouduttiin luopumaan.

Koska alkuperäinen idea oli liian vaikea toteuttaa tällä kertaa, päätettiin yrittää uudelleen ottamalla mallia olemassa olevista listoista. Valmiissa listoissa tiedot haetaan osan tunnuksen perusteella ja listaan tulee normaalisti halutut tiedot kaikista numeroiduista kappaleista. Periaatteessa valmiiden listojen toimintaperiaate olisi ihan hyvä, mutta määrälaskentatarkoitukseen olisi kätevempää, jos tuloksena olisivat yhteenlasketut määrät samantyyppisistä rakenteista. Tästä johtuen etsittiin ratkaisua, joka mahdollistaisi luettelon, jossa on yhteenlasketut tiedot.

Yksinkertaisemmassa vaihtoehdossa yhteenlaskutoiminnon lisäämiseksi, listan riveihin pitäisi lisätä hakuehtoja ja rivien väliin erillisiä summarivejä, joihin laskettaisiin yhteen halutut arvot. Eri vaihtoehtojen testaaminen ja toimintojen kokeileminen oli kuitenkin vienyt liikaa aikaa ja siksi päätettiin luopua myös summarivivaihtoehdosta, jotta ehdittäisiin laskea halutut tiedot.

Yksi tavoitelistan idea oli myös se, että lista hakisi tiedot rakenteen nimen mukaan, esim. nimen palkki, eikä osanumeron mukaan. Tätä yritettiin eri listavaihtoehdoissa, mutta jostain syystä sitä ei saatu toimimaan. Asialla ei ole kuitenkaan merkitystä valitussa määrällistavaihtoehdossa, vaan se olisi ollut alkuperäisen vaihtoehdon kannalta hyvä.

4.3.2 Käytettävä määrällista

Koska tavoitellut listatyypit eivät onnistuneet, päädyttiin kuvassa 21 esitettävään ratkaisuun. Listasta tuli kaksiosainen ja siinä on näkyvissä teräs- ja betonirakenteet. Listaa ei tarvinnut tehdä tyhjästä, vaan siinä voitiin käyttää pohjalla valmista listaa, johon vain lisättiin haluttuja asioita ja poistettiin tarpeettomia kohtia. Listassa oli valmiina teräs- ja betonirakenteiden hakuominaisuus. Tähän työhön liittyen listassa ei olisi tarvinnut olla teräsosien hakuominaisuutta, mutta se jätettiin, koska voi olla myöhemmin hyödyllinen. Kaksoislistaominaisuutta voi käyttää myöhemmin mallina, jos halutaan tehdä listoja, joissa halutaan olevan omia hakuehtoja. Listan kaksiosaisuus on toteutettu siten, että se hakee teräs- tai betoniosat, jos niitä on valinnassa. Jos valinnassa ei olisi teräsosia, listaan ei tulostuisi teräsosien paikkaa.

Lista on määritelty siten, että se hakee ensimmäiseksi tiedon mihin vaiheeseen (*phase*) osa kuuluu ja mikä sen tunnus on. Vaiheen tunnus haluttiin listaan siksi, jos haluaa tulostaa koko mallin määrätiedot, on mahdollista tunnistaa mihin alueeseen mikäkin osa kuuluu. Tunnuksen jälkeen on kappalemäärät ja mikä rakenne on kyseessä, esim. pilari. Listassa on näkyvissä myös rakenteen profiili ja materiaali. Teräsrakenteilla on lisäksi pituus ja paino, joita betonirakenteissa ei tarvita. Betonirakenteille on erikseen vielä leveys, pinta-ala, tilavuus ja raudoituskilot. Lista hakee tiedot vaiheen ja osan tunnuksen perusteella.

MÄÄRÄLISTA
 NIMI: Tekla Corporation
 NUMERO:1

Sivu: 1
 PVM: 09.04.2009

TERÄS

Phase	Tunnus	kpl	Nimi	Profile	Mat.	Pituus	Paino(kg)
2000	B176	2	BEAM	L100*10		2.320	0.00
2000	B177	2	BEAM	L100*10		2.220	0.00
2000	B178	6	BEAM	L100*10		1.000	0.00
2000	B179	6	BEAM	L100*10		0.800	0.00

BETONI

Phase	Tunnus	kpl	Nimi	Profile	Leveys	Mat.	Ala	Tilavuus	Raud. kg
2000	B115	1	BEAM	600*500		0.500;c40/50	14.5;	1.89;	0.0
2000	B116	1	BEAM	600*500		0.500;c40/50	13.8;	1.80;	0.0
2000	B117	1	BEAM	600*500		0.500;c40/50	12.7;	1.65;	0.0
2000	C63	2	COLUMN	600*600		0.600;c40/50	9.5;	1.31;	0.0
2000	S89	1	SLAB	200*15302		0.200;c30/37	666.3;	65.07;	0.0

Kuva 21. Määrälaskennassa käytetty oma listapohja.

Käytetyssä omassa listassa oleva pinta-ala ei kuitenkaan ole se mitä olisi haluttu, eli kappaleen laudoitusala, joka yksikköhintalistaan tarvitaan. Laidoitusalan puuttumisesta johtuen lista ei ole niin kätevä, kuin olisi haluttu, mutta muuten siitä saadaan määrälaskentaan tarvittavia tietoja hyvin.

Listaan oli tarkoitus tehdä laudoitusaloja laskeva kaava, tai käyttää valmiita tiettyjen pinta-alojen hakuehtoa, mutta ne eivät kuitenkaan olisi suoraan sopineet kaikkiin erimallisiin rakenteisiin ja siksi päätettiin ottaa vain kokonaispinta-ala. Palkista lasketaan esim. yleensä laudoitukseen pohja ja sivut ja maanvaraiseen laattaan vain sivut, jolloin sama kaava ei toimisi näillä rakenteilla. Laidoitusala voidaan laskea, kun tiedot siirretään Exceliin, käyttämällä listassa olevia tietoja, esim. kokonaispinta-alasta vähennetään rakenteen korkeudella jaettu tilavuus, jolloin tuloksena ovat sivujen ja pohjan pinta-alat.

Listaeitorissa katsottuna (kuva 22), tehty lista muodostuu seitsemästä rivistä, jotka on esitetty laatikoina. Ensimmäisellä rivillä on kohteen yleistiedot ja sen jälkeen otsikkorivi teräkselle ja tietojen hakurivi. Betonirakenteista on vastaavat rivit, mutta haettavat tiedot eroavat.

MÄÄRÄLISTA		Siv
NIMI:	field NAME	PVM
NUMERO:	field	
TERDS		
Phase;	Tunnus;kpl ;	Nimi ; Profile ; Mat. ; P:
PHAS;	ASSEMB; NUMBE; MAINPART; PROFILE	; MATER ; Va
BETONI		
Phase;	Tunnus;kpl ;	Nimi ; Profile ; Leveys; Mat. ; A:
Valu;	ValueF; Value; ValueFie; ValueField; ValueFie; ValueFi	AN

Kuva 22. Oma määrälistan rakenne listaeditorissa

Listassa on käytetty kaksoispisteitä erottamaan eri tietoja siksi, että se voidaan paremmin muuntaa Excel-tiedostoksi. Kaksoispisteet toimivat Excelille merkinä sarakejaosta. Listat voidaan muuntaa taulukkolaskenta muotoon muutenkin, mutta tällä tavalla voidaan tarkemmin määrittellä, mitkä osat kuuluvat omaan soluun Excel-tilauksessa.

4.3.3 Täydennetty määrälista

Määrälistasta puuttuu summarivisysteemi ja siksi yhteenlaskentaa varten Teklasta ajetun määrälistan tiedot siirretään Exceliin, jossa lisätään tarvittavat rivit ja laskukaavat (kuva 23). Jälkikäteen lisättäviä kaavoja ovat tilavuuden ja pinta-alojen yhteismäärät rakenneosittain ja niiden yhteenlaskettu tulos vielä erikseen. Excel-tilaukseen on tehty myös sopivat kaavat laudoitusalan laskentaan eri rakenteille. Tämä tekniikka voidaan toteuttaa siten, että on valmis Excel-pohja, jossa on sopivat kaavat, joiden väliin määrätiedot siirretään Teklaan tehdystä listasta. Tekniikka ei ole niin hienostunut, kuin oli tarkoitus, mutta siten on mahdollista saada halutut määrätiedot.

BETONIRAKENTEET

Palovesitankki
17.4.2009

Phase	Tunnus	kpl	Nimi	Profile	Leveys	Mat.	Ala	Tilavuus	Raud. kg	h	A yht	V yht	Laudoitus	Laud. laskentakaava	Raud. yht
2000	B115	1	BEAM	600*500	0,5	C40/50	14,5	1,89	0	0,6	14,5	1,89	11,35	n * (A - V / korkeus)	0
2000	B116	1	BEAM	600*500	0,5	C40/50	13,8	1,8	0	0,6	13,8	1,8	10,8	n * (A - V / korkeus)	0
2000	B117	1	BEAM	600*500	0,5	C40/50	12,7	1,65	0	0,6	12,7	1,65	9,95	n * (A - V / korkeus)	0
Palkit yht.													5,34	32,1	0
2000	C63	2	COLUMN	600*600	0,6	C40/50	9,5	1,31	0		19	2,62	17,56	n * (A - 2 * leveys ²)	0
Pilarit yht.													2,62	17,56	0
2000	S89	1	SLAB	200*15302	0,2	C30/37	666,3	65,07	0		666,3	65,07	340,95	n * (A - V / paksuus)	0
2000	S90	1	SLAB	200*15302	0,2	C30/37	666,3	65,07	0		666,3	65,07	340,95	n * (A - V / paksuus)	0
2000	S143	1	SLAB	150*1500	0,15	C30/37	20,1	1,32	0		20,1	1,32	11,3	n * (A - V / paksuus)	0
2000	S148	1	SLAB	400*2600	0,4	C30/37	25,5	4,06	0		25,5	4,06	5,2	n * (A - 2 * V / paksuus)	0
2000	S149	1	SLAB	400*2100	0,4	C30/37	14,7	2,18	0		14,7	2,18	3,8	n * (A - 2 * V / paksuus)	0
2000	S150	1	SLAB	400*24000	0,4	C30/37	1423,5	274,08	0		1423,5	274,08	53,1	n * (A - 2 * V / paksuus)	0
Laatat yht.													411,78	755,3	0
2000	W80	2	PANEL	4950*200	0,2	C30/37	32,4	2,93	0		64,8	5,86	64,8		0
2000	W82	2	PANEL	4000*300	0,3	C30/37	150,3	20,54	0		300,6	41,28	300,6		0
2000	W83	2	PANEL	4100*300	0,3	C30/37	50,9	6,76	0		101,8	13,52	101,8		0
2000	W84	3	PANEL	1100*300	0,3	C30/37	5,7	0,59	0		17,1	1,77	17,1		0
2000	W85	3	PANEL	1100*300	0,3	C30/37	6,3	0,66	0		18,9	1,98	18,9		0
2000	W86	1	PANEL	5100*300	0,3	C30/37	174	23,61	0		174	23,61	174		0
2000	W87	2	PANEL	5655*300	0,3	C30/37	163,5	22,47	0		327	44,94	327		0
2000	W88	1	PANEL	5750*300	0,3	C30/37	292,4	40,05	0		292,4	40,05	292,4		0
2000	W89	1	PANEL	4250*300	0,3	C30/37	273	37,78	0		273	37,78	273		0
Seinät yht.													210,79	1569,6	0
Kaikki yht.													630,53	2374,56	0

Kuva 23. Täydennetty määrällista, jossa viivan oikealla puolella käsin lisätyt tiedot.

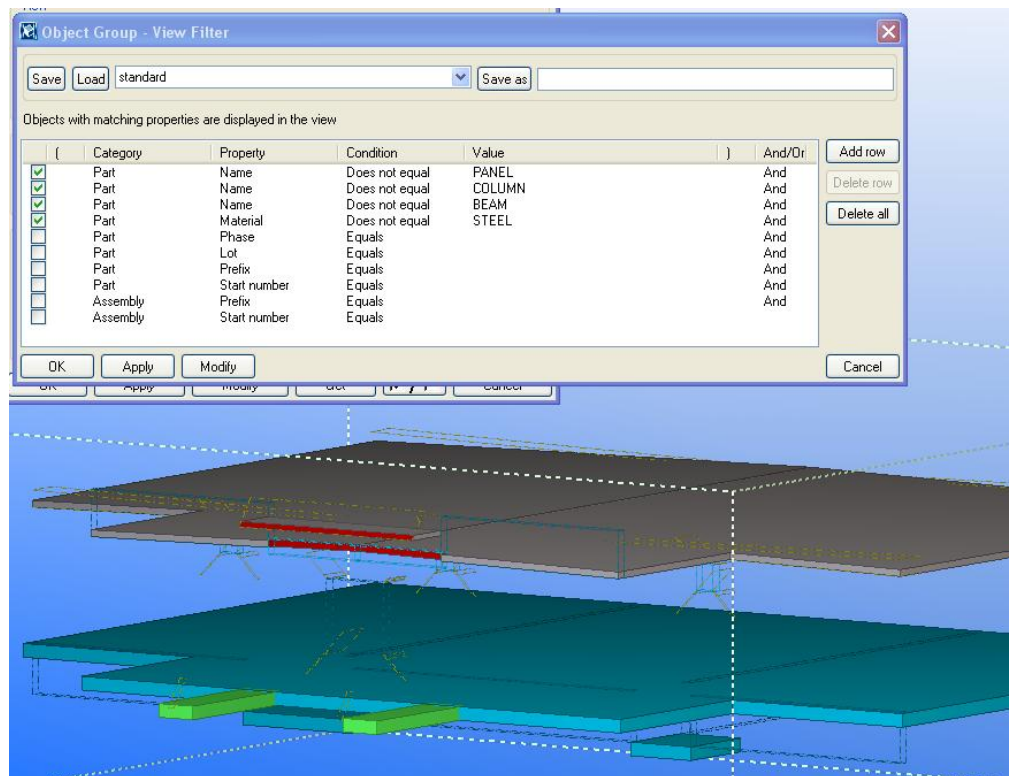
4.4 Määrätiedot

4.4.1 Rakenneosien nimet

Yksikköhintaluettelossa rakenteet oli jaettu tarkemmin kuin tämän työn esimerkkimallissa ja siksi käytettävään määrällistaan ei saatu täsmällisiä rakenteiden nimitietoja. Yksikköhintaluettelossa on esim. eroteltu eri perustusrakenteet, laatat, palkit ja pilarit, mutta malliin ei ole määritelty onko palkki perustuspalkki, vai normaalipalkki. Kuvassa 24 on esimerkki betoniseinän ominaisuusikkunasta. Perustusrakenteiden tapauksessa nimen (Name) kohdalla olisi hyvä erottaa, että kyse on perustusrakenteesta, jolloin listaan tulisi näkyviin, onko kyse normaali betonirakenteesta vai perustusten osasta.

Kuva 24. Betoniseinän määrittelytietoja.

Nyt kun listasta ei erota, onko kyse perustusrakenteesta, pitää lista tulostaa erikseen siten, että mallista on suodatettu näkyviin vain perustusosat, kun halutaan määrittellä niiden määrät erikseen. Kuvassa 25 on esimerkki, jossa on suodatettu näkyviin ainoastaan palovesitankin laatat. Vaihtoehtona on myös se, että käy mallista erikseen tunnuksen perusteella läpi, onko kyseessä perustusrakenne, tai joku muu. Anturat tehdään yleensä kuitenkin omalla työkalulla, jolloin niiden nimestä ja tunnuksesta käy ilmi onko kyseessä antura. Osan nimeen vaikuttaa siis myös se, millä mallinnustyökalulla se on mallinnettu.



Kuva 25. Malli suodatettuna siten, että näkyvissä vain palovesitankin laatat.

4.4.2 Betonirakenteen tilavuus, tekotapa ja laatu

Tehtyyn määrälistaan saatiin mukaan hyvin rakenteen tilavuus. Tilavuudelle oli myös mahdollista valita eri vaihtoehtoja sen mukaan halusiko koko rakenteen tilavuuden, vai tilavuuden, josta oli vähennetty reikien tai muuten leikatujen osien tilavuus. Oman Teklamäärälistan heikkous oli kuitenkin se, että tilavuudet saatiin jokaisesta rakenneosasta erikseen, eikä lista osannut laskea yhteen esim. kaikkien tietynlaisten palkkien tilavuutta. Yksikköhintaluetelossa tilavuudet ovat rakenneosan mukaan yhteenlaskettuna ja sitä varten Teklasta saadun listan tiedot oli muutettava Excel-muotoon ja siitä lasketta-

va erikseen. Teklan listaan olisi mahdollista saada tilavuuksien yhteenlaskenta, mutta sitä ei ehditty tähän listaan toteuttaa.

Omasta listasta puuttui myös tieto siitä, onko betonirakenne paikalla valettava, vai elementti. Valmistustieto on saatavissa listaan, mutta se oli unohtunut. Tiedosta ei olisi kuitenkaan ollut hyötyä, koska kaikissa rakenteissa sitä ei ollut merkitty oikein, tai asia oli epäselvä. Tämä ei kuitenkaan ole vakava puute, koska asia on muuten tiedossa. Jos kuitenkin haluaisi ohjelman tekvän automaattisesti koko listan oikein, olisi asia hyvä mallintaa tarkemmin.

Yksikköhintaluettelossa oli betonin osalta vaadittu myös tieto betonin laadusta. Aiemmin esitetystä kuvassa 24, on näkyvissä myös kohta betonin laadusta, mikä tieto oli mallissa kaikilla betonirakenteilla ja joka saatiin myös omaan listaan hyvin.

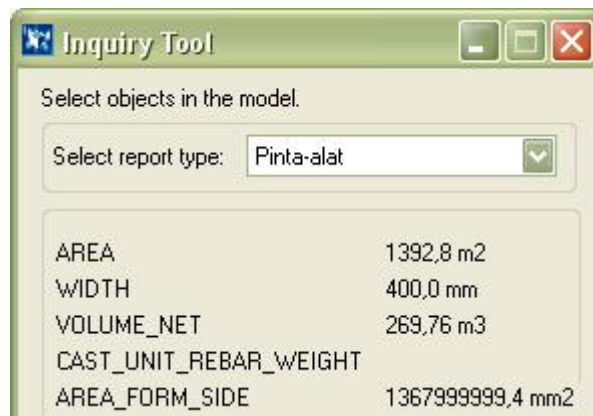
4.4.3 *Laudoitusalat*

Laudoitusalat olivat vaikein asia selvittää ja niiden laskentaan oli useita vaihtoehtoja. Teklassa on valmiiksi omia useita pinta-alan laskentatapoja ja lisäksi Juvalla on Enterprixe Oy:n Teklaan kehittämä laudoitusmakro, jolla voi tehdä laudoitusmääristä omia määrälistoja.

Enterprixe Oy:n tekemän laudoitusalamakron pinta-alatietoja ei onnistuttu lisäämään omaan listaan, mutta ne oli erillisellä listalla mahdollista tulostaa. Erillistä tulostusta tällä laskentatavalla ei käytetty, koska jostain syystä listaan ei tullut kaikkien haluttujen rakenteiden pinta-alatietoja. Syy, miksi kaikkien valittujen osien tiedot eivät tulleet listaan, ei selvinnyt tutkimuksen aikana. Laskenta perustuu rakenneosien ominaisuuksissa oleviin Class-tunnuksiin, jonka perusteella ohjelma osaa laskea oikeat pinta-alat valituista rakenteista. Tällä menetelmällä pitää muistaa, etteivät pinta-aloista vähenny päällekkäiset kohdat, esim. seinän ja laatan liitoskohdassa laudoitusalaan lasketaan seinän yläreunan ala, vaikka se voitaisiin vähentää. Sama koskee myös Teklassa valmiina olevia laudoituslakaavoja. Liitteenä 1 on esimerkkilista, joka perustuu tähän systeemiin.

Teklassa on valmiina laudoitusaloja laskevia kaavoja, esim. "Area Form Side", joka laskee kappaleen sivupinta-alat. Nämä valmiit kaavat antavat haluttuja tuloksia kun kappaleet ovat selkeitä, eikä kappaleilla ole yhteisiä rajapintoja, joihin laudoitusta ei tarvitse laskea. Sivupinta-alojen valmis kaava ei

kuitenkaan vaikuttanut sopivalta tässä työssä, koska se antaa laatan sivupinnoille, kuvan 26 esimerkissä, lähes saman pinta-alan kuin kokonaisala, mikä ei ole tässä tapauksessa oikea määrä. Pinta-ala näyttää olevan ala- ja yläpintojen, eikä sivupintojen, mikä voi johtua mallinnustavasta, joka voi määrätä, minkä pinnan ohjelma ajattelee olevan pohja tai sivu. Valintaan oli mahdollista saada myös vaihtoehto, jossa tuloksena on määrätyn koordinaatiston suuntainen ala, jota voi mahdollisesti hyödyntää, jos listoja kehitetään jatkossa lisää. Tällöin laskentakohde pitäisi olla kuitenkin koordinaatiston tason kanssa samansuuntainen, jotta ala tulisi oikein.

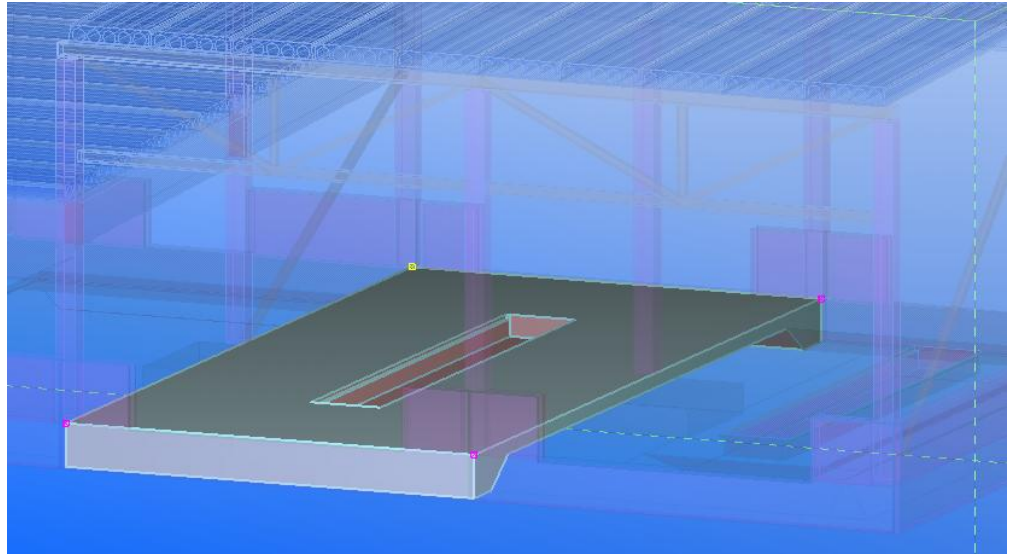


Kuva 26. Pinta-aloja.

Kolmas laudoitusalojen laskentatapa oli laskea itse käsin tarvittavat alat katsoen mallista, mitä pintoja tarvitaan ja sitten laatan perustietojen avulla sopivilla kaavoilla tarvittavat pinta-alat. Mallista oli hyvin saatavissa esim. kokonaisala, tilavuus, pituus, leveys ja korkeus, joiden perusteella monissa kappaleissa saa helposti haluttuja tuloksia, kun tekee sopivan kaavan vaikka Excel-taulukossa. Tämänhetkisillä tiedoilla tämä vaikutti luotettavimmalta ja helpoimmalta tavalta laudoitusalojen laskentaan. Liitteenä oleviin, mallista tulostettuihin määrälisoihin, jotka on siirretty Exceliin, on jälkikäteen lisätty sarakkeet, jotka laskevat yhteen kuutiot ja neliöt ja raudoituskilot.

Laudoitusalojen laskennassa tuli esiin myös reunavahvistettu perustuslaatta (Kuva 27), jonka laudoitusalat olivat periaatteessa yksinkertaiset ja riittäisivät pelkästään reunojen korkeuden ja leveyden mukainen ala. Laatta oli kuitenkin mallinnettu kolmesta osasta, jolloin keskimmäisestä kappaleesta olisi tarvittu vain päätyjen ja syvennyksen seinien alat, eikä niiden laskeminen onnistunut suoraan ohjelmasta Teklan eikä Enterprixen systeemeillä. Las-

kenta on kuitenkin mahdollista muuten, katsomalla vain mallista tarvittavat tiedot ja niiden perusteella oikean tiedon laskeminen.



Kuva 27. Reunavahvistettu peruslaatta

4.4.4 Raudoituskilot ja laatu

Raudoituskilot oli mahdollista saada listaan näkyviin. Raudoituksia ei kuitenkaan ollut mallinnettu jokaiseen betonirakenteeseen ja siksi ne puuttuvat esim. palovesitankin listoista. Raudoituskiloja voi kuitenkin arvioida niiden rakenteiden perusteella, joihin rauditus on mallinnettu, tai muuten, aikaisempien tietojen perusteella vastaavista rakenteista. Tässä työssä ei kuitenkaan määräluetteloihin lisätty muuta kuin mallista saadut tiedot.

Raudoituksen kilot oli saatavilla, kun ne olivat mallinnettu, mutta terästen laatua ei onnistuttu saamaan listaan. Epäselväksi jäi, onko sitä tietoa malliin laitettu. Listatyökalussa ei vaikuttanut olevan mahdollisuutta sen tiedon esiintuomiseen.

4.4.5 Teräsrakenteet

Tässä työssä ei ollut tavoitteena laskea teräsrakenteiden määrätietoja. Tiedot on kuitenkin mahdollista saada hyvin valmiillakin listavaihtoehdoilla ja myös tuloksena syntyneellä omalla listalla. Valmiissa listoissa oli myös yhteenlaskuominaisuus, eli listaan olisi saanut jokaisen profiilin yhteenlasketun määrän. Tätä ominaisuutta ei omassa listassa ole, koska sen tekemiseen ei jäänyt aikaa ja tarkoituksena oli keskittyä betonirakenteisiin. Määrälistoihin on myös saatavilla teräslaadut näkyviin, niitä ei kuitenkaan ollut määritelty malliin kuin joihinkin kohtiin.

4.5 Leipomorakennuksen malli laskennan kannalta

Laskennassa kävi ilmi, että mallintamistavalla on paljon merkitystä sille, mitä tuloksia voidaan saada ja ovatko tulokset oikeita. Jos tuotemallista on jatkossa tarkoitus tehdä tämän työn kaltaisia laskelmia tai kehittyneempiä, olisi hyvä miettiä jo mallinnusvaiheessa määrälaskentaa ja sen toimintaperiaatetta.

4.5.1 Rakenteiden erottelu

Jos halutaan tehdä automaattisempia listoja, olisi kannattavaa käyttää tarkempia erotuksia esim. rakenneosan nimen määrittelyssä. Käytettäessä hakuperusteena tai muuna tunnisteena rakenteen nimeä (esim. palkki), voisi listan tulostuksen selkeyden kannalta olla hyvä, jos erotettaisiin nimellä ainakin perustusrakenteet (peruspalkki ym.), jotka ovat yksikköhintalistassa myös erikseen. Erottelu ei ole välttämätöntä tehdä nimen perusteella, vaan se voidaan myös tehdä osatunnuksen perusteella. Tässä työssä tehdyn listan kannalta molemmat vaihtoehdot ovat toimivia, mutta jos haluaa tehdä aiemmin esitellyn tavoitelistan tyyliä vaihtoehdon, nimien olisi hyvä olla tarkasti määritelty.

4.5.2 Mallinnustapa

Mallinnustavalla tarkoitetaan tässä tapauksessa sitä, millä työkalulla esim. perustus tehdään, tai miten kappale muodostetaan muuten. Jos tarkoituksena on tehdä esim. sandwich-elementti, kaikkien siihen liittyvien osien olisi määrälaskennan kannalta hyvä olla yksi kokonaisuus. Muuten listaan tulee erikseen kaikki elementin osien tiedot, mikä voi aiheuttaa sekaannuksia ja turhia tietoja, jos ei laskija itse tiedä tarkkaan, mistä on kyse. Vaikka hyvä laskija tietenkin seuraa mitä laskee, olisi lopputuloksena syntyvä lista kuitenkin selkeämpi ja voisi toimia suoraan lopullisena versiona.

Mallinnustyökalun valinnalla voidaan vaikuttaa siihen, millä nimellä kappale tulee listaan. Kohteena olleessa mallissa maavaraisia laattoja oli mallinnettu betonilaatta- sekä anturatyökalulla. Määrälistojen selkeyden kannalta voisi olla parempi, että käytetään anturatyökalua, jolloin nimestä selviäisi rakenteen olevan perustusten osa. Siitä huolimatta nimeen voisi olla hyvä muuttaa lisäksi esim. perustuslaatta tai maavarainen laatta. Käyttämällä tarkempia osatunnuksia, on myöhemmin mahdollista tehdä lista, joka sitä tietoa hyödyntämällä hakee sopivan kaavan pinta-alojen laskentaan.

4.5.3 Laskettavan alueen rajaus

Koska tässä työssä ollut laskentakohde on melko iso, päätettiin laskentaa varten rajata erillisiä osia kohteesta, jotta olisi helpompi tarkistaa, tulevatko tiedot oikein. Päätökseen vaikutti myös se, että yksikköhintalistassa tiedot oli tarkoitus jakaa kohteen eri rakennusosien mukaan, jolloin erillisten listojen tiedot oli helpompi lisätä Excel-taulukkoon kuin yhdestä n. 30 sivun listasta. Tästä johtuen rajaamisen onnistuminen oli yksi tärkeä asia listojen tekemiseen.

Rajauksen voi tehdä ainakin määrittelemällä eri alueille oma vaihetunnus (*phase*). Tämän tutkimuksen kohteeseen oli myös tehty paljon eri rajauksia, mutta joissain kohdissa raja esim. leipomon ja toimiston välillä ei ollut täysin selvä ja leipomoalueen listaan tuli vahingossa toimistoon kuuluvia ontelolaattoja. Jos rajausta ei jostain syystä tehdä eri rakennusosien välillä vaihetunnuksella, pitää rajaus katsoa valitsemalla tietty alue, jolloin valintaan voi helposti jäädä ylimääräisiä rakenteita. Tästä johtuen olisi suositeltavaa rajata selkeästi eri rakennuksen osat omiksi vaiheiksi. Jos vaihetunnuksella halutaan erottaa eri alueiden lisäksi rakentamisvaihe, kannattaa tunnuksen pari ensimmäistä merkkiä käyttää ajankohdan määrittelyyn ja loput alueen määrittelyyn.

4.6 Laskennan tulokset

Määrälaskennat onnistuttiin tekemään aiemmin esitellyistä leipomorakennuksesta, palovesitankista, autopesupaikasta, kuormalavavarastosta sekä päävartijan kopista. Myöhemmin laskettavaksi jää toimisto, tavarantasaanotto, jauhosiiloalue, pakkaamo, kylmävarasto ja joitain pieniä rakennuksia. Laudoitusalat on laskettu tähän vain perustusrakenteilta, koska muut rakenteet ovat elementteinä. Poikkeuksena palovesitankki, jossa ei ole elementtirakenteita. Tarkemmat laskelmat ovat erillisinä liitteinä.

Palovesitankki: (Liite 2)

Laudoitus 2375 m², raudoitusta ei ollut mallinnettu, betonimäärä 631 m³.

Kuormalavavarasto: (Liite 3)

Perustusten laudoitusta 82 m², raudoitusta ei ollut mallinnettu, betonimäärä 128 m³.

Autopesupaikka: (Liite 4)

Anturoiden laudoitus 56 m^2 , raudoitus oli mallinnettu anturoihin, joissa betonimäärä 12 m^3 ja raudoitusta 524 kg , kokonaisbetonimäärä 28 m^3 . Tässä rakennuksessa oli myös ontelolaattoja 220 m^2 , joiden betonimäärät ovat laskettu mukaan kokonaiskuutiomäärään.

Päävartijan koppi: (Liite 5)

Perustusten laudoitus 23 m^2 , raudoitusta ei ollut mallinnettu, betonimäärä 34 m^3 .

Leipomorakennus: (Liite 6)

Laudoitus 2100 m^2 , raudoitus oli mallinnettu osaan anturoista ja niissä raudoitusta oli yhteensä 24150 kg , betonimäärä (paikalla valut ja elementit) 5986 m^3 . Rakennukseen kuuluu 128 elementtipilaria, 363 paalua, 72 seinäelementtiä ja 155 ontelolaattaa, joiden pinta-ala yht. 1010 m^2 .

Kokonaisuudessaan laskentaan kuuluneissa rakennuksissa oli 6805 m^3 betonia ja 4640 m^2 laudoitettavia betonirakenteita. Raudoitusta ei ollut kaikissa rakenteissa, mutta mallinnettujen osalta kokonaismääräksi tuli 24674 kg . Jos haluaa arvioida raudoituksen kokonaiskiloja, voi laskea jostain anturasta kilo-tilavuussuhteen, jonka avulla voi nähdä vähän suuntaa kokonaismäärästä. Tällä periaatteella anturaan menisi suunnilleen 50 kg/m^3 , joka tarkoittaisi kokonaistilavuuden mukaan n. 340 tonnia, mikä todellisuudessa olisi oletettavasti suurempi, koska anturoissa ei normaalisti ole yhtä paljon raudoitusta kuin muissa rakenteissa.

4.7 Tulosten arviointi

Tuloksena tässä työssä syntyi Teklaan oma määrällistä, sekä määrätiedot osasta leipomohanketta. Määrällistä on kohtuullisen käyttökelpoinen ja sillä on saatavissa suurin osa vaadituista tiedoista. Listassa on kuitenkin muutama puute. Vakavin puute on laudoitusalojen tarkka laskenta, jota ei tämän tutkimuksen aikana onnistuttu tekemään automaattiseksi listaan. Lisäksi puuttui tieto, onko rakenne paikalla valettava vai elementtirakenne. Muilta osin lista toimii ja antaa riittävät tiedot. Listan antamien tietojen oikeellisuutta on tarkasteltu tutkimalla mallista laskettavia kohteita ja sillä perustella listan tulokset vaikuttavat myös oikeilta ja siten käyttökelpoisilta määrälaskentaan ja hankkeen kannattavuuden arvioimiseen.

Teklasta tehty lista on muunnettu Excel-muotoon, jolloin siihen on lisätty käsin yhteenlaskukaavoja ja laudoitusalan laskentakaavat rakenteen tyyppin mukaan. Laidoitusalat on laskettu Excelissä, kokonaispinta-alojen, tilavuuksien ja paksuuksien perusteella. Tämä menetelmä tekee listasta hiukan epäkäytännöllisen ja mahdollistaa virheiden syntymisen, kun pitää jälkikäteen lisätä kaavoja. Lisäksi seinien kohdalla ei ole vähennetty ylä- ja alareunan pinta-alaa, minkä vuoksi laidoitusalat ovat vähän yläkanttiin, n. 6 % normaalisti.

4.8 Kehitysideoita

Käytetyssä laskentatavassa lasketaan jokainen elementti tai rakenneosakerkseen, eikä listaan tule yhteenlaskettuja määriä. Tekemällä listaan tarkempia jakoja laskettavien osien välille, olisi mahdollista lisätä jokaisen erikerkosen jälkeen summarivi, jolloin laskeminen olisi yksinkertaisempaa. Summarivillä varustettua listaa voisi lisäksi tehdä yksinkertaisemman näköiseksi piilottamalla yksittäiset tiedot, jolloin listasta tulisi lähes samannäköinen kuin yksikköhintalista, joka toimii mallina määrälistalle. Tässä tutkimuksessa summaus on tehty Excelissä.

Käytössä ollut lista voisi parantaa myös siten, että siihen lisätään erikerkenteille sopivia pinta-alkaavoja, jolloin määrälaskija voisi niistä valita tarpeeseen soveltuvimman. Listan avulla ei ole mahdollista saada ontelolaattojen pinta-alaa, koska siitä puuttuu pituustieto. Tästä johtuen listaan kannattaisi lisätä omaan sarakkeeseen kaava (pituus x leveys) ontelolaattojen pinta-alojen laskemiseksi.

Vaikka tutkimuksen loppuvaiheessa selvisi, että elementtirakenteista tulee erillinen lista, voisi tässä työssä tehtyyn listaan lisätä seinäelementtien ääri-imitat tai pinta-aratiedon. Parhaiten tarvittavan pinta-alan saisi kaavalla, joka kertoo pituuden korkeudella. Pituuden ja korkeuden avulla laskettavassa pinta-alassa olisi kuitenkin myös aukkojen ala, jolloin lopputulos ei olisi täsmälleen oikea. Ohjelmassa olisi valmiina kaava, joka antaa sivupinta-aratiedot, mutta siinä on mukana kaikki sivupinnat esim. sandwich-elementistä ulkopinta, molemmat eristettä vasten olevat pinnat, sekä sisäpinta. Kaavaa voisi käyttää, jos siihen lisää nelosen jakajaan. Tällöin se ei kuitenkaan sopisi yksinkertaisiin väliseinäelementteihin, joissa jakajaksi riittäisi kakkonen.

Olisi myös mahdollista tehdä kokonaan erityyppinen lista, jossa olisi rakenneosittain vaaditut tiedot, samaan tyyliin kuin yksikköhintalistassa. Tulos muistuttaisi luvussa 4.4.1 esiteltyä tavoitelistaa. Listan toteuttaminen vaatisi kuitenkin melko monimutkaisen listapohjan, johon olisi ennakoitava valmiiksi paljon erilaisia rakennevaihtoehtoja ja niiden määritelmiä. Jotta lista onnistuisi, siinä pitäisi olla paljon ehtokaavoja. Samantyylinen ratkaisu voitaisiin saavuttaa myös tekemällä eri rakenneosille omat määrällistat, jotka laskisivat tiettyjen rakenteiden määrät yhteen. Tämä tarkoittaisi omaa listaa esim. laatoille, palkeille ym. Tällöin tuloksena olisi useita listoja, jotka voisivat muistuttaa kuvan 28 listaa. Suurin hyöty tästä olisi se, että määrällistaan voitaisiin jo valmiiksi määritellä rakenteen pinta-alan laskentaa varten sopiva kaava. Jos tehtäisiin tavoitelistan tyylinen ratkaisu, pitäisi siinä myös näkyä tieto, millä korkeudella rakenne on, koska sillä voi olla suuri merkitys rakenteen hinnalle. Ensimmäisen kerroksen rakenteet eivät ole yhtä työläitä kuin esim. kymmenennen kerroksen, vaikka rakenteet olisivat muuten samat.

BILL OF QUANTITIES				Quantity	
Project: \\Juva62\Projektit\Fazer\Test i					
Phase: 1					
Date: 03.04.2009					
Concrete structures					
Platforms				1	pcs
Formwork				685.2	m ²
Reinforcement				0.0	kg
Concrete	Precast	C30/37	400*24000	274.08	m ³

Kuva 28. Listamalli tietylle rakenneosalle.

5 YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli määrälaskenta Tekla Structures -ohjelmalla tehdystä leipomorakennuksen tuotemallista. Työhön liittyvän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää miten määrälaskenta voidaan toteuttaa.

Jotta työssä päästiin alkuun, tutustuttiin ensin aiheeseen kirjallisuudesta ja haastateltiin ohjelmaa tuntevia, joilta saatiin tietoa ohjelman mahdollisuuksista. Perustietojen jälkeen tutkimus tehtiin kokeilemalla erilaisia tapoja miten määrätietoja Teklasta voidaan ottaa ja siten haettiin sopiva vaihtoehto määrälaskennan toteuttamiseksi.

Tutkimuksessa löytyi erilaisia vaihtoehtoja määrien laskentaan, niiden pohjalta kehitettiin Teklaan oma määrällista. Määrällistalla pyrittiin saamaan mal-

lista tiedot, joita yrityksessä käytössä olevissa yksikköhintaluetteloissa on betonirakenteista odotettu. Syntyneellä listalla laskettiin kohteena olleen leipomorakennuksen betonirungon määrät. Lisäksi laskettiin vastaavat määrätiedot neljän pienemmän leipomoon liittyvän rakennuksen rungosta. Laskennasta jäi pois osa kohteeseen liittyvistä rakennuksista, koska listakokeilut veivät aikaa laskennalta ja siksi määrälaskentatavoitetta ei kokonaan saavutettu. Laskenta on tarkoitus jatkaa myöhemmin loppuun asti niin, että nyt laskennasta pois jääneet rakennukset otetaan myös mukaan.

Tutkimuksessa käsitellään lyhyesti myös Enterprixe Oy:n kehittämää laskentaosaa, jolla on mahdollista saada Teklasta laudoitusaloja. Tässä työssä sitä ei hyödynnetty ja siksi jatkossa sen tarjoamia mahdollisuuksia kannattaa tutkia tarkemmin.

Vaikka määrälistalla pystyttiin laskemaan leipomohankkeen rakennusten betonirungon määrätietoja, jäi tehtyyn määrälistaan pieniä puutteita. Lista ei onnistuttu tekemään laudoitusaloja automaattisesti oikein laskevaa ominaisuutta, eikä myöskään yhteenlaskuominaisuutta, minkä vuoksi laudoitusaloja yhteenlasku kaavat lisättiin käsin lopulliseen Excel-pohjaiseen määrälistaan.

Määrälistaan jäi vielä kehitettäviä asioita, mutta sitä voidaan käyttää muissakin Teklalla mallinnetuissa kohteissa, joissa on betonirakenteita. Jatkossa listaa voidaan kehittää automaattisemmaksi. Automaattisuutta voitaisiin lisätä esim. määrälistaan lisättävillä summariveillä.

Koska tämän määrälaskennan tarkoitus on pohjimmiltaan selvittää, kannattaako rakennushanke aloittaa, on määrälaskennan käytännön hyöty ja kannattavuus nähtävissä vasta kun rakennus on valmis ja tiedetään toteutuneet määrät.

VIITELUETTELO

- [1] Valjus Juha, Varis Markku, Penttilä Hannu ja Nissinen Sampsa, Rakennusteollisuus RT ry, Rakennustietosäätiö RTS. Tuotemallintaminen rakennussuunnittelussa. Rakennustieto Oy , Tammer-Paino Oy Tampere (2007)
- [2] Rakennusteollisuus RT ry, Rakennustietosäätiö RTS. Tuotemallintaminen rakennushankkeessa, yleiset periaatteet. Rakennustieto Oy, Tammer-Paino Oy Tampere (2006)
- [3] BEC, Betonielementti -CAD-kansio, osa B1, Suomen betoniteollisuuden keskusjärjestö ry, ANSON Oy (1987)
- [4] Rakennustietosäätiö ja Ratas-projekti. Rakennuksen tuotemalli. Karisto Oy, Hämeenlinna (1988)
- [5] Hietanen Jiri. Tietomallit ja rakennusten suunnittelu. Rakennustieto Oy, Tammer-Paino Oy Tampere (2005)
- [6] Virtual VTT-sivusto.
http://virtual.vtt.fi/proit/seminaari040119/proit_040119_niemioja.pdf
(19.1.2004) [Luettu 16.02.2009]
- [7] Vuorela Kari, Urpola Jussi, Kankainen Jouko. Johdatus rakentamistalouteen. Otamedia Oy (2001)
- [8] TKK arkkitehtiosaston kotisivut.
http://arkit.tkk.fi/senaatti/images/Arvorakennusten_korjaushankkeet_ja_tuotemallintaminen.pdf (22.4.2007) [Luettu 17.2.2009]
- [9] ConcreteCad käyttöohje, versio 3.1, Virtual Model Systems Oy (1994)
- [10] Tekla Oy:n kotisivut. <http://www.tekla.com/fi/products/tekla-structures/Pages/Default.aspx> [Luettu 15.3.2009]
- [11] Haastattelu 6.4.2009, Tapio Ristimäki, entisen Cadex Oy:n toim. joht, nyk. Enterprixe Oy:n toim. joht.
- [12] Urakkamuodot ja -asiakirjat. RT 16-10768. Rakennustieto Oy (2002)

LIITELUETTELO

- LIITE 1 Esimerkki laudoitusmääräluettelosta
- LIITE 2 Palovesitankin betonimääräluettelo
- LIITE 3 Kuormalavavaraston betonimääräluettelo
- LIITE 4 Autopesupaikan betonimääräluettelo
- LIITE 5 Päävartijan kopin betonimääräluettelo
- LIITE 6 Leipomorakennuksen betonimääräluettelo

FORM AREAS LIST FOR PROJECT NO: 1		Page: 1	
PROJECT Tekla Corporation		Date: 16.04.2009	
Type	;Form	Area(m2)	;Volume(m3)
Foundation Wall		267.0	40.05
For 1	Found.wall	267.0	40.05
Foundation Wall		251.9	37.78
For 2	Found.wall	518.8	77.82
Foundation Wall		4.0	0.59
For 3	Found.wall	522.8	78.42
Foundation Wall		4.0	0.59
For 4	Found.wall	526.7	79.01
Foundation Wall		4.0	0.59
For 5	Found.wall	530.7	79.61
Foundation Wall		29.3	2.93
For 6	Found.wall	560.0	82.53
Foundation Wall		29.3	2.93
For 7	Found.wall	589.2	85.46
Foundation Wall		157.4	23.61
For 8	Found.wall	746.6	109.06
Column		8.8	1.31
Column		8.8	1.31
For 2	Columns	17.5	2.63
Beam		8.8	1.65
Beam		9.6	1.80
Beam		10.1	1.89
For 3	Beams	28.5	5.34
Solid Slab		340.9	65.07
Solid Slab		340.9	65.07
Solid Slab		11.6	1.32
For 3	Solid slabs	693.4	131.46
Wall		4.4	0.66
Wall		4.4	0.66
Wall		4.4	0.66
Wall		45.1	6.76
Wall		45.1	6.76
Wall		137.6	20.64
Wall		137.6	20.64
Wall		149.8	22.47
Wall		149.8	22.47
For 9	Walss	678.3	101.74
Total for 25 members: ;		2164.3	

BETONIRAKENTEET

Palovesitankki
17.4.2009

Phase	Tunnus	kpl	Nimi	Profile	Leveys	Mat.	Ala	Tilavuus	Raud. kg	h	A yht	V yht	Laudoitus	Laud. laskentakaava	Raud. yht
2000	B115	1	BEAM	600*600	0,5	C40/50	14,5	1,89	0	0,8	14,6	1,89	11,35	n * (A - V / korkeus)	0
2000	B116	1	BEAM	800*600	0,5	C40/50	13,8	1,8	0	0,8	13,8	1,8	10,8	n * (A - V / korkeus)	0
2000	B117	1	BEAM	600*600	0,5	C40/50	12,7	1,65	0	0,8	12,7	1,65	9,95	n * (A - V / korkeus)	0
Palkit yht.															
2000	C83	2	COLUMN	800*800	0,6	C40/50	9,5	1,31	0		19	2,62	17,56	n * (A - 2 * leveys ²)	0
Pilarit yht.															
2000	S89	1	SLAB	200*15302	0,2	C30/37	666,3	65,07	0		666,3	65,07	340,95	n * (A - V / paksuus)	0
2000	S90	1	SLAB	200*15302	0,2	C30/37	666,3	65,07	0		666,3	65,07	340,95	n * (A - V / paksuus)	0
2000	S143	1	SLAB	150*1500	0,16	C30/37	20,1	1,32	0		20,1	1,32	11,3	n * (A - V / paksuus)	0
2000	S148	1	SLAB	400*2600	0,4	C30/37	25,5	4,06	0		25,5	4,06	5,2	n * (A - 2 * V / paksuus)	0
2000	S149	1	SLAB	400*2100	0,4	C30/37	14,7	2,18	0		14,7	2,18	3,8	n * (A - 2 * V / paksuus)	0
2000	S150	1	SLAB	400*24000	0,4	C30/37	1423,5	274,08	0		1423,5	274,08	53,1	n * (A - 2 * V / paksuus)	0
Laatat yht.															
2000	W80	2	PANEL	4950*200	0,2	C30/37	32,4	2,93	0		64,8	5,86	64,8		0
2000	W82	2	PANEL	4000*300	0,3	C30/37	150,3	20,84	0		300,6	41,28	300,6		0
2000	W83	2	PANEL	4100*300	0,3	C30/37	50,9	6,78	0		101,8	13,52	101,8		0
2000	W84	3	PANEL	1100*300	0,3	C30/37	5,7	0,59	0		17,1	1,77	17,1		0
2000	W85	3	PANEL	1100*300	0,3	C30/37	6,3	0,66	0		18,9	1,98	18,9		0
2000	W86	1	PANEL	5100*300	0,3	C30/37	174	23,81	0		174	23,81	174		0
2000	W87	2	PANEL	6655*300	0,3	C30/37	163,5	22,47	0		327	44,94	327		0
2000	W88	1	PANEL	5750*300	0,3	C30/37	292,4	40,05	0		292,4	40,05	292,4		0
2000	W89	1	PANEL	4250*300	0,3	C30/37	273	37,78	0		273	37,78	273		0
Seinät yht.															
											210,79	1569,6		0	
Kaikki yht.											630,53	2374,56		0	

BETONIRAKENTEET

Kuormalavavarasto
17.4.2008

Phase	Tunnus	kpl	Nimi	Profile	Leveys	Mat.	Ala	Tilavuus	Raud. kg	h	A yht	V yht	Laudoitus	Laud. laskentakaava	Raud. yht
	2100	C56	7	COLUMN	300*300	0,3	C40/50	3,4	0,24	0	23,80	1,88	22,54	$n * (A - 2 * leveys^2)$	0
	2100	C57	2	COLUMN	300*300	0,3	C40/50	2,2	0,15	0	4,40	0,30	4,04	$n * (A - 2 * leveys^2)$	0
Pilarit yht.												1,98	26,58		0
	2100	FP24	2	FOOTING	1000*12850	12,85	C30/37	34	3,85	163,4	1,00	68,00	7,70	$n * (A - 2 * V / h)$	328,8
	2100	FP25	1	FOOTING	1000*10850	10,85	C30/37	28,8	3,25	144,3	1,00	28,80	3,25	$n * (A - 2 * V / h)$	144,3
	2100	FP27	2	FOOTING	1200*1200	1,2	C30/37	4,3	0,43	26	1,20	8,60	0,86	$n * (A - 2 * V / h)$	52
Anturat yht.												11,81	82,07		523,1
	2100	W129	6	PANEL	2650*150	0,16	C30/37	32,3	2,24	0	193,80	13,44	193,80		0
Seinät yht.												13,44	193,80		0
Kaikki yht.												27,23	302,45		523,10

BETONIRAKENTEET

Autopesupaikka
17.4.2009

Phase	Tunnus	kpl	Nimi	Profile	Leveys	Mat.	Ala	Tilavuus	Raud. kg	h	A yht	V yht	Laudoitus	Laud. laskentakaava	Raud. yht	
	2200	B96	10	HOLLOW C	P27(265X12	1,2	C30/37	35,4	1,06	0	364	10,6		6,07x1,2 = 73 m ²	0	
	2200	B97	20	HOLLOW C	P27(265X12	1,2	C30/37	35,8	1,07	0	716	21,4		6,133x1,2 = 147 m ²	0	
	Ontelolaatat yht.															
	2200	B103	2	BEAM	800*280	0,28	C40/60	11,1	1,03	0	0,6	22,2	2,06	18,77	n * (A - V / h)	0
	2200	B104	2	BEAM	800*280	0,28	C40/60	10,6	0,98	0	0,6	21,2	1,96	17,93	n * (A - V / h)	0
	2200	B106	2	BEAM	800*280	0,28	C40/60	11,1	1,03	0	0,6	22,2	2,06	18,77	n * (A - V / h)	0
	Palkit yht.															
	2200	C73	3	COLUMN	280*280	0,28	C40/60	5,6	0,38	0	16,80	1,14	16,33	n * (A - 2 * leveys ²)	0	
	2200	C74	3	COLUMN	280*280	0,28	C40/60	5,7	0,39	0	17,10	1,17	16,63	n * (A - 2 * leveys ²)	0	
	2200	C75	3	COLUMN	280*280	0,28	C40/60	6,2	0,42	0	18,60	1,26	18,13	n * (A - 2 * leveys ²)	0	
	2200	C76	1	COLUMN	280*280	0,28	C40/60	2,8	0,18	0	2,80	0,18	2,64	n * (A - 2 * leveys ²)	0	
	2200	C77	1	COLUMN	280*280	0,28	C40/60	3	0,2	0	3,00	0,20	2,84	n * (A - 2 * leveys ²)	0	
	2200	C78	1	COLUMN	280*280	0,28	C40/60	3,2	0,21	0	3,20	0,21	3,04	n * (A - 2 * leveys ²)	0	
	Pilarit yht.															
	2200	FP22	2	FOOTING	2000*2000	2	K30-2	11,2	1,6	0	2,00	22,40	3,20	19,20	n * (A - 2 * V / h)	0
	Anturat yht.															
	2200	S127	1	SLAB	800*8140	0,6	C30/37	178,2	26,62	0	178,2	26,62		Laatat ovat yksi	0	
	2200	S128	1	SLAB	800*8000	0,6	C30/37	169	22,42	0	169	22,42		kokonaisuus, jonka lev.	0	
	2200	S129	1	SLAB	800*8140	0,6	C30/37	171,2	23,26	0	171,2	23,25		ja pit. on 18x12,3m ²	0	
	Laatat yht.															
	2200	W188	2	PANEL	900*100	0,28	C30/37	31,6	1,26	0	63,20	2,52	63,20		0	
	2200	W189	1	PANEL	900*100	0,28	C30/37	31,3	1,25	0	31,30	1,25	31,30		0	
	2200	W178	1	PANEL	900*100	0,28	C30/37	15,6	0,57	0	15,60	0,57	15,60		0	
	2200	W179	1	PANEL	900*100	0,28	C30/37	25,8	1	0	25,80	1,00	25,80		0	
	2200	W180	1	PANEL	900*100	0,28	C30/37	15,6	0,57	0	15,60	0,57	15,60		0	
	2200	W181	1	PANEL	900*100	0,28	C30/37	28	1,1	0	28,00	1,10	28,00		0	
	2200	W182	1	PANEL	900*100	0,28	C30/37	16,1	0,59	0	16,10	0,59	16,10		0	
	2200	W183	1	PANEL	900*100	0,28	C30/37	28,4	1,11	0	28,40	1,11	28,40		0	
	2200	W184	1	PANEL	900*100	0,28	C30/37	16,3	0,6	0	16,30	0,60	16,30		0	
	Seinät yht.															
	Kaikki yht.															
											127,04	410,95			0,00	

BETONIRAKENTEET

Päävartijan koppi
17.4.2009

Phase	Tunnus	kpl	Nimi	Profile	Leveys	Mat.	Ala	Tilavuus	Raud. kg	h	A yht	V yht	Laudoitus	Laud. laskentakaava	Raud. yht
2400	FP32	1	FOOTING	6200*12200	12,2	C30/37	174,3	26,55	0	1,22	174,30	26,55	130,78	$n * (A - 2 * V / h)$	0
Anturat yht.													26,55	130,78	0
2400	W170	1	PANEL	900*100	0,28	C30/37	7,6	0,29	0		7,60	0,29	7,80		0
2400	W171	1	PANEL	900*100	0,28	C30/37	7,5	0,29	0		7,50	0,29	7,50		0
2400	W172	1	PANEL	900*100	0,28	C30/37	31,6	1,28	0		31,60	1,28	31,80		0
2400	W173	1	PANEL	900*100	0,28	C30/37	22,6	0,9	0		22,60	0,90	22,60		0
2400	W174	1	PANEL	900*100	0,28	C30/37	31,4	1,25	0		31,40	1,25	31,40		0
2400	W175	1	PANEL	900*100	0,28	C30/37	31,4	1,25	0		31,40	1,25	31,40		0
2400	W176	1	PANEL	900*100	0,28	C30/37	22,4	0,87	0		22,40	0,87	22,40		0
2400	W177	1	PANEL	900*100	0,28	C30/37	22,4	0,87	0		22,40	0,87	22,40		0
Seinät yht.													6,98	176,90	0
Kaikki yht.													33,53	307,68	0,00

BETONIRAKENTEET

Leipomoalue
17.4.2009

Phase	Tunnus	kpl	Nimi	Profile	Leveys	Mat.	Ala	Tilavuus	Raud. kg	h	A yht	V yht	Laudoitus	Laud. laskentaava	Raud. yht		
1200	13AC1	10	COLUMN	580*480	0,48	C30/37	26,6	3,42	0	0,58	266,00	34,20	260,43	n*(A-2*b*h)	0		
1200	13AC2	11	COLUMN	580*480	0,48	C40/50	31,4	4,04	0	0,58	345,40	44,44	339,28	n*(A-2*b*h)	0		
1200	13AC3	10	COLUMN	580*480	0,48	C40/50	28,7	3,43	0	0,58	267,00	34,30	261,43	n*(A-2*b*h)	0		
1200	C70	20	COLUMN	280*280	0,28	C30/37	4,8	0,33	0	0,58	96,00	6,80	89,50	n*(A-2*b*h)	0		
1300	C70	32	COLUMN	280*280	0,28	C30/37	4,8	0,33	0	0,58	153,60	10,56	143,21	n*(A-2*b*h)	0		
1300	C71	1	COLUMN	280*280	0,28	C30/37	4,8	0,32	0	0,58	4,80	0,32	4,48	n*(A-2*b*h)	0		
1300	C72	1	COLUMN	280*280	0,295	C30/37	5	0,33	0	0,58	5,00	0,33	4,66	n*(A-2*b*h)	0		
9990	13AC1	14	COLUMN	580*480	0,48	C30/37	26,6	3,42	0	0,58	372,40	47,88	364,60	n*(A-2*b*h)	0		
9990	13AC2	14	COLUMN	580*480	0,48	C40/50	31,4	4,04	0	0,58	439,60	56,56	431,80	n*(A-2*b*h)	0		
9990	13AC3	14	COLUMN	580*480	0,48	C40/50	28,7	3,43	0	0,58	373,80	48,02	366,00	n*(A-2*b*h)	0		
9990	13AC4	1	COLUMN	580*480	1	C30/37	41,6	4,58	0	0,58	41,60	4,58	40,44	n*(A-2*b*h)	0		
Pilarit yht.												128		287,79	2305,84		0,00
1200	13AF10	10	FOOTING	4600*2800	2,8	C30/37	50,3	15,39	528,7	4,60	503,00	153,90	245,40	n*(A-2*h*b)	5287		
1200	13AF12	10	FOOTING	2800*2800	2,8	C30/37	39,5	8,61	440,9	2,8	395,00	86,10	238,20	n*(A-2*h*b)	4409		
1200	FP28	26	FOOTING	400*400	0,4	C30/37	1,8	0,14	0	0,4	46,80	3,64	38,48	n*(A-2*h*b)	0		
1200	FP31	26	FOOTING	1500*1500	1,5	C30/37	8,1	1,35	0	1,5	210,60	35,10	93,60	n*(A-2*h*b)	0		
1300	FP19	2	FOOTING	400*400	1	C30/37	9,6	0,76	0,6	0,4	19,20	1,52	17,60	n*(A-2*h*b)	19,2		
1300	FP20	1	FOOTING	400*400	1	C30/37	9,6	0,76	0,6	0,4	9,60	0,76	8,80	n*(A-2*h*b)	9,6		
1300	FP21	14	FOOTING	300*300	0,3	C30/37	1,3	0,08	0	0,3	18,20	1,12	15,88	n*(A-2*h*b)	0		
1300	FP28	20	FOOTING	400*400	0,4	C30/37	1,8	0,14	0	0,4	36,00	2,80	29,60	n*(A-2*h*b)	0		
1300	FP29	2	FOOTING	400*400	0,4	C30/37	2,4	0,21	0	0,4	4,80	0,42	4,16	n*(A-2*h*b)	0		
1300	FP30	3	FOOTING	400*400	0,4	C30/37	2,1	0,18	0	0,4	6,30	0,54	5,34	n*(A-2*h*b)	0		
1300	FP31	20	FOOTING	1500*1500	1,5	C30/37	8,1	1,35	0	1,5	162,00	27,00	72,00	n*(A-2*h*b)	0		
9990	13AF1	12	FOOTING	4240*2800	2,8	C30/37	52,1	12,44	598,6	4,2	625,20	149,28	342,96	n*(A-2*h*b)	7183,2		
9990	13AF2	2	FOOTING	4600*2800	2,8	C30/37	50,3	15,39	532,2	4,6	100,60	30,78	49,08	n*(A-2*h*b)	1064,4		
9990	13AF3	1	FOOTING	2800*2800	2,8	C30/37	39,5	8,61	440,9	2,8	39,50	8,61	23,82	n*(A-2*h*b)	440,9		
9990	13AF4	1	FOOTING	4240*2800	2,8	C30/37	67,1	13,61	0	4,24	67,10	13,61	43,36	n*(A-2*h*b)	0		
9990	13AF5	1	FOOTING	4600*2800	2,8	C30/37	57,8	15,98	0	4,6	57,80	15,98	32,04	n*(A-2*h*b)	0		
9990	13AF6	1	FOOTING	2800*2800	2,8	C30/37	52,7	9,78	0	2,8	52,70	9,78	37,02	n*(A-2*h*b)	0		
9990	13AF7	10	FOOTING	4240*2800	2,8	C30/37	52,1	12,44	0	4,24	521,00	124,40	283,56	n*(A-2*h*b)	0		
9990	13AF8	1	FOOTING	1100*1000	1	C30/37	7,5	0,58	0	1,1	7,50	0,58	5,30	n*(A-2*h*b)	9,6		
9990	13AF9	1	FOOTING	1100*1000	1	C30/37	7,5	0,58	0,6	1,1	7,50	0,58	5,30	n*(A-2*h*b)	9,6		
9990	13AF10	6	FOOTING	4600*2800	2,8	C30/37	50,3	15,39	528,7	4,6	301,80	92,34	147,24	n*(A-2*h*b)	3172,2		
9990	13AF11	9	FOOTING	2800*2800	2,8	C30/37	39,5	8,61	0	2,8	365,50	77,49	214,38	n*(A-2*h*b)	0		
9990	13AF12	1	FOOTING	2800*2800	2,8	C30/37	39,5	8,61	440,9	2,8	39,50	8,61	23,82	n*(A-2*h*b)	440,9		
9990	13AF13	1	FOOTING	2800*2800	2,8	C30/37	39,5	8,61	19,3	2,8	39,50	8,61	23,82	n*(A-2*h*b)	19,3		
9990	13AF14	1	FOOTING	4240*2800	2,8	C30/37	37,1	11,28	0	4,24	37,10	11,28	13,86	n*(A-2*h*b)	0		
9990	13AF15	1	FOOTING	4600*2800	2,8	C30/37	42,8	14,81	0	4,6	42,80	14,81	17,04	n*(A-2*h*b)	0		
9990	13AF16	4	FOOTING	4600*2800	2,8	C30/37	42,8	14,81	519,1	4,6	171,20	59,24	68,16	n*(A-2*h*b)	2076,4		
Anturat yht.												187		938,88	2099,11		24131,70
1200	13AP1	100	PILE	D600	0,6	C30/37	32,6	4,79	0	1694,12				h = paalujen määrä [m]	0		
9990	13AP1	263	PILE	D600	0,6	C30/37	32,6	4,79	0	4455,62					0		
Paalut yht.												363		1738,77		0,00	
1200	13AS1	11	SLAB	200*6000	0,2	K30-2	265	25,41	0		2915,00	279,51		mv.laattakenttä 1	0		
1200	13AS3	11	SLAB	200*6000	0,2	K30-2	225,5	21,59	0		2480,50	237,49		mv.laattakenttä 1	0		
1200	13AS4	11	SLAB	200*6000	0,2	K30-2	227,8	21,81	0		2505,50	239,91		mv.laattakenttä 1	0		
1200	13AS5	11	SLAB	200*6000	0,2	K30-2	225,6	21,6	0		2481,60	237,60		mv.laattakenttä 1	0		
1200	13AS6	11	SLAB	200*6000	0,2	K30-2	262,7	25,19	0		2889,70	277,09		mv.laattakenttä 1	0		
1200	S25	10	SLAB	180*100	0,18	K30-2	3,1	0,1	0		31,00	1,00		mv.laattakenttä 1	0		
1200	S152	1	SLAB	180*100	0,18	K30-2	2,8	0,09	0		2,80	0,09		mv.laattakenttä 1	0		
1300	13AS1	11	SLAB	200*6000	0,2	K30-2	265	25,41	0		2915,00	279,51		mv.laattakenttä 2	0		
1300	13AS3	11	SLAB	200*6000	0,2	K30-2	225,5	21,59	0		2480,50	237,49		mv.laattakenttä 2	0		
1300	13AS4	11	SLAB	200*6000	0,2	K30-2	227,8	21,81	0		2505,50	239,91		mv.laattakenttä 2	0		
1300	13AS5	11	SLAB	200*6000	0,2	K30-2	225,6	21,6	0		2481,60	237,60		mv.laattakenttä 2	0		
1300	13AS6	11	SLAB	200*6000	0,2	K30-2	262,7	25,19	0		2889,70	277,09		mv.laattakenttä 2	0		
1300	13AS7	1	SLAB	200*5800	0,2	K30-2	220,7	21,11	0		220,70	21,11		mv.laattakenttä 2	0		
1300	13AS8	1	SLAB	200*5800	0,2	K30-2	218,3	20,88	0		218,30	20,88		mv.laattakenttä 2	0		
1300	13AS9	1	SLAB	200*5800	0,2	K30-2	254,3	24,36	0		254,30	24,36		mv.laattakenttä 2	0		
1300	13AS10	1	SLAB	200*5800	0,2	K30-2	218,3	20,88	0		218,30	20,88		mv.laattakenttä 2	0		
1300	13AS11	1	SLAB	200*5800	0,2	K30-2	256,7	24,59	0		256,70	24,59		mv.laattakenttä 2	0		
1300	S25	10	SLAB	180*100	0,18	K30-2	3,1	0,1	0		31,00	1,00		mv.laattakenttä 2	0		
1300	S152	1	SLAB	180*100	0,18	K30-2	2,8	0,09	0		2,80	0,09		mv.laattakenttä 2	0		
1300	S153	1	SLAB	180*100	0,18	K30-2	2,8	0,08	0		2,80	0,08		mv.laattakenttä 2	0		
9990	13AS1	1	SLAB	200*6000	0,2	K30-2	265	25,41	0		265,00	25,41		mv.laattakenttä 3	0		
9990	13AS3	1	SLAB	200*6000	0,2	K30-2	225,5	21,59	0		225,50	21,59		mv.laattakenttä 3	0		
9990	13AS4	1	SLAB	200*6000	0,2	K30-2	227,8	21,81	0		227,80	21,81		mv.laattakenttä 3	0		
9990	13AS5	1	SLAB	200*6000	0,2	K30-2	225,6	21,6	0		225,60	21,60		mv.laattakenttä 3	0		
9990	13AS6	1	SLAB	200*6000	0,2	K30-2	262,7	25,19	0		262,70	25,19		mv.laattakenttä 3	0		
9990	S151	1	SLAB	180*100	0,18	K30-2	2,7	0,08	0		2,70	0,08		mv.laattakenttä 3	0		
Laatat yht.												144		2772,96		0,00	
1200	13AEW1	10	PANEL	1000*120	0,12	K30-2	12,5	0,66	0		125,00	6,60			0		
1200	13AEW3	1	PANEL	1000*120	0,12	K30-2	11,4	0,6	0		11,40	0,60			0		
1300	13AEW1	10	PANEL	1000*120	0,12	K30-2	12,5	0,66	0		125,00	6,60			0		
1300	13AEW3	1	PANEL	1000*120	0,12	K30-2	11,4	0,6	0		11,40	0,60			0		
1300	13AEW4	1	PANEL	1000*120	0,12	K30-2	10,3	0,54	0		10,30	0,54			0		
9990	13AEW2	1	PANEL	1000*120	0,12	K30-2	10,8	0,57	0		10,80	0,57			0		
9990	13ES28	1	PANEL	RECTC 1600	0,28	C30/37	59,6	2,57	0								