

Senaatti-kiinteistöt: Tietomallivaatimukset 2007 Osa 7: Määrälaskenta

Raportin nimi Senaatti-kiinteistöt: Tietomallivaatimukset. Osa 7: Määrälaskenta	
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot Senaatti-kiinteistöt, vastuuhenkilö: Johtaja Jukka Riikonen (Investoinnit-palveluyksikkö) Senaatti-kiinteistöjen ohjausryhmä: Johtaja Jukka Riikonen Kehityspäällikkö Kari Alatalo Kiinteistölakimies Pekka Henriksson Kustannusasiantuntija Ulla Kauranen Asiakaspäällikkö Auli Karjalainen Johtaja Juha Lemström Johtava asiantuntija (LVI) Juha Muttilainen Projektipäällikkö Kari Ristolainen Asiantuntija (sähkö) Aimo Timonen	Asiakkaan viite
Projektin nimi Tietomallivaatimukset	Projektin numero 16435
Raportin työryhmä VTT: Arto Kiviniemi, Mirikka Rekola, Kaisa Belloni, Jun Kojima, Tiina Koppinen ja Tarja Mäkeläinen Solibri Oy: Heikki Kulusjärvi Tocosoft Oy: Jiri Hietanen	Sivujen lukumäärä 22
Avainsanat Tietomalli, rakentaminen, kiinteistö-ala, määrälaskenta	Raportin numero
Tiivistelmä Tämä raportti määrittelee detaljitasolla, miten Senaatti-kiinteistöjen projekteissa tulee hyödyntää rakennuksen tietomalleja määrälaskennassa ja kuvaa ne mahdollisuudet, joita asianmukaisesti laaditut rakennuksen tietomallit tuovat määrälaskentaan, mutta ei ota kantaa siihen, miten itse määrälaskenta tulee suorittaa. Raportti käsittelee ainoastaan määrälaskentaa, ei määrälaskennan tulosten hyödyntämistä esimerkiksi kustannuslaskennassa, elinkaariarvioissa tai aikataulujen laadinnassa.	
Luottamuksellisuus	Julkinen
Espoo 14.9.2007 Allekirjoitukset Arto Kiviniemi Jiri Hietanen Tutkimusprofessori, Tuotekehityspäällikkö, TocoSoft Oy VTT	
VTT:n yhteystiedot VTT, PL1000, 02044 VTT	
Jakelu (asiakkaat ja VTT)	
VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa on sallittu vain VTT:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.	

Sisällysluettelo

1	Senaatin tietomallivaatimusten päätavoitteet	4
2	Johdanto	5
2.1	Tilaaajan motiivi	5
2.2	Määräasiantuntijan motiivi	5
2.3	Suunnittelijan motiivi	6
3	Mallipohjaisen määrälaskennan prosessi	6
3.1	Määrälaskennan liittyminen hankkeeseen	6
3.2	Määrälaskennan liittyminen muihin prosesseihin	7
3.3	Määrälaskennan prosessi	7
3.3.1	Kohteeseen tutustuminen	7
3.3.2	Lähdeaineiston kokoaminen	7
3.3.3	Määrälaskenta	8
3.3.4	Määrien toimittaminen	9
4	Mallien hyödyntäminen määrälaskennassa	9
4.1	Määrälaskennan vaatimukset rakennuksen tietomallille	9
4.1.1	Johdonmukaisuus	9
4.1.2	Objektien tunnistaminen	9
4.1.3	Objektien mittatiedot	10
4.2	Määrälaskennan menetelmät	11
4.2.1	Tunnuslukujen laskenta	11
4.2.2	Tilapohjainen laskenta	11
4.2.3	Rakennusosalaskenta	11
4.2.4	Tarkennettu rakennusosalaskenta	12
4.2.5	Suoritelaskenta	12
4.2.6	Laskenta sijainneittain	12
4.3	Rakennuksen tietomallissa olevan tiedon hyödyntäminen	12
4.3.1	Automaattinen laskenta	13
4.3.2	Määrien johtaminen	13
4.3.3	Mallin täydentäminen	13
4.3.4	Ruutumittaus	13
4.4	Rakennuksen tietomallista tehtävän määrälaskennan laajuus	14
4.4.1	Koko rakennus on mallinnettu samalle tarkkuustasolle	14
4.4.2	Osa rakennuksesta on mallinnettu tarkemmin	14
4.5	Vaihtoehtoiset määrälaskelmat samasta mallista	14
5	Määrälaskenta eritasoisista malleista	14
5.1	Tilaryhmämalli	15
5.1.1	Suunnittelijoiden mallit	15
5.1.2	Hyödyntäminen määrälaskennassa	15
5.2	Tilamalli	15
5.2.1	Suunnittelijoiden mallit	15
5.2.2	Hyödyntäminen määrälaskennassa	15

5.3	Alustava rakennusosamalli	15
5.3.1	Suunnittelijoiden mallit	15
5.3.2	Hyödyntäminen määrälaskennassa	15
5.4	Rakennusosamalli	15
5.4.1	Suunnittelijoiden mallit	15
5.4.2	Hyödyntäminen määrälaskennassa	15
Liite 1:	Arkkitehtiohjelmistojen tyypilliset mallinnustyökalut	16
Liite 2:	Arkkitehtiohjelmistojen objektien tunnistetiedot	19
Liite 3:	Mallipohjaisen määrälaskennan ongelmakohtia	20

1 Senaatin tietomallivaatimusten päätavoitteet

Rakennusprojektien mallinnus ei ole itseisarvo, vaan sen tavoitteena on suunnitelmien kolmiulotteisen tarkastelun avulla tapahtuva laadun ja osapuolten välisen tiedonsiirron parantaminen ja suunnitteluvirheiden vähentäminen sekä suunnitteluprosessin tehostaminen ja tavoitteiden mukaisen lopputuloksen varmistaminen. Mallinnusvaatimus koskee sekä uudisrakentamis- että korjausrakentamiskohteita. Mallien käyttö ja tietosisältö tulevat olemaan suunnittelusopimuksissa sitovia vaatimuksia.

Pakollinen osuus on rajattu lähtötilanteen ja arkkitehtisuunnittelun mallintamiseen ja havainnollistamiseen sekä arkkitehdin mallien pohjalta tehtävään laajuusseurantaan ja investointilaskentaan. Arkkitehtisuunnittelussa mallinnusta käytetään läpi koko prosessin alkaen tilamallipohjaisesta vaihtoehtojen esittämisestä päätyen urakkavaiheen tarjousasiakirjoihin.

Mallinnuksen painopiste on suunnittelun tehostamisessa ja investointipäätöksen tukemisessa vertailemalla erityisesti vaihtoehtojen toimivuutta ja laajuutta sekä mahdollisuuksien mukaan kustannuksia ja elinkaariominaisuuksia.

Kohteiden energiatalous pyritään varmistamaan simuloimalla rakennuksen energiankulutusta ennen oleellisia päätöksiä ja hyödyntämällä näitä tuloksia rakennuksen käytönaikaisen energiankulutuksen seurannassa. Myös rakenne- ja taloteknisten järjestelmien mallintamiseen pyritään mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, mutta näiden mallien vaatimisesta päätetään tapauskohtaisesti.

Mallien käyttöön liittyvä oleellisenä osana laadunvarmistus, jonka keskeisenä tavoitteena on suunnitelmien laadun sekä osapuolien välisen tiedonsiirron parantaminen ja sitä kautta suunnitteluprosessin tehostaminen. Tämä vaatii suunnittelijoiden, projektin johdon ja tilaajan yhteistyötä. Vastuuta laadusta ei kuitenkaan voida siirtää laadunvarmistuksen tehtäväksi, vaan jokaisella osapuolella on vastuu omasta työstään.

”Senaatti-kiinteistöjen tietomallivaatimukset 2007” koostuu kokonaisuudessaan seuraavista dokumenteista:

- Yleinen osuus
- Lähtötilanteen mallinnus
- Arkkitehtisuunnittelu
- Talotekninen suunnittelu
- Rakennesuunnittelu
- Laadunvarmistus ja tietomallien yhdistäminen
- Määrälaskenta
- Mallien käyttö havainnollistamisessa
- Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä

Jokaisen osapuolen on tutustuttava oman alansa vaatimusten lisäksi ainakin yleiseen osuuteen sekä laadunvarmistuksen periaatteisiin. Projektia tai projektin tiedonhallintaa johtavan henkilön on hallittava tietomallivaatimusten periaatteet kokonaisuudessaan.

2 Johdanto

Rakennuksen tietomallien avulla määrälaskentaa on mahdollista tehostaa huomattavasti. Määrien työläs ja virhealtis manuaalinen mittaaminen piirustuksista korvataan määrien tietokoneavusteisella mittaamisella mallista. Laskennan tehostamisen ei kuitenkaan pitäisi olla ainoa tavoite. Tehokkuus antaa mahdollisuudet hyödyntää määrälaskentaa aivan uudella tavalla ja lopullisena tavoitteena pitäisi olla virtaviivaisempi suunnitteluprosessi ja paremmat suunnitteluratkaisut.

Rakennuksen tietomalli ei kuitenkaan ratkaise kaikkia määrälaskentaan liittyviä kysymyksiä eikä mallista voida laskea kaikkia hankkeen määriä. Vaikka tietokoneohjelma pystyy hetkessä hoitamaan suuren osan rutiineista, tarvitaan määräasiantuntijan ammattitaitoa edelleen ainakin lähtömateriaalin arvioinnissa, laskennan kattavuuden varmistamisessa, vaihtoehtojen esille tuomisessa ja tulosten jäsentämisessä.

Tämä dokumentti ei sisällä ohjeistusta sille, miten rakennuksen tietomalleihin perustuva määrälaskenta tulee suorittaa. Dokumentin tavoitteena on antaa lukijalle käsitys siitä, mitä mallipohjaisella määrälaskennalla tarkoitetaan ja minkä tasoisia rakennuksen tietomalleja määrälaskentaan toimitetaan hankkeen eri vaiheissa. Tämän tiedon perusteella on mahdollista suunnitella varsinainen määrälaskenta ja tehdä siihen liittyviä työmääräarvioita.

Tämän dokumentin luvussa 3 käsitellään rakennuksen tietomalleihin perustuvan määrälaskennan prosessi ja sen liittyminen hankkeen muihin prosesseihin. Luvussa 4 käydään yleisellä tasolla läpi eri tavat, joilla rakennuksen tietomallia voidaan yleisellä tasolla hyödyntää määrälaskennassa. Luvussa 5 käsitellään sitä, miten eritasoisia rakennuksen tietomalleja voidaan hyödyntää. Luku 5 liittyy tiiviisti eri suunnittelualojen vaatimukseen, joissa määritellään minkä tasoisia malleja eri suunnittelijoiden tulee tuottaa hankkeen eri vaiheissa.

Tämä dokumentti käsittelee ainoastaan määrien laskentaa rakennuksen tietomallista, ei näin tuotettujen määrien hyödyntämistä esim. investointi- ja elinkaarikustannusten laskennassa, ympäristövaikutusten arvioinnissa, aikataulutuksessa jne.

2.1 Tilaajan motiivi

Hankkeen investointikustannuksia lasketaan määrälaskennan tuottamien määrien perustella. Tilaajan tavoitteena on olla koko ajan tietoinen hankkeen kustannuksista, koska kustannustieto on yksi tärkeä kriteeri tilaajan tehdessä päätöksiä hankkeen etenemisestä, laajuudesta, massoittelusta, materiaaleista jne. Päätöksenteon kannalta on tärkeää, että tieto, johon päätökset perustuvat, on luotettavaa ja saatavilla oikeaan aikaan. Koska tärkeimmät päätökset tehdään hankkeen alussa, on erityisen tärkeää kehittää hankkeen alkuvaiheen kustannustiedon tasoa. Rakennuksen tietomalleihin perustuva prosessi antaa tähän erinomaiset mahdollisuudet. Tavoitteena on siirtyä nykyisestä harvoin, eri vaiheiden lopussa, tapahtuvasta kustannuslaskennasta hankkeen jatkuvaan, reaaliaikaiseen kustannusvalvontaan.

2.2 Määräasiantuntijan motiivi

Tietomalleihin perustuva toiminta muuttaa määrälaskijan työtä merkittävästi; rutiinityö vähenee ja samalla ammattitaidon vaatimus kasvaa. Määrälaskijasta tulee yhä vahvemmin määräasiantuntija. Perinteisessä mielessä työmäärä voi vähentyä dramaattisesti, mutta samalla avautuu uusia mahdollisuuksia.

Siirtyminen mallipohjaiseen määrälaskentaan tarjoaa mahdollisuuden kehittää ja laajentaa määrä- ja kustannuslaskennan liiketoimintaa tilaajaa aikaisempaa paremmin palvelemaan suuntaan.

2.3 Suunnittelijan motiivi

Kustannukset ovat usein käytetty peruste, kun hankkeessa tehdään päätöksiä. Nykyisessä prosessissa kustannuksia lasketaan harvoin ja kustannuslaskennan tuloksia on vaikea havainnollistaa. Kustannustavoitteen ylittyminen huomataan usein vasta, kun suunnittelu on viety pitkälle, korjausten tekeminen on vaikeaa eikä ylityksen syytä aina kyetä edes selkeästi osoittamaan. Tällöin käynnistyy yleensä ns. ”halvennuskierros”, joka on kaikille osapuolille henkisesti rasittava ja johtaa usein kokonaisuutta heikentäviin kompromisseihin.

Tietomalleihin perustuva määrä- ja kustannuslaskenta auttaa hallitsemaan hankkeen kustannuksia ja poistaa hyvin toimiessaan halvennuskierrokset kokonaan. Kustannusten syyt on mahdollista esittää läpinäkyvämmiin, jolloin esimerkiksi teräksen maailmanmarkkinahinnan noususta johtuvan lisäkustannuksen ei voida väittää johtuvan muista kuin runkomateriaalin valintaa koskeneista päätöksistä. Suunnitteluratkaisujen kustannusvaikutuksista päästään puhumaan riittävän aikaisessa vaiheessa, asiapohjalta ja ymmärrettävästi, mikä on myös suunnittelijoiden edun mukaista.

3 Mallipohjaisen määrälaskennan prosessi

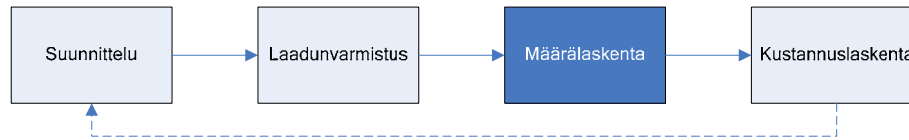
Rakennuksen tietomalleista tehtävän määrälaskennan prosessi eroaa monin osin perinteisestä prosessista. Mutta kuten perinteisessäkin prosessissa, tuotettujen määrien laatu riippuu aina laskennan lähtömateriaalin laadusta ja laskijan ammattitaidosta. ”Mistä tahansa mallista” ei ”kuka tahansa” pysty tuottamaan käyttökelpoista määrätietoa. Seuraavassa on esitetty prosessi, joka luo edellytykset mallipohjaisen määrälaskennan onnistumiselle.

3.1 Määrälaskennan liittyminen hankkeeseen

Mallipohjainen määrälaskenta antaa tehokkuutensa vuoksi mahdollisuuden tehdä laskenta perinteistä useammin ja tutkia enemmän vaihtoehtoja. Siitä, kuinka usein laskenta suoritetaan ja kuinka paljon vaihtoehtoja tutkitaan, päätetään luonnollisesti hankkeen tarpeiden mukaan. Tarjouksen tekemisen ja resurssien varaamisen kannalta määrälaskennan hyödyntämisen periaatteet ja taso hankkeessa on oltava ainakin pääpiirteissään tiedossa riittävän aikaisessa vaiheessa.

On myös syytä selvittää, miten hankkeeseen valitun määrälaskijan käyttämä ohjelmisto kykenee hyödyntämään hankkeessa tuotettuja malleja.

3.2 Määrälaskennan liittyminen muihin prosesseihin



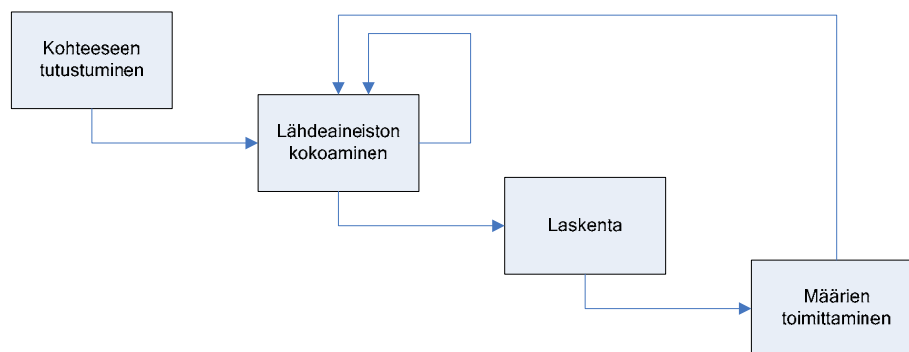
Suunnittelussa syntyy suunnitteluratkaisun dokumentaatio, joka määrälaskennan näkökulmasta sisältää rakennuksen tietomallin, rakennusselostuksen, tietomalliselostuksen ja muuta määrälaskennan kannalta olennaista materiaalia.

Määrälaskentaa varten tuotettavien mallien laadunvarmistuksessa tarkastetaan, että niistä on edellytykset tuottaa luotettavaa määrätietoa.

Määrälaskennassa tuotetaan suunnittelussa syntyneen aineiston perusteella määrätietoa tarkoituksenmukaisella tarkkuudella ja tarkoituksenmukaisessa laajuudessa.

Kustannuslaskennassa tuotetaan määrätietojen perusteella kustannustietoa, jota käytetään päätöksenteon tukena ja palautteena suunnitteluratkaisun kehittämiseen.

3.3 Määrälaskennan prosessi



3.3.1 Kohteeseen tutustuminen

Varsinainen kohteeseen tutustuminen tehdään kerran ennen ensimmäistä laskentaa. Mallin avulla kohteen laajuus ja muut ominaispiirteet on helpompi sisäistää. Mallin lisäksi on syytä tutustua kohteen muuhun materiaaliin, esimerkiksi rakennusselostukseen, sekä keskustella suunnittelijoiden kanssa.

3.3.2 Lähdeaineiston kokoaminen

Ennen jokaista laskentaa on koottava laskennan lähdeaineisto ja varmistuttava siitä, että kaikista aineiston sisältämistä tiedostoista on käytössä oikea versio.

- On selvittävä, käytetäänkö laskennassa yhden vai useamman suunnittelualan malleja. Jos käytetään useamman suunnittelualan malleja, pitää selvittää mitä määriä lasketaan kustakin mallista. Esimerkiksi lasketaanko kantavat rakenteet rakennesuunnittelijan mallista ja ovet sekä ikkunat arkkitehdin mallista.
- On selvittävä, jakautuuko jokin suunnittelualan malli useampaan osamalliin.
- On selvittävä, käytetäänkö laskennassa suunnittelijan alkuperäistä mallia vai siitä tuotettua IFC-mallia.

- Mikäli laskennassa käytetään suunnittelijan alkuperäistä mallia, pitää varmistua siitä, että aineistosta löytyvät kaikki tarvittavat kirjasto-osat ja ulkoiset viitteet ja että malli avautuu ongelmitta laskijan ohjelmistoilla. Ulkoisten viitteiden tiedostopolut voi esimerkiksi joutua päivittämään. Jos malli koostuu useasta tiedostosta, pitää selvittää, mitkä tiedostoista ovat laskennassa käytettäviä päätiedostoja ja mitkä viitetiedostoja.
- On selvitettävä mallista laskettavan määrätiedon kattavuus, siis mitkä nimikkeet ovat laskettavissa mallista ja mitkä on laskettava muilla menetelmillä. Tämän dokumentin viides luku sisältää viitteet eri suunnittelualojen vaatimusten niihin kohtiin, joissa määritellään eritasoisilta malleilta edellytetty kattavuus. Suunnittelijoille asetettujen vaatimusten edellyttämä kattavuus tarkistetaan mallien laadunvarmistuksen yhteydessä.
- On selvitettävä, onko koko malli mallinnettu samalle tarkkuustasolle ja lasketaanko määriä koko mallista vai ainoastaan osasta mallia. Malli saattaa sisältää esimerkiksi määrälaskennan ulkopuolelle jääviä objekteja, kuten arkkitehdin tilojen mitoituksen tutkimiseen käyttämiä kalusteita ja varusteita. Tässä tapauksessa on selvitettävä, voidaanko laskentaan sisällytettävät ja sen ulkopuolelle jäävät objektit tunnistaa, esimerkiksi kuvatasoyhdistelmän avulla. Tietoa mallinnustavasta löytyy mallin tekijän laatimasta tietomalliselostuksesta.
- Rakennusselostuksen osalta on selvitettävä onko se yhtenevä mallissa olevien tietojen kanssa, esimerkiksi onko mallissa ja rakennusselostuksessa käytetty samoja rakennetyyppejä. Rakennusselostukseen pitää viedä kaikki sovitut muutokset, koska ei voida olettaa määräasiantuntijan selvittävän muutoksia esimerkiksi suunnittelukokousten pöytäkirjoista.
- On selvitettävä pääpiirteissään mallien ja rakennusselostuksen muutokset verrattuna edellisiin laskennassa käytettyihin versioihin.

Mallien ja muun materiaalin mahdolliset puutteet selvitetään pääosin laadunvarmistuksessa ja kirjataan mallin tarkastusraporttiin, johon laskijan on syytä tutustua huolellisesti. Lähdeaineiston mahdollisten sisäisten ristiriitojen selvittäminen ja niistä tiedottaminen on pääsuunnittelijan tai muun tilaajan nimeämän henkilön vastuulla. Tiettyjä puutteita voidaan hyväksyä, kunhan ne ovat laskijan tiedossa ennen laskennan aloittamista. Laskija voi lisäksi antaa oman mielipiteensä siitä, onko laskenta aiotussa laajuudessa mielekästä suorittaa toimitetun lähdeaineiston pohjalta. Jos puutteita on liikaa, voidaan harkita laskennan siirtämistä myöhempään ajankohtaan.

Määrälaskennan lähdeaineiston versionhallinta projektissa on suunnittelijoiden ja pääsuunnittelijan vastuulla. Laskijan on voitava luottaa siihen, että toimitettu aineisto sisältää oikeat versiot kaikista tiedostoista. Tämä varmistetaan siten, että kukin suunnittelija vastaa omien tiedostojensa versioinnista ja pääsuunnittelija tai muu tilaajan nimeämä vastuuhenkilö laskentaan lähetettävän tiedostopaketin kokoamisesta, versioinnista ja julkaisusta. Laskijan pitää kuitenkin aina kertoa tilaajan edustajalle, jos epäilee saaneensa väärän version jostain tiedostosta.

3.3.3 Määrälaskenta

Mallipohjainen laskenta suoritetaan siihen soveltuvalla tietokoneohjelmistolla. Käytetyn ohjelmiston ominaisuudet vaikuttavat ratkaisevasti siihen, miten luotettavaa ja tehokasta laskenta on esimerkiksi, kun laskentaan tulee uusi versio mal-

lista tai laskijan tehtävänä on tehdä useita vaihtoehtoisia laskelmia saman mallin pohjalta. Tässä dokumentissa ei oteta kantaa varsinaisen määrälaskennan suorittamiseen eikä mallipohjaiseen laskentaan soveltuviin kaupallisiin ohjelmistoihin.

3.3.4 Määrien toimittaminen

Määrälaskennan lopputuloksena syntyy määräluettelo, joka toimitetaan edelleen kustannuslaskentaan ja muuhun käyttöön tilaajan edellyttämällä tavalla jäsennehtynä. Perinteisesti määräluettelo on ollut ihmisen tulkittavissa oleva listaus määristä, mutta määrät voidaan toimittaa myös tietokoneen tulkittavissa olevassa muodossa, esimerkiksi proXML tiedostona¹. Mallipohjainen laskenta antaa mahdollisuuden havainnollistaa määriä uusilla tavoilla. Mallista voidaan helposti tuottaa määriä havainnollistavia staattisia dokumentteja. Pisimmälle viedyssä prosessissa määrät linkitetään dynaamisesti laskennassa käytettyyn malliin, jolloin määräluettelon kautta voidaan tarpeen mukaan visualisoida määrärivien laskennassa käytetyt mallin objektit.

On tärkeää huomata, että kaikki laskennan tulokset liittyvät määrälaskennassa käytettyyn lähdeaineiston ”tiedostopakettiin”. Kaikki määräluettelot ja niistä edelleen johdetut tiedot on syytä selkeästi liittää tähän pakettiin, koska yksinään tai jonkin muun paketin yhteydessä ne eivät enää tarjoa oikeaa tietoa suunnitelmasta.

4 Mallien hyödyntäminen määrälaskennassa

Tässä luvussa tarkastellaan mallipohjaisen määrälaskennan periaatteita. Tavoitteena on antaa lukijalle kokonaiskuva rakennuksen tietomallien mahdollisuuksista määrälaskennassa. Mahdollisuuksien hyödyntämisen tason hankkeessa määräävät lopulta suunnittelijoiden tuottamat mallit, käytetyt tiedonsiirron menetelmät, laskijan käyttämä ohjelmisto, hankkeen prosessit ja luonnollisesti kaikkien hankkeeseen osallistuvien tahojen ammattitaito.

4.1 Määrälaskennan vaatimukset rakennuksen tietomallille

4.1.1 Johdonmukaisuus

Määrälaskennan näkökulmasta mallin tärkein ominaisuus on johdonmukaisuus; kaikki rakennusosat tulee mallintaa sovitulla tavalla ja käytetty mallinnustapa tulee dokumentoida. Hankaluuksia aiheuttavat tilanteet, joissa sama ratkaisu on mallinnettu eri tavalla saman mallin eri osissa.

Mallissa voi kuitenkin olla osia, jotka on mallinnettu eri tarkkuudella, esimerkiksi kun rakenneratkaisua ”kokeillaan” ensin vain yhdessä rakennuksen siivessä. Suunnittelija kirjaa tällaiset tilanteet tietomalliselostukseen ja määräasiantuntijan on otettava ne huomioon määrien laskennassa.

4.1.2 Objektien tunnistaminen

Objektit pitää tunnistaa määrälaskennan näkökulmasta, esimerkiksi seinien tyyppi pitää tunnistaa, koska määrät lasketaan summaamalla yksittäisten seinien määrät

¹ <http://www.rakennusteollisuus.fi/kehittaminen/kehityshankkeet/maalaskohje>

seinätyypeittäin. Selkein tunnistetieto on rakennetyyppi, mutta tunnistamiseen voidaan käyttää mitä tahansa objektilla olevaa tietoa, kuten seinän korkeutta. Esimerkiksi erikorkuisilla puurakenteisilla seinillä, jotka arkkitehdin näkökulmasta ovat samaa tyyppiä, voi tuotannon näkökulmasta olla erilainen rakenne, jolloin ne ovat määrälaskennan näkökulmasta erityyppisiä.

Liitteessä 2 on lueteltuna arkkitehdin mallinnusohjelmistojen tyyppillisten objektien määrälaskennalle olennaiset tunnistetiedot. Tunnistetieto voi olla erillinen tietokenttä, koodattuna toisen tietokentän sisään tai osa jonkin tietokentän kautta löydettävää määritelmää. Esimerkiksi seinän paloluokka voitaisiin määritellä mallin sisällä tälle tiedolle varatussa tietokentässä tai sisällyttää rakennusselostuksesta löytyvään rakennetyypin määritelmään, jolloin se löytyy mallissa olevan rakennetyypin kautta. Projektissa on sovittava tarkasti jokaiselle rakennusosatyypille miten tyyppitunnisteita käytetään.

4.1.3 Objektien mittatiedot

Määrälaskennan tuoterakenteet on rakennettu siten, että niihin pitää syöttää tietynlainen mitta/määrätieto. Ikkunoita voidaan esimerkiksi laskea neliöinä tai kappaleina, mutta neliöihin perustuvaan tuoterakenteeseen ei saa syöttää ikkunoiden kappalemäärää. Määrälaskennassa käytetään yleisesti seuraavia mittatietoja

- Kappalemäärä
- Pituusmitta
 - Pituus
 - Piiri
 - Korkeus
- Pinta-ala
 - Nettopinta-ala
 - Bruttopinta-ala
 - Monilla objekteilla on erityisiä pinta-aloja, esim. seinän vasemman puolen bruttopinta-ala, tilan alakaton alapuolella olevan seinäpinnan nettopinta-ala jne.
- Tilavuus
 - Nettotilavuus
 - Bruttotilavuus
- Paino

Määrälaskennan kannalta on olennaista, että mallinnuksessa käytetään sellaisia mallinnustyökaluja, joiden avulla pystytään tuottamaan määrälaskennan tarvitsema mittatieto. Tämä vaatimus toteutuu parhaiten, kun jokaisen rakennusosan mallintamiseen käytetään siihen tarkoitettua työkalua, esimerkiksi kun seinät mallinnetaan seinätyökalulla. Jos jonkin rakennuksen osan mallintamiseen on käytetty määrälaskennan kannalta epäyhteensopivaa työkalua, ei kyseisen osan määriä voi laskea automaattisesti. Tällaisia tilanteita voi tulla vastaan, kun suunnittelijan ohjelmistossa ei ole erillistä työkalua mallinnettavalle rakennusosalle, esimerkiksi kun arkkitehtiohjelmistolla mallinnetaan piha-alueiden rakenteita. Liitteessä 1 on listattu arkkitehtiohjelmistojen tyyppilliset mallinnustyökalut ja niillä tuotettujen objektien mittatiedot. Liitteessä 3 on listattu määrälaskennassa tyyppillisesti ilmeneviä ongelmatilanteita.

Hankkeessa käytössä oleva tiedonsiirron toteutus ja määrälaskennassa käytetty ohjelmisto vaikuttavat suuresti laskijan käytettävissä oleviin mittatietoihin ja niiden luotettavuuteen. On myös syytä tiedostaa, että mallin tarkkuustaso määrää

mallista saatavien määrien tarkkuustason. Olisi esimerkiksi epärealistista olettaa, että arkkitehdin alustavasta rakennusosamallista saisi laskettua tarkkoja betonielementtimääriä.

Määrälaskennassa mallista luettu mittatieto syötetään tuoterakenteisiin. Tässä on otettava huomioon, että mallista saadaan kappaleiden todellisia mittoja. Perinteisessä laskennassa taas käytetään mittauksen, esimerkiksi digitoinnin, nopeuttamiseksi usein yksinkertaistettuja mittoja, kuten projektiopinta-alaa todellisen pinta-alan sijasta. Jos tuoterakenteen sisäiset kertoimet ja kaavat on viritetty korjaamaan mittauksen yksinkertaistuksia, on tuoterakenteita syytä kehittää mallipohjaiseen laskentaan sopivaksi.

4.2 Määrälaskennan menetelmät

Määrälaskenta voidaan suorittaa monella eri tarkkuustasolla ja laskennan suurin mahdollinen tarkkuus riippuu aina käytävissä olevan mallin tietosisällöstä. On myös mahdollista käyttää useampaa menetelmää samanaikaisesti, esimerkiksi yhdistää muuten tilapohjaiseen laskentaan julkisivun rakennusosalaskenta. Hankkeen eri vaiheissa tulee käyttää tarkoituksenmukaista määrälaskennan menetelmää tai menetelmien yhdistelmää. Seuraavassa on lueteltu määrälaskennan eri menetelmät niiden tuottamien määrien tarkkuuden mukaan järjestettynä.

4.2.1 Tunnuslukujen laskenta

Mallista lasketaan laajuustietoja kuten rakennuksen tilavuus ja julkisivun pinta-ala. Laajuustietojen perusteella lasketaan tunnuslukuja, esimerkiksi tilavuuden ja julkisivun pinta-alan suhde. Tunnuslukujen perusteella tutkitaan esimerkiksi suunnitteluratkaisun tehokkuutta.

Tunnuslukujen laskentaan tarvitaan vähintään tilaryhmämalli.

4.2.2 Tilapohjainen laskenta

Mallista lasketaan tilaohjelmaan kuuluvien ja tarpeen mukaan myös tilaohjelmaan kuulumattomien tilojen pinta-alat tilatyypeittäin. Laskettuja pinta-aloja voidaan verrata tilaohjelmaan tai laskea niistä kustannukset tilatyypin neliökustannusten perusteella.

Tilapohjaiseen laskentaan tarvitaan vähintään tilamalli

4.2.3 Rakennusosalaskenta

Mallista lasketaan rakennusosien määriä mallissa olevien objektien perusteella, esimerkiksi anturan pituus. Lasketut määrät muodostavat perinteisen rakennusosamääräluettelon ja niitä voidaan hyödyntää määrämuutosten selvittämiseen ja kustannuslaskentaan.

Rakennusosalaskentaan tarvitaan vähintään alustava rakennusosamalli. Alustavassa rakennusosamallissa laskija tekee mallissa olevien alustavien rakennusosatunnusten perusteella oletuksia eri rakennusosien tarkemmasta tyypistä. Rakennusosamallissa tarkemmat tyyppitiedot löytyvät mallista, joten laskija tekee vähemmän oletuksia.

4.2.4 Tarkennettu rakennusosalaskenta

Mallista lasketaan rakennusosien määrä mallissa olevien objektien perusteella, mutta rakennusosien suoritteiden määriä voidaan täsmentää mallissa olevien objektien tiedoilla. Esimerkiksi anturan pituuden lisäksi mallista voidaan ottaa anturan betonoinnin täsmälliset kuutiot suoraan anturaa esittävästä objektista, jolloin betonimäärää ei tarvitse laskea perinteiseen tapaan kaavan avulla. Mallin objektit ovat kuitenkin edelleen rakennusosia, esimerkiksi seinä mallinnetaan yhtenä objektina eikä seinän jokaista rakennekerrosta erikseen.

Mallille asetettavat vaatimukset ovat samat kuin rakennusosalaskennassa.

4.2.5 Suoritelaskenta

Mallista lasketaan suoritteiden määrä mallissa olevien objektien perusteella. Esimerkiksi anturan raudoituksen määrä voidaan johtaa joko anturaa esittävän objektin tilavuudesta (kg/m³) tai laskea mallissa olevista raudoitusobjekteista.

Mallille asetettavat vaatimukset ovat samat kuin rakennusosalaskennassa, mutta suoritelaskentaa käytetään yleensä hankkeen loppuvaiheessa. Suoritelaskentaa käytetään usein rakennesuunnittelijan mallista laskettaessa.

4.2.6 Laskenta sijainneittain

Mallista lasketaan määrät käyttäen jotain edellä luetelluista menetelmistä ja määrät jäsennetään sijainneittain. Usein käytettyjä sijainteja ovat osaprojekti, lohko, kerros, tilaryhmä ja tila. Sijainneittain laskettuja määriä käytetään tyypillisesti hankinnoissa ja rakentamisen aikataulun suunnittelussa.

Mallille asetettavat vaatimukset ovat samat kuin rakennusosalaskennassa, lisäksi pitää mallintaa sijainnit. Rakennusosien liittäminen edellä mainittuihin sijaintiryhmiin voi käytettävästä ohjelmasta riippuen vaatia erilaisia lisätoimenpiteitä, vaikka kaikilla mallin objekteilla onkin geometrinen sijainti mallissa.

4.3 Rakennuksen tietomallissa olevan tiedon hyödyntäminen

Rakennuksen tietomallissa olevaa tietoa voidaan hyödyntää määrälaskennassa monella eri tavalla. Parhaan käytettävissä olevan tavan määräävät tiedonsiirto sekä käytetyn määrälaskentaohjelmiston ominaisuudet. Vaikka suunnittelija tuottaisi käyttökelpoista tietoa, voidaan tietoa menettää tiedonsiirron yhteydessä tai tietoon ei ehkä päästä käsiksi määrälaskentaohjelmiston puutteiden takia. Puutteellinen tai virheellinen mallinnustavan dokumentaatio voi myös heikentää mallien käytettävyyttä. Toisaalta määrälaskentaohjelmisto voi tarjota mahdollisuuden lisätä malliin kokonaan uutta tai tiedonsiirrossa hukattua tietoa. Tämä ei ole suunnittelutyötä, vaan mahdolliset muutokset tehdään yksinomaan määrälaskennan käyttöön.

Mallin hyödyntämisessä on kolme eri päätasoa

1. **Objektimäärät.** Mallista tulostetaan objektit suunnittelijan määrittämillä ominaisuuksilla, esimerkiksi rakennetyypeittäin jäsenneltyinä. Tämä vastaa suunnitteluohjelmistojen perusominaisuutena olevia listauksia tai IFC-tiedostossa olevan tiedon viemistä Exceliin.
2. **Nimikemäärät.** Mallin objektien pohjalta lasketaan määrälaskennan nimikkeiden määriä, esimerkiksi suunnittelijan ”US-1” seinätyypin määrät voidaan osoittaa nimikkeelle ”Sw-ulkoseinäelementti sininen väribetoni-

pinta”. Useasta mallissa olevasta tyypistä voidaan yhdistää yksi nimike tai mallissa olevan yhden tyyppin perusteella voidaan muodostaa useita määrälaskennan nimikkeitä.

3. **Tuoterakennemäärät.** Muuten sama kuin nimikemäärä, mutta tyypillisesti rakennusosaa kuvaavan nimikkeen takaa löytyy tuoterakenne, joka menekkien ja kaavojen avulla laskee suorite- ja panosmäärät nimikkeen määrän perusteella. Tällä tasolla tuotetuista määristä voidaan laskea kustannukset jopa panostasolla, jolloin esimerkiksi hankkeen aikana tapahtuvat materiaalien ja työn hintamuutokset voidaan ottaa helposti huomioon ja niiden vaikutukset analysoida.

Seuraavassa on lueteltu pääpiirteissään eri tavat hyödyntää mallissa olevaa tietoa. Jokaista tapaa voidaan periaatteessa hyödyntää kaikilla edellä luetelluilla kolmella tasolla.

4.3.1 Automaattinen laskenta

Mallin objektit voidaan tunnistaa ja ryhmitellä määrälaskennan näkökulmasta ja niistä saadaan luettua ohjelmallisesti määrälaskennan tarvitsema mittatieto. Tämä vaihtoehto hyödyntää tietomallia parhaalla mahdollisella tavalla. Määrät voidaan laskea nopeasti ja luotettavasti sekä havainnollistaa mallin avulla. Määräasiantuntijan ei tarvitse muuttaa mallia, joten määrien päivittäminen mallin uuden version avulla on tehokasta.

4.3.2 Määrien johtaminen

Mallissa ei ole suoraan määrälaskentaan tarvittua tietoa, mutta tieto voidaan johdattaa mallissa olevista objekteista. Esimerkiksi anturoiden pituus voidaan suhteellisen tarkasti laskea alimman kerroksen kantavien seinien pituuden perusteella. Määrät voidaan laskea nopeasti ja melko luotettavasti, mutta mallista voidaan luonnollisesti havainnollistaa vain ne objektit, joista määrä on johdettu. Edellisen esimerkin anturat voidaan havainnollistaa alimman kerroksen kantavien seinien avulla. Määräasiantuntijan ei tarvitse muuttaa mallia, joten määrien päivittäminen mallin uuden version avulla on tehokasta.

4.3.3 Mallin täydentäminen

Mallissa ei ole suoraan määrälaskennan vaatimaa tietoa, mutta määräasiantuntija voi mallintaa puuttuvan tiedon käyttäen hyväksi mallissa olevia objekteja. Esimerkiksi katto-objektin reunaan voidaan mallintaa räystäs seinätyökalulla. Määrät voidaan laskea melko luotettavasti ja melko nopeasti. Määrät voidaan myös havainnollistaa mallin avulla. Määräasiantuntija muuttaa mallia, joten laskijan saadessa suunnittelijalta uuden version mallista pitää kaikki määräasiantuntijan tekemät muutokset tehdä uudestaan tai kopioida mallin uuteen versioon. Esimerkiksi katon reunalle mallinnettu räystäs ei osaa automaattisesti päivittää pituuttaan katon dimensioiden muuttuessa, vaan pituus on päivitettävä manuaalisesti.

4.3.4 Ruutumittaus

Määrälaskentaohjelmisto ei kykene suoraan hyödyntämään mallissa olevaa tietoa, mutta määrät voidaan mitata manuaalisesti mallissa olevista objekteista. Tämä muistuttaa pitkälti perinteistä digitoinnin prosessia. Määrien laskeminen on hidasta ja epäluotettavaa eikä niitä voi havainnollistaa mallin avulla. Mallin päivityksen jälkeen määrät on laskettava uudestaan.

4.4 Rakennuksen tietomallista tehtävän määrälaskennan laajuus

4.4.1 Koko rakennus on mallinnettu samalle tarkkuustasolle

Kun koko rakennus on mallinnettu samalle tarkkuustasolle, tilanne on selkeä ja koko rakennus voidaan laskea samalla menetelmällä. Toisaalta tässäkin tapauksessa rakennuksen eri osat voidaan laskea eri menetelmillä, esimerkiksi julkisivut rakennusosapohjaisesti ja muut määrät tilapohjaisesti.

4.4.2 Osa rakennuksesta on mallinnettu tarkemmin

Joskus on järkevää mallintaa osa rakennuksesta muita osia tarkemmin tai viedä sovitut muutokset ensin vain osaan mallista. Tällöin määrälaskennassa voidaan käsitellä mallin tarkempaa tai päivitettyä osaa ja käyttää kertoimia koko rakennuksen määrien selvittämiseksi. Esimerkiksi viisikerroksisessa rakennuksessa voitaisiin mallintaa väliseinät aluksi vain yhteen kerrokseen ja käyttää kerrointa 5 väliseinien määrän laskennassa. Samasta mallista voitaisiin kuitenkin laskea rungon määrät normaalisti ilman kertoimia.

Jos tällaista toimintatapaa käytetään hankkeessa, on erittäin tärkeää, että tarkempi mallintaminen tai päivitys tehdään tarkkaan sovitulle ja rajatulle alueelle. Asia pitää myös kirjata selkeästi tietomalliselostukseen, jotta määräasiantuntija osaa hyödyntää mallia oikealla tavalla.

4.5 Vaihtoehtoiset määrälaskelmat samasta mallista

Samasta mallista on mahdollista tehdä useita vaihtoehtoisia määrälaskelmia. Karkean mallin pohjalta voitaisiin esimerkiksi tutkia eri julkisivuratkaisujen (elementti, paikalla muurattu jne.) kustannusvaikutuksia. Tämä tapahtuu yksinkertaisesti yhdistämällä samat, julkisivusta lasketut, määrät erilaisiin tuoterakenteisiin. Näin toimittaessa on otettava huomioon mahdolliset kerrannaisvaikutukset, esimerkiksi julkisivumateriaalin vaikutus perustusten mitoitukseen. Vaihtoehtoisten laskelmien tulokset ja laskennassa käytetyt oletukset pitää dokumentoida ja sitoa laskennan lähdeaineistona käytettyyn tiedostopakettiin.

Kun vaihtoehtojen tutkiminen kuuluu laajempaan kokonaisuuteen, on tärkeää koordinoita tutkitut vaihtoehdot eri alojen välillä.

Esimerkiksi eri julkisivuratkaisujen investointikustannuksia voidaan tutkia määrälaskennan kautta, vaikutusta rakennuksen energiankulutukseen energia-analyysin avulla ja vaikutusta rakennuksen ulkonäköön fotorealisticella visualisoinnilla. Tässä tapauksessa kaikkien analyysien pohjana on käytettävä samaa julkaisupakettia ja pääsuunnittelijan on koordinoitava tutkittavat vaihtoehdot ja eri alojen analyysien tulosten yhdistäminen eri näkökulmien hyödyntämiseksi päätöksenteossa.

5 Määrälaskenta eritasoisista malleista

Tässä luvussa määritellään eritasoisten tietomallien hyödyntäminen määrälaskennassa. Eri suunnittelijoiden mallinnusvaatimuksissa on määriteltynä suunnittelijoilta hankkeen eri vaiheissa edellytettyjen mallien laajuus ”laajennetun Talo2000 nimikkeistön” avulla. Osa nimikkeistä kuuluu pakollisiin tehtäviin jokaisessa projektissa, joidenkin nimikkeiden mallintamisesta päätetään hankekohtaisesti.

Määrälaskennan laajuuteen kuuluvat Talo2000 nimikkeistön talo-osat sekä laajennukset. Talo2000 nimikkeistön laajennukset on listattu yleisohjeessa. Määrälaskenta suoritetaan erikseen eri suunnittelualojen malleista, ei yhdistetystä mallista.

5.1 Tilaryhmämalli

5.1.1 Suunnittelijoiden mallit

- Arkkitehtisuunnittelu – kappale 3.4

5.1.2 Hyödyntäminen määrälaskennassa

- Tunnuslukujen laskenta
- Osassa rakennusta, esimerkiksi julkisivua, voidaan mahdollisesti käyttää rakennusosalaskentaa

5.2 Tilamalli

5.2.1 Suunnittelijoiden mallit

- Arkkitehtisuunnittelu – kappale 3.5

5.2.2 Hyödyntäminen määrälaskennassa

- Tunnuslukujen laskenta
- Tilapohjainen laskenta
- Osassa rakennusta, esimerkiksi julkisivua, voidaan mahdollisesti käyttää rakennusosalaskentaa

5.3 Alustava rakennusosamalli

5.3.1 Suunnittelijoiden mallit

- Arkkitehtisuunnittelu – kappale 3.6
- Rakennesuunnittelu – kappale 6

5.3.2 Hyödyntäminen määrälaskennassa

- Tunnuslukujen laskenta
- Rakennusosalaskenta

5.4 Rakennusosamalli

5.4.1 Suunnittelijoiden mallit

- Arkkitehtisuunnittelu – kappale 3.7
- Rakennesuunnittelu – kappale 7
- Talotekniikkamallit – kappaleet 5 ja 6 (järjestelmämallit)

5.4.2 Hyödyntäminen määrälaskennassa

- Rakennusosalaskenta
- Tarkennettu rakennusosalaskenta
- Suoritelaskenta (rakennesuunnittelijan mallista)

Liite 1: Arkkitehtiohjelmistojen tyypilliset mallinnustyökalut

Arkkitehdin käyttämässä mallinnusohjelmistoissa on erilaisia mallinnustyökaluja. Monissa tapauksissa mallinnustyökalun valinta ja käyttö eivät vaadi erityistä pohdintaa (esimerkiksi seinä mallinnetaan seinätyökalulla), mutta kaikissa rakennuksissa on kohtia, joiden mallintaminen on mietittävä tarkemmin (esimerkiksi miten mallinnetaan piha-alueen reunakiveys). Kaikkiin tilanteisiin ei ole tarjolla erityistä työkalua ja niihin pitää soveltaa jotain tarjolla olevista työkaluista.

Tässä liitteessä listataan arkkitehtisuunnitteluohjelmistojen tyypilliset työkalut sekä eri työkaluilla tuotetuista objekteista saatavat mittatiedot. Työkalut on jaoteltu tietomalli- ja eietomalli työkaluihin. Jälkimmäisen kategorian objektit eivät pääsääntöisesti siirry esimerkiksi IFC-tiedonsiirron mukana. Jos työkalun kuvauksessa on listattu erikoistapauksia, on erikoistapaukset oltava mahdollista tunnistaa määrälaskennan yhteydessä. Mittatietojen saatavuus ja luotettavuus on kaikissa erikoistapauksissa varmistettava erikseen.

Tietomallityökalut

Työkalu	Kuvaus	Mittatiedot
Seinä	Määritellään tyypillisesti selkäviivan avulla. Mahdollista määritellä rakennekerroksia (materiaali ja paksuus). Ohjelmistot siistivät seinäliitokset automaattisesti. Erikoistapauksia ovat kaareva, leikattu, paksuudeltaan vaihteleva, profiililtaan vaihteleva, vino, geometrisia lisäyksiä ja vähennyksiä sisältävä seinä sekä näiden yhdistelmät.	Saadaan kappalemäärä, paksuus, pituus, korkeus (voi vaihdella), oikea ja vasen netto- ja bruttopinta-ala, lattiapinta-ala sekä netto- ja bruttopinta-ala.
Verhoseinä	Rasteri, jonka ruudut voivat olla lasia tai umpinaisia.	Saadaan tyypillisesti kappalemäärä ja kokonaispinta-ala. Tarkempi määrälaskenta on pääsääntöisesti tehtävä manuaalisesti. Verhoseinä voidaan myös mallintaa seinä-, ikkuna- ja ovityökaluilla, jolloin määrälaskenta tehdään näistä objekteista.
Ikkuna	Sijoitetaan seinään. Mahdollista määritellä monipuolisia parametreja, jotka ohjaavat ikkunan geometriaa ja muita ominaisuuksia. Erikoistapauksia ovat erikoisessa seinässä oleva ikkuna (katso seinän erikoistapaukset), kulmaikkuna, useampaan seinään liittyvä ikkuna sekä osittain seinän ulkopuolella oleva ikkuna.	Saadaan kappalemäärä, leveys, korkeus, piiri ja kokonaispinta-ala. Parametreissa olevat tiedot (esim. lasipinta-ala) voi olla mahdollista saada, mutta tämä on tarkastettava tapauskohtaisesti.
Kattoikkuna	Laatassa, kattolaatassa tai katossa sijaitseva ikkuna.	
Ovi	Sijoitetaan seinään. Mahdollista määritellä monipuolisia parametreja, jotka ohjaavat oven geometriaa ja muita ominaisuuksia. Erikoistapauksia ovat erikoisessa seinässä (katso seinän erikoistapaukset) ja osittain seinän ulkopuolella oleva ovi.	Saadaan kappalemäärä, leveys, korkeus, karmin pituus ja kokonaispinta-ala. Parametreissa olevat tiedot (esim. lasipinta-ala) voi olla mahdollista saada, mutta tämä on tarkastettava tapauskohtaisesti.
Aukko	Seinässä sijaitseva aukko. Erikoistapauksia ovat erikoisessa seinässä oleva (katso seinän erikoistapaukset), useampaan seinään liittyvä ja osittain seinän ulkopuolella oleva aukko.	Saadaan kappalemäärä, leveys, korkeus, piiri ja kokonaispinta-ala.
Seinäsyvennys	Seinässä sijaitseva syvennys.	<i>Liittyy tyypillisesti tilaobjektiin kautta tapahtuvaan pintojen laskentaan.</i>

Työkalu	Kuvaus	Mittatiedot
Laatta	Määritellään tyypillisesti piiri avulla, voi sisältää aukkoja. Mahdollista määritellä rakennekerroksia (materiaali ja paksuus). Erikoistapauksia ovat paksuudeltaan vaihteleva, kalteva, geometrisia lisäyksiä ja vähennyksiä (esim. reunan profiili) sisältävä laatta sekä näiden yhdistelmät.	Saadaan kappalemäärä, paksuus, piiri, netto- ja bruttopinta-ala, sivujen pinta-ala (piirin ja aukkojen) sekä netto- ja bruttotilavuus.
Kattolaatta	Määritellään tyypillisesti piirin avulla ja antamalla räystääslinja, kaltevuus. Voi sisältää aukkoja. Mahdollista määritellä rakennekerroksia (materiaali ja paksuus). Erikoistapauksia ovat paksuudeltaan vaihteleva, geometrisia lisäyksiä ja vähennyksiä (esim. reunan profiili) sisältävä kattolaatta sekä näiden yhdistelmät.	Katso laatta. Lisäksi projektioala.
Katto	Tyypillisesti kattolaatoista koostuva kokonaisuus. Määritellään valitsemalla kattotyypin (harja, auma jne.) ja antamalla kattotyypin edellyttämiä tietoja.	Voidaan käyttää lähinnä referenssinä. Enemmän tietoa voidaan saada räjäyttämällä katto kattolaatoiksi (katso kattolaatta).
Pilari	Määritellään tyypillisesti antamalla sijointipiste, profiili ja korkeus. Erikoistapauksia ovat profiililtaan vaihteleva, vino, geometrisia lisäyksiä ja vähennyksiä sisältävä pilari sekä näiden yhdistelmät.	Saadaan kappalemäärä, korkeus, profiilin piiri ja pinta-ala, sivujen pinta-ala ja tilavuus.
Palkki	Määritellään tyypillisesti selkäviivan avulla. Voi sisältää aukkoja. Erikoistapauksia ovat profiililtaan vaihteleva, kalteva, geometrisia lisäyksiä ja vähennyksiä sisältävä palkki sekä näiden yhdistelmät.	Saadaan kappalemäärä, pituus, profiilin piiri ja pinta-ala, sivujen netto- ja bruttopinta-ala, yläpinnan ja alapinnan pinta-alat sekä netto- ja bruttotilavuus.
Porras	Määritellään valitsemalla porrastyyppi (suora, L, kierre jne.) ja antamalla porrastyyppin edellyttämiä tietoja. Voi sisältää välitasanteita ja kaiteita.	Saadaan pääsääntöisesti kappalemäärä. Portaan kaiteiden, tasanteiden, askelmien yms. määriä voidaan saada joissain tilanteissa.
Kaide	Määritellään tyypillisesti selkäviivan avulla.	Saadaan pituus ja korkeus (voi vaihdella)
Tila	Määritellään tyypillisesti piirin avulla, voi sisältää aukkoja, ja antamalla korkeus. Ohjelmat osaavat usein yhdistää tilan sitä ympäröiviin rakenteisiin. Erikoistapauksia ovat monikerroksinen tila, kaarevia pintoja sisältävä tila, korkeudeltaan vaihteleva tila, tila jossa on sisäkatto, sisäkkäiset tilat sekä näiden yhdistelmät.	Saadaan kappalemäärä, piiri, korkeus (voi vaihdella), tilaobjektin sivujen pinta-ala ja tilavuus. Usein tilalla on vain yksi pohjapinta-ala, joka on joko tilaohjelman mukainen tai lattiapinta-ala (materiaalin määrä). Joskus on mahdollista saada tilaa rajaavien seinien ja laattojen netto- ja bruttopinta-alat, seinäsyvennysten pinta-alat, nettopiiri (oviaukot vähennetty), katon ja sisäkaton pinta-ala sekä sisäkaton yläpuolisten ja alapuolisten seinäalueiden pinta-alat.
Parametrinen objekti	Objekti, jonka geometriaa voidaan muokata parametrien avulla. Voi esittää mitä tahansa rakennukseen tai sen suunnitelmaan liittyvää asiaa. Voi sisältää hyvin monipuolista tietoa.	Saadaan kappalemäärä ja kokonaisdimensiot (bounding box). Muuta mittatietoa voi mahdollisesti saada, mutta jokainen objekti on käsiteltävä erikseen ja on tiedon saatavuuden ja luotettavuuden suhteessa arvaamaton.

Ei-tietomallityökalut

Pinta-alaobjekti	Vaakatasossa oleva 2D-objekti, jolle annetaan rasteri tai väri. Määritellään tyypillisesti piirtämällä piiri, voi sisältää aukkoja.	Saadaan kappalemäärä, piiri sekä netto- ja bruttopinta-ala.
Pintaobjekti	Objekti, jolla mallinnetaan 3D-pintoja, voi sisältää aukkoja. Määritellään tyypillisesti antamalla joukko 3D-pistettä rajatun alueen sisällä.	Saadaan kappalemäärä sekä netto- ja bruttopinta-ala.
Massaobjekti	Objekti, jolla mallinnetaan 3D-massoja. Määritellään tyypillisesti yhdistämällä ja vähentämällä perusmassoja, määrittelemällä vapaasti 3D-pisteitä tai räjäyttämällä parametrinen objekti	Saadaan kappalemäärä ja tilavuus.

Liite 2: Arkkitehtiohjelmistojen objektien tunnistetiedot

Mallinnustyökalu	IFC	Rakennetyyppi	Nimi	Yksilöllinen tunniste	Kantava / ei kantava	Luokka (esim. Talo2000)	Materiaalin tyyppi	Pintamateriaali	Paloluokka	Ääneneristys	Tuotantomenetelmä	Materiaalin laatu	Runk rakenne	Karmimateriaali	Avattava / ei avattava	Turvallisuusluokka	Lasi en lukumäärä	Varsinainen ovimateriaali	Helakoodi	Pintabetonin paksuus	Pintabetonin käsittely	Profiili	Palosuojaus	Portaan muoto	Rungon materiaali	Rapun materiaali	Askelman leveys	Portaan korkeus	Kaidetyyppi	Tilatyyppi	Tilan käyttötarkoitus	Tilan nimi	Tilan numero	Lattiapinta	Seinäpinta	Kattopinta	Jalkalista	Kalustetyyppi	Varustetyyppi	Laskijan littera				
Seinä	x	x		x	x	0		0	0	0	x	0																														0		
Verhoseinä		x		x		0		0	0	0			x																														0	
Ikkuna	x	x		x						0				0	0	0	x		x																								0	
Kattoikkuna	x	x		x						0				0	0	0	x		x																								0	
Ovi	x	x		x					0	0				0				x	x																								0	
Aukko	x	x																																									0	
Seinäsyvennys	x	x																																									0	
Laatta	x	x		x		0					x	0								0	0																						0	
Kattolaatta	x	x		x		0					x	0								0	0																						0	
Katto	x	x				0					x	0								0	0																						0	
Pilari	x	x		x		0	x					0											x	x																			0	
Palkki	x	x		x		0	x					0											x	x																			0	
Porras	x	x		x		0																		x	x	0	0	0	0															0
Kaide	x	x				0	x																																					0
Tila	x																																											0
Pinta-alaobjekti				x																																								0
Pintaobjekti				x																																								0
Massaobjekti				x																																								0
Parametrinen objekti	x			x																																								0

x = olennainen, o = hyödyllinen

Materiaalin tyyppi; puu, teräs, betoni yms.

Tuotantomenetelmät; paikalla valettu, elementti yms.

Liite 3: Mallipohjaisen määrälaskennan ongelmakohtia

Tässä liitteessä luetellaan mallipohjaiseen määrälaskentaan liittyviä tyypillisiä ongelmakohtia. Lista ei ole kattava, mutta sen avulla saa käsityksen siitä, minkä tyyppisiin asioihin on syytä kiinnittää huomiota, kun määriä lasketaan suunnittelijoiden tekemistä malleista. Kaikissa tapauksissa minimivaatimus mallille on mahdollisuus erottaa toisistaan laskennan kannalta luotettavat ja epäluotettavat kohdat. Kun ongelmatapaukset on havaittu, ne voidaan selvittää; vain havaitsematta jääneet ongelmat aiheuttavat virheitä laskennan lopputulokseen.

Laskenta usean suunnittelualan malleista

Eri suunnittelualojen malleissa (arkkitehti, rakenne, talotekniikka jne.) on myös oikein toteutettuna päällekkäisyyttä. Arkkitehdin mallista löytyy samoja kantavia rakenteita kuin rakenne-suunnittelijan mallista ja arkkitehdin mallissa on usein mallinnettuna taloteknisten järjestelmien päätelaitteita (lavuaarit, valaisimet jne.). Käytettäessä usean suunnittelualan malleja määrälaskennan lähtötietona on päällekkäisyydet tiedostettava ja päätettävä, mistä mallista määrät lasketaan. Pääsääntöisesti rakennesuunnittelijan ja talotekniikan malleissa on tarkempaa tietoa niihin kuuluvista objekteista kuin arkkitehdin mallissa, jossa kyseiset objektit on esitetty lähinnä tilavarauksina.

Tilojen pinnat

Nykyisissä arkkitehtisuunnitteluohjelmistoissa on usein puutteelliset työkalut tilojen pintojen mallintamiseen, Tilojen pintoja ei pääosin mallinneta erikseen, vaan lasketaan tilaobjektin pinnoista. Aikaisessa suunnitteluvaiheessa tämä tuottaa riittävän tarkkuuden, mutta suunnittelun tarkentuessa etenkin osapinnat tuottavat ongelmia. Suunnitteluohjelmistoissa on myös suuria eroja sen suhteen, miten ne tunnistavat tilaa rajaavat rakennusosat. Esimerkiksi kun kaksi tilaa liittyy suoraan toisiinsa (ei seinää välissä) jotkin ohjelmistot tuottavat tilapinnan myös tilojen välille. Tilojen lattiapintojen laskenta voi myös olla ongelmallista, jos ohjelmisto tarjoaa tilan huonetilaohjelman mukaisen pinta-alan, eikä tilan todellista pinta-alaa.

Katot

Suunnitteluohjelmistot sisältävät työkaluja, joilla monimuotoisia kattoja voidaan mallintaa yhtenä kokonaisuutena. Tämä tarjoaa suunnittelun näkökulmasta ylivoimaiset mahdollisuudet kattomuotojen hallintaan ja muokkaamiseen. Määrälaskennan näkökulmasta tilanne on kuitenkin ongelmallinen, koska katto-objektista ei saada käytännössä mitään määrälaskennan tarvitsemia mittatietoja. Tilanne voidaan osin korjata ”räjäyttämällä” katto erillisiksi katto-laatoiksi. Mutta tällöinkään esimerkiksi räystäiden määrien laskenta ei yleensä onnistu automaattisesti.

Portaat

Kun portaat lasketaan kappalemääränä, nykyiset mallit ovat riittäviä. Ongelmia tuottaa portaiden komponenttien, kuten kaiteiden, tasanteiden, askelmien yms. laskenta.

Verhoseinät

Suunnitteluohjelmistot sisältävät työkaluja, joilla verhoseiniä (kevyt, ei-kantava ulkoseinä, englanniksi curtain wall) voidaan mallintaa kokonaisuutena. Verhoseinän komponenttien laskenta määrälaskennan edellyttämällä tavalla voi kuitenkin olla mahdotonta, koska mallinusuohjelmistot keskittyvät lähinnä verhoseinien geometriaan eivätkä tietosisältöön. Verhoseinän mallintaminen seinä-, ikkuna- ja ovityökaluilla on määrälaskennan kannalta parempi vaihtoehto, mutta suunnittelijalle paljon hankalampaa.

Parametriset objektit

Useimmat suunnitteluohjelmistot antavat käyttäjälle mahdollisuuden kehittää omia objekteja, joiden laajuutta ja sisältöä ohjelmisto ei määrittele tai rajoita. Nämä objektit ovat parametrisiä eli ne sisältävät säätöjä joiden avulla samasta objektista saadaan monta erilaista ilmentymää. Esimerkiksi pöytää esittävässä objektissa voi olla säädöt pöydän pituudelle ja pöydänjalkojen lukumäärälle. Tällöin sama objekti voidaan säätää esittämään 120cm pitkää pöytää neljällä jalalla tai 200cm pitkää pöytää kuudella jalalla. Parametriset objektit voivat esittää myös laajoja kokonaisuuksia, kuten kylpyhuoneita tai jopa kokonaisia rakennuksia. Näiden objektien kehittäminen on suunnittelijoille tuotekehitystä, jonka avulla rakennuksen geometrian ja piirustusten tuottamista ja muutosten hallintaa voidaan tehostaa merkittävästi.

Määrälaskennan kannalta parametriset objektit ovat kuitenkin ongelmallisia usealla tasolla. Yksinkertaistenkin objektien tyyppin tunnistaminen on hankalaa, koska objektin nimi ei kerro sen tarkkaa sisältöä, esimerkiksi pöydän dimensioita tai muita ominaisuuksia. Tarkemmat ominaisuudet löytyvät objektin parametreista, mutta jokainen objekti on rakennettu eri tavalla, esimerkiksi parametrien nimiä ei ole vakioitu. Jokainen objekti on siis tutkittava erikseen määrälaskennan näkökulmasta.

Kun parametrinen objekti on tunnistettu, voidaan laskea objektien, esimerkiksi kalusteiden, kappalemääriä. Usein kappalemäärä ei kuitenkaan ole riittävä, vaan määrätietona on käytettävä esimerkiksi pinta-alaa. Parametriset objektit voi rakentaa siten, että ne pystyvät raportoimaan pituuksia, pinta-aloja, tilavuuksia, painoja jne., mutta näiden tietojen luotettavuus riippuu täysin objektin tekijästä. Jokaisen määrälaskennassa hyödynnetyn mittatiedon luotettavuus on siis tutkittava erikseen.

Määrälaskennan kannalta vaikeimpia tapauksia ovat suuria kokonaisuuksia esittävät parametriset objektit. Esimerkiksi parveketornia esittävästä parametrisestä objektista voi olla jo mahdollonta laskea parvekkeiden osien määriä. Tällöin vaihtoehdoksi jää joko laskea objektin esittämä kokonaisuus käsin tai tehdä kokonaisuutta vastaava tuoterakenne. Mielekkään tuoterakenteen tekeminen voi tosin olla hyvin hankalaa, koska objektilla voi olla paljon erilaisia säätömahdollisuuksia esimerkiksi materiaalien suhteen.

Objektien erikoistapaukset

Rakennusten erikoiset muodot tai ratkaisut ovat usein määrä- ja kustannuslaskennan kannalta olennaisia. Tällaisia ovat esimerkiksi kaarevat, kaltevat sekä erikoisia aukkoja, geometrisia lisäyksiä ja poistoja sisältävät rakennusosat. Suunnitteluohjelmistoilla on usein vaikeuksia tuottaa tällaisissa tapauksissa luotettavia määriä, mutta toisaalta näihin erikoistapauksiin on muutenkin syytä kiinnittää määrälaskennassa erityistä huomiota. Vaikka materiaalien menekki pystyttäisiinkin laskemaan mallista, on lisäksi osattava valita tilanteeseen sopiva tuotantomenetelmä.