

MADASTER-
MATERIAALIPASSIN
TESTAUS
RAKENNUKSISSA
2020

MUOVITIEKARTTA SUOMELLE

Sisällysluettelo

1	Tiivistelmä.....	4
2	Johdanto ja projektin tavoitteet.....	4
2.1	Materiaalipassiin ja rakentamisen tiedonhallintaan liittyvää käynnissä olevaa kehitystä 5	
2.2	Testausprojektin tavoitteet ja materiaalipassi käsitteenä	6
3	Madaster-materiaalipassialustan esittely.....	6
4	Testikohteet ja testauksen kulku.....	8
4.1	Hakaniemenranta 6.....	9
4.1.1	Lähtötiedot	9
4.1.2	Materiaalitiedon vienti IFC-tiedostomuodossa	10
4.1.3	Materiaalitiedon vienti Excel-tiedostomuodossa	12
4.2	Heka Malmi Salavakuja 2 ER.....	17
4.2.1	Pilottihankkeen tavoite, lähtökohdat ja rajaus	17
4.2.2	Pilottihankkeessa käytetyt tuote- ja materiaalitietokannat Madaster -palvelussa.....	19
4.2.3	Hankkeen rakennusosien määrä- ja materiaalitiedot tietomallissa.....	19
5	Testauksessa aikaansaadut materiaalipassit	24
5.1	Materiaalien jäännösarvo.....	26
5.1.1	Materiaalit (Material Groups -tab).....	27
5.1.2	Rakennuksen elinikäkerrokset (Layers of brands tab)	28
5.2	Kiertotalousindikaattori	30
6	Materiaalipassin mahdollisuudet ja ongelmat.....	32

6.1 Nimikkeistöön liittyvä ongelma	33
6.2 Tietomallinnukseen liittyvät ongelmat ja kehitystarpeet	33
6.3 Materiaali- ja tuotetietoon liittyvät puutteet	34
6.4 Taloustiedot materiaaleihin liittyen.....	35
6.5 Materiaalien kierrätys- ja elinkaaritiedot	35
6.6 Kerroksellisten rakennusosien aiheuttamat haasteet	36
6.7 Pohdintaa materiaalipassin hyödyistä, haasteista ja avoimeksi jäävistä kysymyksistä	37
6.8 Tietoa pitäisi pystyä pitämään ajan tasalla ja täydentämään.....	38
6.9 Materiaalipassin käyttötarkoitus puuttuu	38
6.10 Rakennusluvan materiaaliseloste	39
6.11 Materiaalipassin merkitys kiertotalouden kannalta.....	40
7 lähdeluettelo.....	42

1 Tiivistelmä

Suurimmat haasteet testauksessa olivat tietomallien tietosisältöjen sääntelemättömyys, nimikkeistöön liittyvä ongelma, kerroksellisten rakennusosien käsittely tietomalleissa ja alustalla sekä tuote- ja materiaalikirjaston puute.

Jotta alusta olisi hyödyllinen ja toisi kiertotalouden kannalta merkittävämpiä hyötyjä, siihen pitäisi kehittää suomalaisia olosuhteita vastaavat tietosisällöt laskettavien mittarien, kiertotalousindikaattorin ja taloudellisen arvon määrittämiseen.

Testauksessa saatiin konkreettisia esimerkkejä siitä, että rakennuksen osat on esitetty tietomallissa monella eri tavalla ja määrätietoa ei ole yksinkertaista saada kaikista rakennusosista. Erityyppisiin rakenneosiin materiaali- ja tuotetieto tulee liittää eri muodossa.

Testauksen aikana ei saatu selvyttä siihen, kenen käyttöön ja ylläpidettäväksi Madasterin kaltainen järjestelmä on tarkoitettu. Onko se kiinteistön omistajan järjestelmä tai onko se viranomaisen järjestelmä tai jokin julkinen tietopalvelu? Materiaalipassin tai materiaaliselosteen konsepti tulisi määritellä selkeämmin, jotta eri osapuolet pystyisivät arvioimaan suhteensa/roolinsa siihen liittyen.

Materiaalipassille tarvitaan vakioitu tietosisältö ja sen tuottamisen järkevät prosessit on selvitettävä. Suomen yleisten tietomallivaatimusten päivityksen yhteydessä vaatimukseen tulisi tuoda vaatimuksia myös materiaalitietojen osalta.

Kun kaikki tarvittavat kehitysaskleet on saatu tehtyä, materiaalipassin tuottaminen varsinkin uudiskohteille vaikuttaisi melko vaivattomalta. Olemassa olevan rakennuskannan tietojen kerääminen on hankalampi prosessi. Tieto voisi karttua materiaaleista paloittain muutos- ja peruskorjausprojektien myötä. Toisaalta osittaisen tiedon koostaminen yhteen alustalla vaikuttaa testauksen perusteella haastavalta.

Potentiaaliset materiaalipassin hyödyt liittyivät rakennuksen materiaalikoostumuksen ja kiertotalouden mukaisuuden havainnollisempaan käsittelyyn suunnittelun aikana. Uudisrakennuksille tehtävät materiaalipassit tulevat kiertotalousmarkkinoilla kuitenkin apuun vasta pitkän ajan jälkeen.

2 Johdanto ja projektin tavoitteet

Pääministeri Marinin hallitusohjelman tavoitteena on, että Suomi on hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Eräänä keinona tavoitteen saavuttamiseksi hallitusohjelmassa on mainittu neitseellisten raaka-aineiden korvaavien kierrätysraaka-aineiden markkinoiden vahvistaminen kiertotalouden avulla. (Valtioneuvosto, 2019) Suomelle on laadittu myös kansallinen

kiertotalouden strateginen edistämishjelma vuoteen 2035. Sen avulla tavoitellaan muutosta, jolla kiertotaloudesta luodaan talouden uusi perusta. (Ympäristöministeriö, 2021)

Kiertotaloudessa tuotteiksi ja rakennusmateriaaleiksi jalostettuja primääri- ja sekundaari-aineita pidetään käytössä mahdollisimman pitkään tuotannon ja käytön suunnittelulla. Tuotannossa hyödynnetään uusiutuvaa energiaa. (Ellen MacArthur Foundation, 2018; Geissdoefer ym. 2018; Suomen Ympäristökeskus, 2019) Kiertotalouden ja resurssitehokkuuden edistämiseksi rakennusteollisuudessa tarvitaan tietoa rakennusmateriaalien materiaalkoostumuksesta ja materiaalivirroista (esim. primääri- ja sekundaari-aineet, rakennusmateriaalit, jätteet). Jäsennellyn tiedon saatavuus materiaaleista on avain kohti siirtymistä nykyisestä lineaarisesta taloudesta kiertotalouteen. (Heinrich & Lang, 2019a)

2020 ympäristöministeriö käynnisti projektin, jossa testattiin markkinoilla jo tarjolla olevaa niin sanottua Madaster-materiaalipassia, joka on kehitetty Hollannissa rakennustoimialan toimesta. Hollannissa julkinen ja yksityinen sektori on laajasti sitoutunut Madaster-materiaalipassin käyttöönottoon edistämään kiertotaloutta ja luomaan näkyvää arvoa kiinteistöaloudelle. Testaus Suomessa liittyy käynnissä oleviin maankäyttö- ja rakennuslain (MRL) kokonaisuudistukseen, ympäristöministeriön Rakennetun ympäristön tietojärjestelmä RYHTI-hankkeeseen ja muovitiekarttaan. Samalla edistetään rakentamisen kiertotalouden kehitystyötä kiertotalouden strategisen edistämishjelman mukaisesti.

2.1 Materiaalipassiin ja rakentamisen tiedonhallintaan liittyvää käynnissä olevaa kehitystä

Ympäristöministeriö on RYHTI-hankkeen yhteydessä käynnistämässä rakennetun ympäristön tietojen mallinnuksen kehityshanketta, jossa valmistellaan tietomallin tietosisältöjä, tuotetietosisältöjä, materiaalitietosisältöjä ja kokonaisarkkitehtuuria. Samalla käynnissä olevaan MRL kokonaisuudistukseen liittyy muun muassa esitys rakennuksen materiaaliselosteesta. Materiaalipassisovelluksen testaus toimii siten testialustana rakennetun ympäristön tietojärjestelmän kehitystyössä ja MRL-uudistuksessa.

EU-tasolla rakennustuoteasetus on parhaillaan päivitettävänä. Sen muutosten myötä voi tulla nykyistä enemmän tietovaatimuksia rakennustuotteiden ominaisuuksista; nykyisellään vaaditaan CE-merkintä. MRL-uudistukseen sisältyy useita kiertotalouteen ja vähähiilisyteen liittyviä muutosesityksiä. Näitä ovat rakennuksen ilmastaselvitys, rakennuksen materiaaliseloste sekä aiempaa tarkemmat veloitteet raportoida rakennus- ja purkujätteestä. Viimeksi mainittu kytkeytyy EU:n Jätedirektiivin veloitteeseen tehostaa rakennus- ja purkujätteen hyödyntämistä ja ylläpitää jätemäärien seuranta. Purkujätteselvityksen lisäksi Ympäristöministeriö on lanseerannut vapaaehtoisen purkumateriaalien arviointityökalun, purkukartoituksen, jonka käytön edistämiseksi YM on sopinut Raklin kanssa green dealin keväällä 2020. Lisäksi MRL:iin on harkittu teknisen vähimmäiskäyttöiän tavoitteita sekä

rakennuksen muunneltavuuden ja purettavuuden ohjausta. Nämä erityisvaatimukset määritellään kukin omissa erityissääöksissään.

Ympäristöministeriö on tilannut Suomen ympäristökeskukselta kansallisen päästötietokannan, joka tulee sisältämään tiedot tyypillisten rakennustuotteiden hiilijalan- ja -kädenjäljestä, materiaalikoostumuksesta (uusiutuvat, kierrätetyt, haitalliset aineet) sekä skenaarion niiden kierrätyksestä (uudelleenkäyttö, hyödyntäminen materiaalina tai energiana, loppusijoitus).

2.2 Testausprojektin tavoitteet ja materiaalipassi käsitteenä

Materiaalipassia on ehdotettu työkaluksi, joka tarjoaa alustan ja tietokannan rakennusten tuotetiedon tallentamiseen, linkittämiseen ja asiaan liittyvän tiedon tarjoamiseen sidosryhmille. Materiaalipassin tarkoituksena on rakennukseen käytettyjen materiaalien esittämisen lisäksi muodostaa niille jäännösarvo talteenottoa ja uudelleenkäyttöä varten. (Honic, Kovacic, & Rechberger, 2019; Luscuere, 2017)

Materiaalipassia on lähinnä kuvattu ideatasolla ja teoreettisesta näkökulmasta erilaisissa kiertotalouden tutkimus- ja kehityshankkeissa. Käytännön kokemusta materiaalipassista on lähinnä Hollannissa. Projektissa Senaatti-kiinteistöt ja Helsingin kaupungin asuntotuotanto, ATT testasivat materiaalipassin tuottamista yhden oman rakennushankkeensa yhteydessä. Testaus tehtiin vuorovaikutuksessa materiaalipassialustan tuottajan Madaster Services B.V.:n kanssa.

Yksittäisissä pilottitesteissä haettiin vastauksia kolmeen kysymykseen. Nämä ovat:

1. Mitä tietoa materiaalipassi sisältää
2. Miten työlästä materiaalipassin luominen hankkeessa on
3. Mitä ajatuksia ja havaintoja käytännön työn yhteydessä nousee pilottihankkeen aikana.

Yhteisesti testien jälkeen pohditaan vastauksia kolmeen kysymykseen:

4. Mitä toimenpiteitä käyttöönotto vaatii eri osapuolilta
5. Mitä hyötyjä materiaalipassista on eri osapuolille
6. Miten valmis markkina on tällä hetkellä materiaalipassissa vaadittavan tiedon tuottamiseen.

3 Madaster-materiaalipassialustan esittely

Madaster platform-materiaalipassi on selainpohjainen pilvipalvelu, jossa voi tietomallin pohjalta tuottaa rakennuksen materiaalipassin. Madaster-materiaalipassialustalle perustetaan organisaatiokohtainen tili. Tiliin voidaan perustaa yksi tai useampia kansioita,

jotka puolestaan voivat sisältää yhden tai useampia rakennuksia sekä tilikohtaisia rakennustuotteita ja materiaaleja. Jokaiselle rakennukselle muodostuu alustalle viedyistä rakennuksen materiaalitiedoista rakennuksen materiaalipassi. Edellytyksenä on, että tieto on alustalle vietäessä tai alustalla muokattu ja täydennetty halutun tarkkuustason mukaiseksi ja sen luotettavuus on tarkastettu.

Madaster-palvelu tuottaa rakennuksen materiaalipassin yhdistämällä kaksi tietolähdettä.

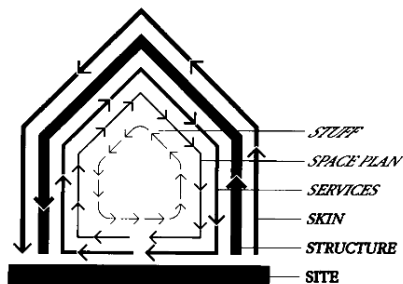
1. Tuote- ja materiaalikirjastot, jotka sisältävät tuotteisiin ja materiaaleihin liittyvät tunnistetiedot sekä materiaalien elinkaaren, ympäristön, kustannusten ja kierrätettävyyden kannalta oleelliset tiedot. Esimerkiksi Madaster-palvelu sisältää tuote- ja materiaalikirjaston, jossa on osin samaa tietoa, kuin Suomen ympäristökeskukselta tilattu kansallinen päästötietokanta, josta materiaalkoostumus- ja kierrätyskenaariotiedot voitaisiin lukea Madaster palveluun rajapinnan kautta. Valmiita kirjastoja täydennetään hankekohtaisilla kirjastoilla tarpeen mukaan.
2. Rakennuksen osat ja niihin liittyvät tunniste, materiaali- ja määrätiedot. Rakennuskohtaiset tiedot rakennuksen osista sekä niiden määrästä ja materiaaleista tuottaa uudishankkeessa suunnitteluryhmä. Korjaus- ja muutoshankkeissa olemassa olevien rakennusten osalta määrä- ja materiaalitieto pohjautuu tyypillisesti vanhoihin suunnitelmiin, olemassa olevaan dokumentaatioon sekä hankkeen aikana tehtäviin mittauksiin ja tutkimuksiin.

Rakennushankkeen rakennusosista tietoa on mahdollista viedä Madaster alustalle kahdella vaihtoehtoisella tavalla: IFC-tiedostomuodossa (avoin tietomallitiedosto) ja xlsx-taulukkomuodossa (Excel-tiedosto).

Alusta toimii kuin katseluohjelma, joka koostaa viedyistä rakennuksen materiaalitiedoista ja niiden määrästä erilaisia rakennusmateriaalien määränäkymiä ja vertailtavia osuuksia. Tiedon tarkkuus ja luotettavuus vaikuttaa suoraan materiaalipassin tarjoaman tiedon hyödyllisyyteen. Madaster ei tee määrälaskentaa vaan määrätiedon esittämistä.

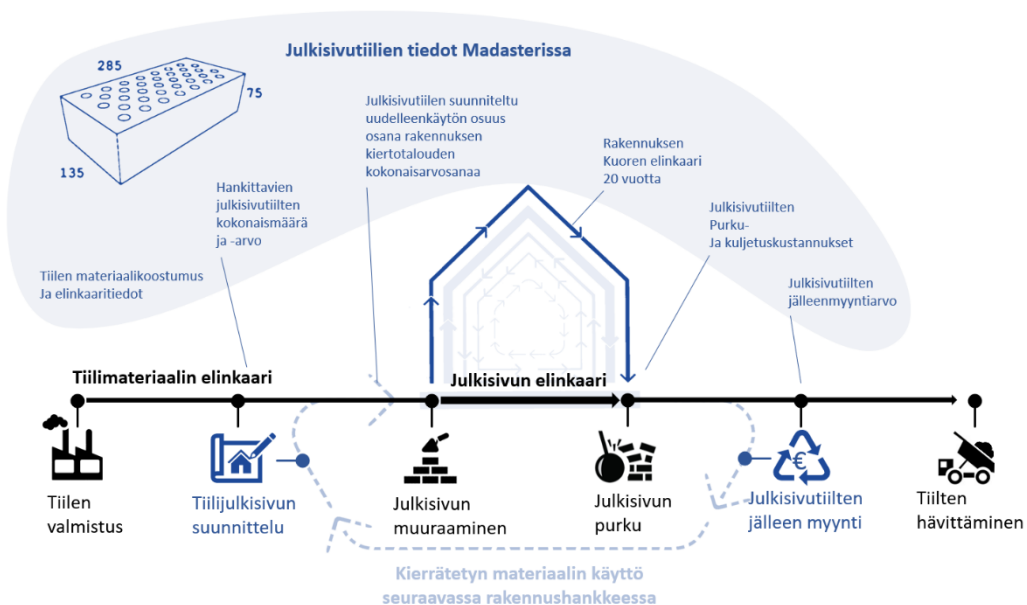
Tämän lisäksi Madaster luokittelee rakennusosat kuuteen eri 'elinikäkerrokseen' (engl. shearing layers of change) niiden erilaisen eliniän ja uusimistahdin mukaan. Tämä perustuu alla esitettyyn (Kuva 1.) Steward Brand (1994) luokitteluun, jossa rakennus jakautuu kuuteen sisäkkäiseen kerrokseen eliniän mukaan.

1. SITE = Tontti – Elinikä ikuinen
2. STRUCTURE = Rakenteelliset osat – *Elinikä 30–300 vuotta*
3. SKIN = Rakennuksen ulkokuori – *Elinikä 20 vuotta*
4. SERVICES = Rakennuksen toiminnalliset osat, kuten talotekniikka – *Elinikä 7–15 vuotta*
5. SPACE PLAN = Rakennuksen tiloja jakavat osat, kuten väliseinät – *Elinikä 3–30 vuotta*
6. STUFF = Irtaimisto – Vaihtuvuus jopa päivittäin tai kuukausittain.



Kuva 1. Steward Brand luokittelee rakennuksen kuuteen sisäkkäiseen kerrokseen, niiden tyypillisen elinkaaren pituuden mukaan. (Illustraatio Donald Ryan).

Tavoitteellisena lopputuloksena jokaisesta rakennuksen osasta tiedetään muun muassa miltä osin sen valmistuksessa on käytetty kierrätettyjä materiaaleja ja miten pitkä osan oma elinkaari on ja mitä sen materiaaleille tapahtuu elinkaaren lopussa. Lisäksi tiedetään mikä on yksittäisen osan elinkaaren pituus osana rakennusta ja mitä osalle tapahtuu, kun sen elinkaari rakennuksen osana päättyy.



Kuva 1. Madaster palvelussa käsitellään rakennushankkeen materiaali- ja määrätietoja niiden elinkaaren näkökulmasta osana rakennushanketta.

4 Testikohteet ja testauksen kulku

Tavoitteena oli tutkia materiaalipassin tuottamista uudishankkeesta sekä korjaus- ja muutoshankkeesta. Senaatti-kiinteistöt ja Helsingin kaupungin asuntotuotanto, ATT suorittivat omia testejiään oman pilottihankkeensa tiedoilla. Lisäksi pidettiin yhteisiä keskustelu- ja tiedonvaihtopalavereja. Tukea saatiin koko prosessin ajan Madasterin edustajilta.

4.1 Hakaniemenranta 6

Senaatti-kiinteistöjen testikohteena oli tilamuutoshanke olemassa olevassa toimistorakennuksessa Helsingin Hakaniemessä. Kohde on ajalleen tyyppillinen betonirakenteinen 70-luvun virastokeskus. Vuosien 2007–2008 aikana kohde kävi läpi täydellisen peruskorjauksen ja ulkonäön uudistuksen. Lisäksi rakennuksessa on tapahtunut sitä ennen ja sen jälkeen useita pienempiä, osaa rakennusta koskeneita muutostöitä.

Tilamuutoshankeessa rakennuksen kolmas, neljäs ja viides kerros muutetaan huonetoimistosta monitilaksi. Hankkeen laajuus on noin 5500 m².



Kuva 3. Havainnekuva Hakaniemenranta 6 kiinteistöstä

4.1.1 Lähtötiedot

Muutoshanke on mallinnettu arkkitehti- ja talotekniikan suunnittelun osalta. Kantaviin rakenteisiin ei kohdistu hankkeessa muutoksia. Tilamuutoshanke on suunniteltu ja mallinnettu suomalaisen tietomallintamisen peruskäytäntöjen mukaan (YTV, 2012).

Hakaniemenranta 6:n kiinteistö on ajantasamallinnettu karkealla tasolla kokonaisuudessaan vuonna 2011. Tällöin kohteesta muodostettiin tietomalli eri ajoilta arkistosta löytyvien piirustusten ja tietomallien pohjalta. Ajantasamallin konsepti on Senaatissa kehitetty pienimmän hyödyllisen minimisisällön periaatteella rajaten toisaalta mallin laatimiseksi tarvittavaa selvitystyötä ja toisaalta tiedon tulevaa jatkuvaa ylläpitotyötä. Tavoitteena on

jatkossa ylläpitää kiinteistön ajantasainen tilannekuva tietomallimuodossa. Ajantasamallin tietosisältö koostuu kohteen geometriasta, tilatiedosta ja seinärakenteiden kantavuustiedosta. Näiden tietojen pohjalta voitaisiin periaatteessa johtaa kohteen ajantasaiset tilatiedot vuokrauksen tilahallintaan ja ylläpidon olosuhdemalliin. Ajantasamalli ei sisällä rakenteiden tai materiaalien tietoja.

Testauksessa materiaalitiedon viemistä ja niiden pohjalta materiaalipassin tuottamista kokeiltiin kahdella menetelmällä: IFC-tiedostomuodossa (avoin tietomallitiedosto) ja Excel-tiedostona. Seuraavissa luvuissa on kuvattu testauksen kulku ja havainnot.

4.1.2 Materiaalitiedon vienti IFC-tiedostomuodossa

Ensimmäisessä testissä Madaster-materiaalipassialustalle tuotiin arkkitehtitietomallista tallennettu IFC-tiedosto. Mallissa objekteille on käytetty Talo 2000 -nimikkeistöä.

Latausvaiheessa määritetään alla olevan kuvan (Kuva 4.) mukaisesti, mitä luokittelujärjestelmää 'classification method' tietomallissa on käytetty ja mitä materiaaliluokitusta 'material classification' käytetään. Lisäksi valitaan mitä materiaalitietokantaa 'selected sources' käytetään linkittämään tietomallin materiaalit valitun materiaalikirjaston materiaaleihin materiaalipassin muodostamiseksi. Madaster sisältää oletusmateriaalikirjaston 'Madaster' ja lisäksi järjestelmään voi itse laatia omia organisaatiokohtaisia sisäisiä kirjastoja.

Testissä käytettiin Madasterin oletusarvoista Madaster-materiaalitietokantaa, koska suomalaista tietokantaa ei ollut käytettävissä. Samoin oli käytettävä OmniClass-luokittelujärjestelmää ja Madasterin oletusmateriaalijakoa.

ADD FILE

File type *
Source file (BIM or Excel) ▼

Are you using Excel? Then use [this template](#).

Classification method *
Omniclass ▼

Material Classification *
Madaster ▼

Select file(s) *
ARK_OPH_HAKA6.ifc (161.6 MB) ✕

Select folder *
Source files ▼

Tags (Press enter or tab to add) ▼

Data sources and priority
Languages for enrichment *
English ▼

Indicate to which sources in the Madaster platform the elements in the file to be uploaded should automatically be linked and in which order this should be done per element. To add or remove a source, select the '+' or 'x' sign at the end of a source name.

Available sources		Selected sources	
Revit	+	Senaatti-kiinteistöt	✕
NMD	+	Madaster	✕
Archicad	+		

CANCEL SAVE

Kuva 4. Lähdetiedoston valinta materiaali- ja tuotetietojen lataamista varten Madasteriin.

Kun järjestelmä on lukenut tiedoston, se ilmoittaa mikä osuus materiaalitiedosta on automaattisesti linkitetty latauksessa valitun tietokannan materiaaleihin ja mikä osuus on linkitettävä materiaaleihin käsin. Alla olevassa kuvassa (Kuva 5.) Madaster on automaattisesti linkittänyt 12 % viedystä tiedosta. Kuvassa näkyy myös esimerkki linkityksessä tapahtuneista virheistä: HEA-teräspalkki on linkitetty TPA-muoviin teräksen sijasta.

Element	Materials	Product / material	Quantity
RFI_Steel_HEA:HEA 180:1805119	Luonnosmateriaali - TPA	TPA Thermoplastic polyamides	1/1
RFI_Steel_HEA:HEA 180:1805157	Luonnosmateriaali - TPA	TPA Thermoplastic polyamides	1/1

Kuva 5. Materiaalitiedon automaattinen linkitys Madasterin materiaalitietokantaan.

Automaattilinkitysten epäonnistuminen johtuu Madasterista puuttuvasta Talo 2000 -nimikkeistön tuesta, suomenkielisen materiaalikirjaston puutteesta ja tietomalleista puuttuvasta IFC-standardin mukaisesta kenttien täydentämisestä. Lisäksi järjestelmän käyttöliittymässä ei ole toistaiseksi suomen kielen tukea.

Rakennusosien linkitys materiaalitietoihin voidaan tehdä alustalla myös käsin. Linkitys on kuitenkin hidasta, koska käsin tehtäviä linkityksiä on hankkeessa (kerrokset kolme, neljä ja viisi) yhteensä 2487 kappaletta. Käsin tehtyjä linkityksiä testattiin teräksen ja betonin osalta. Lopputulokseltaan kattavampi materiaalipassi päätettiin toteuttaa testauksen toisessa vaiheessa menetelmällä, jossa materiaalitieto vietään materiaalipassialustalle xlsx-tiedoston avulla.

4.1.3 Materiaalitiedon vienti Excel-tiedostomuodossa

Toisessa testissä rakennuksen materiaalitiedot tuotiin Madaster-alustalle xlsx-tiedoston avulla. Tiedosto tuotettiin samasta arkkitehtimallista tallennetusta IFC-tiedostosta.

Arkkitehtimallin objektien luokittelu tarkastettiin ja korjattiin Solibri -ohjelmistossa. Luokittelemattomat rakenneosat muokattiin Talo 2000 -luokittelun mukaiseksi. Luokitteluja tehtiin käsin, koska osalle objekteista ei mallinnusvirheestä johtuen automaattisesti löytynyt luokittelutietoa.

ITO-määrälaskentavientiä varten Solibrissa valittiin talteenottoa varten Madasterin tarvitsemia kenttiä, kuten 'tyyppi', 'kerros' ja 'tilavuus'. Määritysten jälkeen IFC-tiedostosta suoritettiin ITO-määrälaskentavienti (engl. information takeoff) xlsx-tiedostoon. Alla olevassa kuvassa (Kuva 6.) on esitetty esimerkki määrälaskentavienti -excelistä, jossa on puutteellista tietoa muun muassa 'Materiaali' kentässä. Siellä HEA-palkin materiaaliksi on merkitty 'Luonnosmateriaali - TPA'. Viedyssä ITO-määrälaskentatiedostossa tietoa muokattiin ja tietojen attribuutteja selvitettiin Madasterin tuontivaatimusten mukaiseksi.

E	F	G	H	I	J	K	L
Tietomallitoimituksen tarkistus - Arkkitehtimalli.cset'-säännöstöä ei ole ladattu.							
Tyyppi	Rakennusosat	Kerrok	Tilavuus	Pinta	Pituus	Lukum	Materiaali
HEA 180	1234 Palkit	3	0,368			85,46	24 Luonnosmateriaali - TPA
HEA 180	1234 Palkit	4	0,011			3,08	6 Luonnosmateriaali - TPA
HEA 180	1234 Palkit	5	0,011			3,08	6 Luonnosmateriaali - TPA
HEB 140	1234 Palkit	3	0,418			100,15	17 Luonnosmateriaali - TPA
USK - 390(150+175+65)	1241 Ulkoseinät	3	58,79	153,7		58,3	6 Luonnosmateriaali - USK 65 mm, Luonnosmateriaali - USK 175 mm, l
USK - 390(150+175+65)	1241 Ulkoseinät	4	58,73	153,56		58,25	6 Luonnosmateriaali - USK 65 mm, Luonnosmateriaali - USK 175 mm, l
USK - 390(150+175+65)	1241 Ulkoseinät	5	58,78	153,69		58,3	6 Luonnosmateriaali - USK 65 mm, Luonnosmateriaali - USK 175 mm, l
USK - 460(220+125+50+10+50+5)	1241 Ulkoseinät	3	202,89	477,16		230,28	9 Luonnosmateriaali - USK 5 mm, Luonnosmateriaali - USK 50 mm, Lu
USK - 460(220+125+50+10+50+5)	1241 Ulkoseinät	4	202,51	476,26		230,32	9 Luonnosmateriaali - USK 5 mm, Luonnosmateriaali - USK 50 mm, Lu
USK - 460(220+125+50+10+50+5)	1241 Ulkoseinät	5	202,87	475,49		230,08	9 Luonnosmateriaali - USK 5 mm, Luonnosmateriaali - USK 50 mm, Lu
02 - VS2 - UUSI	1311 Väliseinät	3	68,67	572,27		298,27	72 M26.11 Kipsikartonkilevyt 13 mm, Metall - teräs, sinkitty 1 mm, M2
02 - VS2 - UUSI	1311 Väliseinät	4	75,2	627,34		325,55	78 M26.11 Kipsikartonkilevyt 13 mm, Metall - teräs, sinkitty 1 mm, M2
02 - VS2 - UUSI	1311 Väliseinät	5	73,06	609,32		316,89	79 M26.11 Kipsikartonkilevyt 13 mm, Metall - teräs, sinkitty 1 mm, M2

Kuva 6. Solibrilla tietomallista tuotettua tietoa.

Tuontia varten xlsx-tiedostoon tehtiin nimikkeistön muunnos mallissa käytetyn Talo 2000 -nimikkeistön ja Madasterin tukeman OmniClass-luokittelun hierarkian ylimmän tason välillä. Materiaalitiedot käännettiin englanniksi.

Omniclass -ylätasoja on kuusi mutta alitasoja jo 643. Luokitus tiedon avulla Madaster sijoittaa objektin luvussa 3 esitetyn mukaisesti tiettyyn elinikäkerrokseen. Alitasojen käyttö parantaisi objektien luokittelun tarkkuutta Madasterin käyttämän elinikäkerroksen mukaisesti. Objekteilla olisi tällöin tarkentavaa tietoa, kuten kantavuus tai esimerkiksi tieto elinikäkerroksen 'services' alla, kuuluuko objekti LVI-järjestelmiin tai sähköjärjestelmiin.

Alustalle sisään lukua varten valmisteltu materiaalitieto siirrettiin Madasterin xlsx-pohjaan. Alla olevassa kuvassa (Kuva 6.) näkyy Madasteria varten täydennetyt tiedot materiaaleista. Siinä HEA-palkin materiaaliksi on korjattu 'steel'. Kuvissa (Kuvat 5. ja 6.) näkyvät seinät (US/USK/VS) sisältävät useita eri materiaaleja ja rakennekerroksia. Ne määritetään vielä erikseen Madasterissa.

Osa hankkeen rakennustuotteista jätettiin viemättä materiaalipassiin, koska niiden sisältämiä materiaaleja tai niiden määriä ei voitu riittävällä tarkkuudella määrittää. Näitä olivat esimerkiksi LB-liittopalkit, väliovet ja tietyt vanhat lasielementtiväliseinät. Talotekniikan järjestelmät rajattiin testin ulkopuolelle toisaalta aikataulun ja toisaalta sen vuoksi, että niiden materiaalmäärät eivät olleet tietomallista saatavissa (ainoastaan lukumäärät).

Material	Classification	Building Layer	Volume (m3)	Area (m2)	Length (m)	Amount	Weight (kg)
steel	21-01 10 10		3	0,084		25,22	5
steel	21-01 10 10		3	0,156		44,75	4
steel	21-01 10 10		3	0,069		15,62	3
steel	21-01 10 10		4	0,069		15,62	3
steel	21-01 10 10		5	0,069		15,62	3
US2 390	21-02 30		3	58,79	153,7	58,3	6
US2 390	21-02 30		4	58,73	153,56	58,25	6
US2 390	21-02 30		5	58,78	153,69	58,3	6
US2 460	21-02 30		3	202,89	477,16	230,28	9
US2 460	21-02 30		4	202,51	476,26	230,32	9
US2 460	21-02 30		5	202,87	475,49	230,08	9
VS2	21-03 10 10		4	75,2	627,34	325,55	78
VS2	21-03 10 10		5	73,06	609,32	316,89	79


Kuva 7. Madasterin sisäänluku-excel

Kerroksellisten rakenneosien käsittely alustalla

Esimerkiksi objekti 'USK - 460(220+125+50+10+50+5)' kantava ulkoseinä tai '02 - VS2 – UUSI' väliseinä koostuvat useista, eri materiaaleja olevista, eri paksuisista rakennekerroksista. Tietomallista näille saadaan vain yksi kokonaistilavuus. Jotta Madasteriin saadaan tieto näiden objektien materiaaleista määrätietoineen, on ne joko oltava mallissa mallinnettuna tiettyjen, Madasterin vaatimien sääntöjen mukaan, kirjattava käsin erillisiksi rakennekerroksiksi omille riveilleen xlsx-tiedostoon tai vaihtoehtoisesti kerrokset voidaan kuvata käsin Madasterissa omina 'product'-tietueina. Tällaisia objekteja tietomallissa ovat muun muassa ala-, väli- ja yläpohjat, ulkoseinät ja väliseinät.

Testauksessa päätettiin perustaa Madasteriin näille rakennusosille 'product'-tietue, johon määritettiin rakennekerrosten materiaalitiedot ja kerrosten osuudet kokonaispaksuudesta. Perustetusta ulkoseinä-tietueesta on esimerkki alla olevassa kuvassa (Kuva 8.). Se sisältää tärkeimpinä asioina rakennekerrosten suhteelliset paksuudet ja materiaalitiedot.

KANTAVA BETONIULKOSEINÄ 460 (US2 2007)

PRODUCT INFORMATION	BILL OF MATERIALS	SEARCH CRITERIA	DOSSIER	FINANCIAL	
ADD 					
Name	Type	Value	Mass	% Recycled	% Rapid Renewables
Air	Material	7%	9.03 kg	0%	0%
Composite stone	Material	4%	80 kg	0%	0%
Concrete	Material	48%	1104 kg	0%	0%
Glass wool	Material	38%	6.46 kg	80%	0%
Gypsum Cardboard Plate	Material	2%	18 kg	15%	0%

Kuva 8. Madaster tietue: Kantava betoniulkoseinä 460

Korjaushankkeen tietojen erityispiirteet

Kun testikohteena on korjattava vanha rakennus, suunnittelun tietomalli sisältää sekä olemassa olevia rakenneosia että uusia rakennusosia. Vanhat rakenteet olivat tässä tapauksessa ajantasamallin objekteja ja uudet hankkeen suunnittelijoiden lisäämiä objekteja. Tällöin mallissa on tietoa eri tavoilla ja tarkkuustasoilla mallinnettuna.

Uudet rakennusosat ovat hankkeen suunnittelijan suunnitteleimia ja niistä saatiin mallista kerättyä ITO-tiedostoon myös materiaalien ja tuotteiden tietoa. Ajantasamallin objektit sen sijaan eivät sisältäneet materiaalitietoja. Uusien rakenteiden tiedot ovat helposti kerättävissä/varmistettavissa myös muusta suunnitteludokumentaatiosta, mutta vanhojen rakenteiden tiedot ovat hajallaan useiden menneisyydessä tehtyjen eri hankkeiden projektipankeissa. Tässä tapauksessa tiedot pääosin löytyivät vuoden 2007 peruskorjauksen

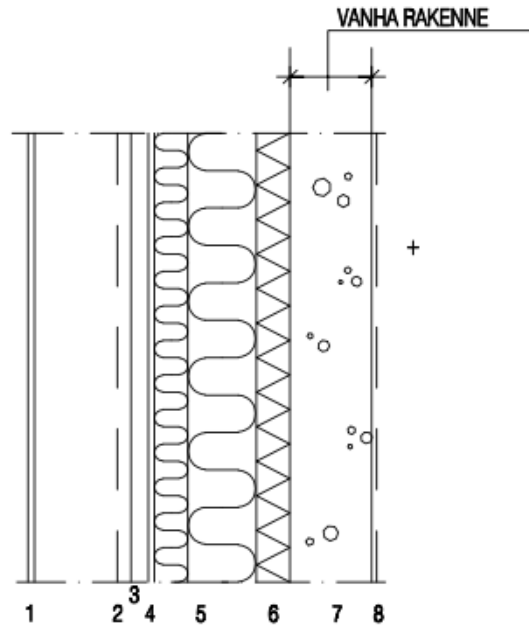
yhteydessä määriteltyinä, koska lähes kaikkia rakennusosia on silloin muutettu. Pahimmillaan edessä voisi olla kymmenien muutoshankkeiden läpikäynti kymmenien vuosien ajalta. Oikeiden rakennustyyppien tunnistaminen ja yhdistäminen mallin rakennetyyppeihin oli melko haastavaa ja aikaa vievää. Seuraavissa kappaleissa on otettu esimerkiksi arkkitehtimallin objektityyppi 'USK - 460(220+125+50+10+50+5)', joka on kantava ulkoseinä, jonka Talo 2000 -luokittelu on '1241 Ulkoseinät'.

Koska kyseiselle ulkoseinälle ei ole arkkitehtimallisissa määritetty todellista materiaalikoostumusta, se joudutaan selvittämään. Ulkoseinää ei löydy edellä mainitulla tietomalliin kirjatulla nimellä käynnissä olevan peruskorjauksen rakennetyyppiin piirustuksista, eikä vuoden 2007 vastaavista piirustuksista. Eri ulkoseinätyyppejä on piirustuksissa yhteensä yksitoista kappaletta. Yksikään niistä ei vaikuta olevan paksuudeltaan piirustuksissa olevan vajavaisen tiedon perusteella 460 mm. Vuoden 2007 rakennepiirustuksissa rakenteiden paksuudet on merkitty vain eristekerroksen ja kipsilevyn osalta.

Selvitysten ja päättelyn jälkeen on ilmeistä, että kyseessä on 2007 rakennetyyppiin piirustuksessa kuvattu 'US2 kantava ulkoseinä, levyverhous'. Kyseinen seinän rakennepiirustus on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 9.). Seinä vaikuttaa kuvan perusteella olevan noin 575 mm paksu. Vuoden 2007 rakennepiirustuksissa kerrospaksuudet eroavat tietomalliin kirjatusta rakennepaksuudesta: esimerkiksi seinän betoninen rakennekerros 'vanha teräsbetoniseinä' on 2007 piirustuksesta mittauksen perusteella 135 mm paksu ja tietomallissa ilmoitettu 220 mm paksuksi. Epäselvää on myös, kuuluuko 'USK - 460(220+125+50+10+50+5)' rakennepaksuuteen ulkoverhouksen silkkipainolasi, joka on esitetty tietomallissa erillisenä objektina, mutta on osa kyseistä kantavaa ulkoseinää vuoden 2007 piirustuksessa. Todennäköisesti ei kuulu, koska se on mallissa erillisenä objektina.

Tämän seinän rakennemateriaalit saadaan 2007 piirustuksista, mutta rakennepaksuudet saadaan tietomallista. Jää epäselväksi, ovatko rakennekerrokset varmasti vastaavat kuin tietomallissa olevat kerrospaksuudet. Kuvassa ilmoitetaan rakennepaksuus vain eristekerrokselle ja kipsilevylle. Tietojen puuttuminen ja epävarmuus hankaloittaa tulkintaa ja heikentää muodostuvan materiaali-passin oikeellisuutta.

KANTAVA ULKOSEINÄ
LEVYVERHOUS



- | | | |
|--------|---|--|
| | 1 | Julkisivulasi ark.pilr. mukaan |
| | 2 | Kiviaineinen rakennuslevy (Esim. STENI) ARK. suunnitelman mukaan |
| | 3 | Tuuletettu ilmarako, kuumasinkityt teräsprofiilit k600 |
| 9 mm | 4 | Tuulensuoja, kipsilevy, GYPROC GTS tai vastaava, pintaluokitus 1/I |
| 170 mm | 5 | Kuumasinkityt termorankaprofiilit k600 + palamaton lämmöneriste, 50+125 mm pehmeää mineraalivillaa |
| | 6 | Palamaton mineraalivillatasaus tarvittaessa |
| | 7 | Vanha teräsbetoniseinä rakennepiirustusten mukaan |
| | 8 | Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan |

Mineraalivillojen normaalin lämmönjohtavuus $n \leq 0.037 \text{ W/mK}$.

Lämmöneristyslevyjen saumat limittäin.

Lämmönläpäisykerroin $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$

Palonkestoluokka: R60, $b \geq 120 \text{ mm}$

Mineraalivillatasaus asennettava tiiviisti betonipintaa vasten

Kuva 9. Kantavan ulkoseinän US02 rakennetyypin kuvaus vuodelta 2007.

Materiaalitiedon ja sen attribuuttien muokkaus ja täydennys vaati tiedon muokkausta xlsx-taulukossa sekä samanaikaista tietomallin tarkastelua Solibrissa, uusien ja vanhojen rakennepiirustusten tutkimista, päättelyä ja vaihtoehtojen poissulkemista. Kun tieto oli muokattu ja täydennetty tavoitellulle tasolle, se siirrettiin Madasterin xlsx-mallipohjaan alustalle tuontia varten ja ladattiin järjestelmään vastaavalla tavalla kuin testissä 1. Testin lopputuloksena syntynyt materiaalipassi on esitelty luvussa 4.

4.2 Heka Malmi Salavakuja 2 ER

Helsingin kaupungin asuntotuotannon testikohteena oli uudishankkeena toteutettava asuinrakennuskortteli Helsingin Malmilla. Korttelissa sijaitsevat kolme olemassa olevaa rakennusta puretaan ja näiden tilalle rakennetaan kolme uutta asuinrakennusta. Hanke on tietomallinnettu arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikan osalta Helsingin kaupungin asuntotuotannon mallinnusohjeiden ja suomalaisen tietomallintamisen peruskäytäntöjen mukaan (YTV, 2012). Pilottihanke on tyypillinen Helsingin kaupungin asuntotuotannon rakennushanke sekä rakennuksen luonteen ja koon osalta, että tietomallitoiminnan osalta.

4.2.1 Pilottihankkeen tavoite, lähtökohdat ja rajaus

Helsingin kaupungin asuntotuotannon pilottihankkeen tavoitteina oli selvittää:

1. Miten hyvin organisaation nykyinen tietomallipohjainen suunnitteluprosessi ja ohjeistus soveltuu Madaster -materiaalipassin luomiseen?
2. Miten paljon resursseja materiaalipassin luomiseen tarvitaan ja miten tarvittavat resurssit jakautuvat hankeorganisaatiossa?
3. Saadaanko hyödylliset, luotettavat ja kattavat tulokset?



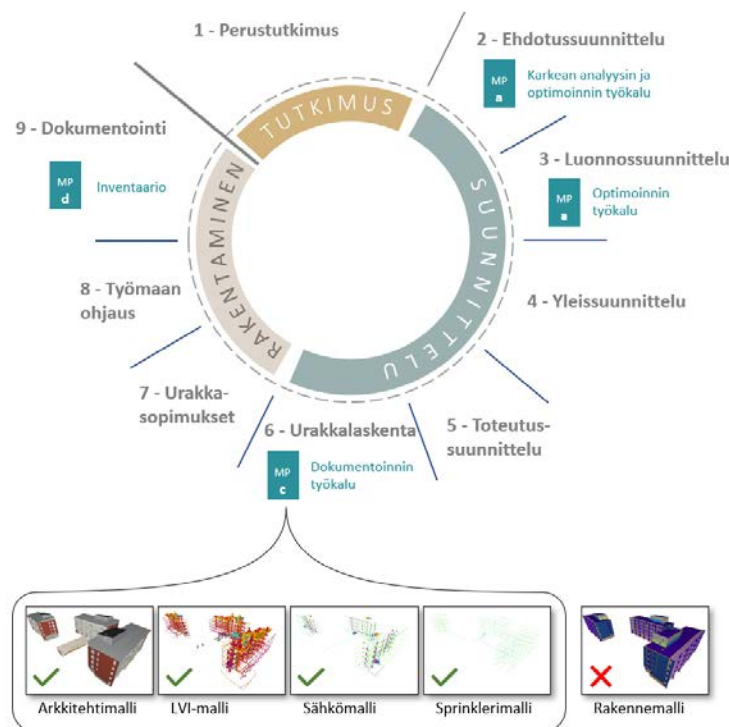
Kuva 10. Madaster palvelun tuottajat esittivät materiaalipassin rajaamista tavoiteltavan tarkkuustason ja käyttötarkoitusten mukaisesti kolmeen eri tasoon. ATT:n hankkeessa pyrittiin pääosin tasoon yksi.

Koska tavoitteena oli ATT:n nykyisten toimintamallien ja erityisesti tietomallintavan suunnittelun soveltuvuuden testaus, rajattiin pilotti seuraavasti:

1. Madasterin ilmoittaman materiaalipassin tarkkuustasoista tavoitellaan tasoa 1. Mikäli materiaalmäärittelyitä ei mallista ole helposti saatavilla, luodaan tason 2 mukaisia tuotteita, joille materiaalit lisätään, mikäli tieto niistä on muista lähteistä helposti saatavilla. (Kuva 11.)
2. Hankkeen tiedoista Madaster -palveluun viedään ainoastaan uudisrakennusten malleista saatavilla olevat tiedot. Tietoja kuitenkin täydennetään muista aineistoista, kuten

rakennetyyppiirustuksissa esitetyin tiedoin tai konsultin arvioin. Täydennys tehdään tapauksissa, joissa mallista on saatavilla vain osittaista tietoa esim. kappalemäärä, juoksumetrit tai tilavuus. Täydennys tehdään vain, jos se onnistuu pienellä työmäärällä ja täydennyksellä voidaan merkittävästi vaikuttaa tulosten tarkkuuteen.

3. Testi tehdään viemällä koko hankkeen tiedot tarkoituksenmukaisessa laajuudessa kerran, kun mallit ovat rakennushankkeen aikataulun mukaisesti riittävän valmiit, eli kun suunnittelijoiden mallit ovat pankitettu urakkalaskentaa varten. Pilotissa ei tavoitella suunnittelua ohjaavaa vaikutusta suunnitteluvaiheessa. (Kuva 12.)
4. Suunnittelu ryhmälle ei aseteta erityisiä vaatimuksia Madasteriin liittyen, vaan Madasteriin liittyvä ja materiaalipassiin tarvittava tietosisältö kootaan hankkeen aikana tuotettavasta aineistosta, joka on tuotettu samoin kuin se hankkeessa toimitettaisiin ilman materiaalipassipilottia.
5. Rakennemalli rajataan pois materiaalipassiaineistosta, koska rakennemallin osat ovat sisäkkäisiä arkkitehtimallin osien kanssa. Rakennemallin tuominen materiaalipassin osaksi olisi vääristänyt lopputulosta, koska päällekkäiset osat olisivat tulleet materiaalipassiin kahteen kertaan.



Kuva 11.: ATT:n pilottihankkeessa materiaalipassi tehtiin osasta urakkalaskentamalleja. Tässä vaiheessa malleista saadaan tarkemmat määrät, mutta materiaalipassilla ei saavuteta hankkeen suunnittelua ohjaavaa vaikutusta. Pohjalla kuva materiaalipassien luomisen käyttötarkoituksista rakennushankkeen eri vaiheissa suomennettu lähteestä (Honic et al, 2019). (Honic et al, 2019).

4.2.2 Pilottihankkeessa käytetyt tuote- ja materiaalitietokannat

Madaster -palvelussa

Materiaalien osalta pilottihankkeessa käytettiin Madaster-palvelun tietokannassa jo olemassa olleita materiaaleja. Tietokannan materiaaleille on pääsääntöisesti määritelty kuutiometripaino, Madaster-materiaaliluokka ja hintatiedot, kuten nimellisarvo kilogrammaa kohti sekä kuljetus- ja käsittelykulut. Materiaalin elinkaaren pituutta ei ole määritelty. Materiaalit on oletusarvoisesti määritelty uusiksi materiaaleiksi ja toimenpiteeksi elinkaaren loppuun on määritelty hävittäminen joko kaatopaikkajätteenä tai polttamalla. Kierrättämistä ei oletuskirjaston materiaaleissa huomioida. Tietokanta todettiin testin tavoitteiden (Kuva 11.) kannalta riittäväksi, eikä uusia materiaaleja luotu lainkaan.

Pilottihankkeeseen soveltuvaa yleistä kansallista tuotetietokantaa tai tuotesatoimittajien laatimaa tuotetietokantaa ei ollut saatavilla. Pilottihankkeessa luotiin hankkeelle oma tuotetietokanta. Tietokannan luomisen tavoitteena oli tutustua tuotetietokannan merkitykseen Madaster-palvelussa osana materiaalipassin luomisprosessia. Tietokantaan lisättiin rakennusosalle tuote, jos rakennusosan materiaalin oleellista määrätietoja ei ollut saatavilla tai rakennusosa oli luonteeltaan useammasta osasta ja materiaalista koostuva kokonaisuus, jonka määrätiedot olivat saatavilla vain kokonaisuuden osalta.

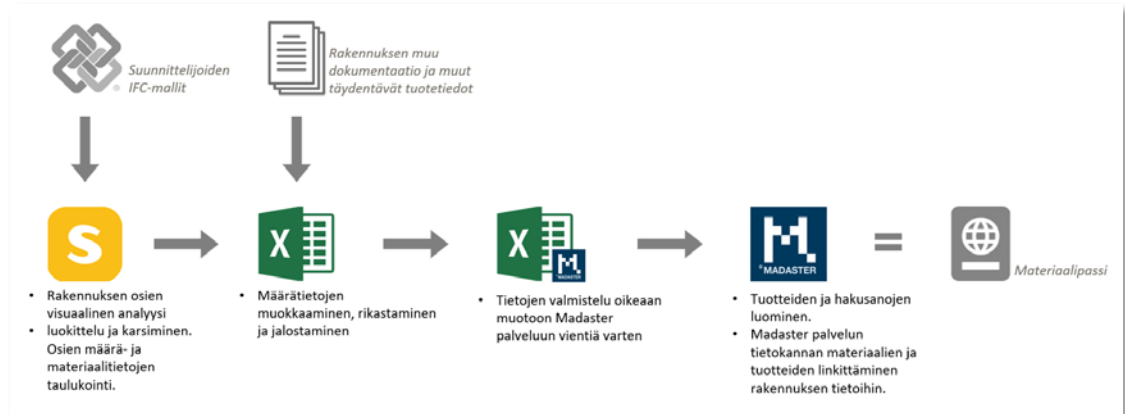
Työmäärä aineiston käsittelyssä ja materiaalipassin luomisessa testikohteessa oli n viikon konsulttityö. Vastaavan tasoinen materiaalipassi pystytään luomaan vastaavanlaisissa tyypillisissä hankkeissa urakkalaskentamalleista vastaavalla työmäärällä, kunhan mallintaminen on tilattu YTV2012 mukaisesti ja mallien vaatimuksen mukaisuus varmistetaan.

4.2.3 Hankkeen rakennusosien määrä- ja materiaalitiedot tietomallissa

Hankkeen ensisijaisena määrä- ja materiaalitietolähteenä käytettiin suunnittelijoiden urakkalaskentavaiheen IFC-malleja. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 eivät kuitenkaan edellytä suunnittelijoilta materiaalitietojen syöttämistä malleihin kattavasti ja yhtenevästi. Mallien rakennus- ja tekniikkaosien määrä- ja materiaalitiedot vaihtelevatkin merkittävästi. Materiaalipassin luomisessa käyttökelpoisimpia materiaalien määrätietoja, kuten tilavuus- ja painotietoja, ei ollut saatavilla merkittävässä osassa rakennus- ja tekniikkaosia.

Osiin vieminen suoraan Madaster palveluun ifc-muodossa olisi myös edellyttänyt, että osiin liittyvät materiaali- ja määrätiedot olisivat ifc:ssä kirjoitettu niille varattuun ifc-standardin mukaiseen ominaisuusjoukkoon standardin mukaisessa muodossa. Näin ei pääsääntöisesti ole, vaan materiaalitieto puuttuu monista mallin osista kokonaan. Silloinkin, kun määrätieto on mallista saatavilla, tiedon sijainti ja muoto vaihtelee suunnitteluohjelmistosta, suunnittelutoimiston käytännöistä ja yksittäisen suunnittelijan tavoista riippuen.

Edellä mainituista syistä pilottihankkeessa valittiin toimintatavaksi tiedon vieminen mallista Madaster -palveluun laskentataulukkomuodossa (Kuva 13.). Tämä mahdollisti tiedon joustavan haun mistä hyvänsä ominaisuusjoukosta ja jalostamisen sopivaan muotoon. Tämä mahdollisti myös joissain tapauksissa tiedon täydentämisen muita lähteitä kuten rakennetyyppejä tai tuotetietoja käyttäen, ennen vientiä Madaster palveluun.

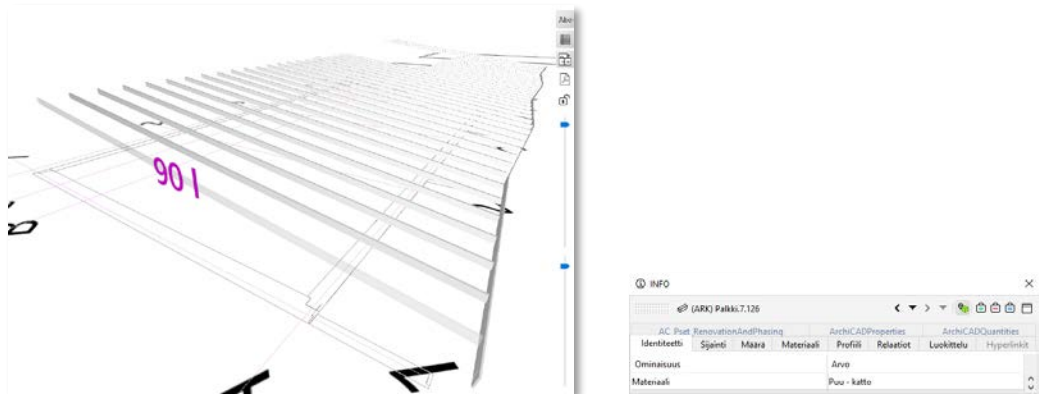


Kuva 12. Hankkeen määrä- ja materiaalitiedot yhdistettiin ja taulukoitiin suunnittelijoiden ifc-tiedostoista mallien tarkastusohjelmistolla ja täydennettiin muista tietolähteistä ja jalostettiin Madaster- palveluun soveltuvaksi taulukkolaskentaohjelmistolla. Madaster palvelussa tiedot linkitettiin elinkaaritiedot sisältävään materiaalitietokantaan.

Rakennus- ja tekniikkaosat jakautuivat lähtötietojen saatavuuden ja käsittelyn osalta karkeasti seuraavanlaisiin ryhmiin:

1. Yksinkertaiset osat:

Osat, jotka olivat materiaaliltaan yksiaineisia ja geometrialtaan yksinkertaisia toimivat materiaalin määrätiedon haun kannalta hyvin. Tällaisten osien materiaalien tilavuus tai massa voitiin lukea suoraan osan ominaisuuksista ja tiedon luotettavuus oli hyvä. Tällaisia olivat esim. suorakaiteen muotoiset palkit ja pilarit: arkkitehtimallissa esimerkiksi puiset kattorakenteen osat. (Kuva 14.)



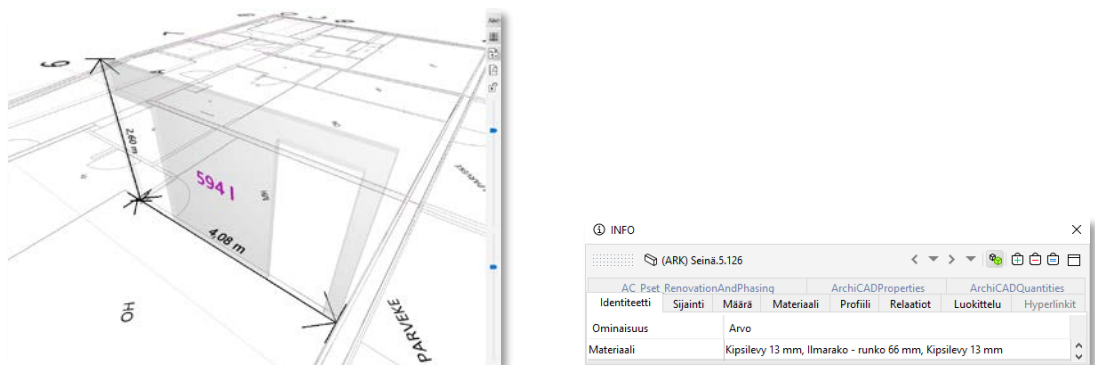
Kuva 13. Kuvan yksinkertaisesta yksiaineisesta kattorakenteen osasta saatiin kappaleen tilavuus ja materiaali suoraan.

Yksinkertaiset osat luettelointiin Solibrissa ja tallennettiin yleiseen .xlsx taulukkomuotoon. Tuotetusta taulukosta siirrettiin määrä- ja materiaalitieto Madaster-taulukkopohjaan sille määrättyyn sarakkeeseen. Muuta muokkausta tiedolle ei tehty. Madaster -palvelussa määrä- ja materiaalitieto linkitettiin manuaalisesti Madaster -tietokannan materiaaliin.

Jotta ifc-mallia olisi näiden osien osalta voinut suoraan hyödyntää Madaster -palvelussa, olisi tieto täytynyt syöttää suunnittelijan mallissa standardin mukaiseen sijaintiin ja tarvittaessa Madaster -palvelun materiaalitietokantaan lisätä hakuehto suomen kielellä.

2. Yksinkertaiset kokoonpanotyyppiset rakennusosat:

Osat, joilla on selkeät geometrialtaan yksinkertaiset aliosat tai rakennekerrokset. Tällaisia ovat esimerkiksi seinät, laatat, alakatot jne.



Kuva 14. Kuvan seinästä saatiin kokonaistilavuus ja eri rakennekerrosten materiaalit pystyttiin lukemaan materiaalikentästä.

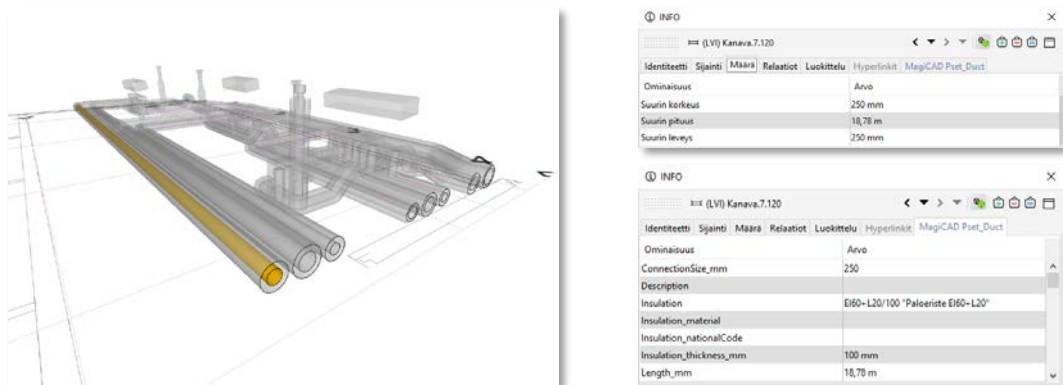
Kokoonpanotyyppiset osat luettelointiin Solibrissa ja tallennettiin yleiseen .xlsx taulukkomuotoon. Tuotetusta taulukosta siirrettiin määrä- ja materiaalitieto Madaster-taulukkopohjaan sille määrättyyn sarakkeeseen. Madaster -palvelussa luotiin hankkeen

omaan materiaali- ja tuotetietokantaan kyseistä kokoonpanotyyppiä vastaava tuote esim. US1, VP1, AK1 jne. Tuotteelle lisättiin hakuehdoksi vastaava tyyppin nimi tai tunniste sekä rakenneerrokset rakennetyypin mukaan manuaalisesti. Tuotteelle lisättiin myös hakukriteeri, jonka avulla Madaster linkitti automaattisesti nämä tuotteet alustalle tuotuun määrätietoon.

Suomalaisessa mallinnustavassa hankekohtaiset kokoonpanotyyppiset osat ovat tavallisia. Madaster -palveluun joutuukin aina lisäämään hankekohtaisia kokoonpanoja varten hankekohtainen tuotekirjasto.

3. Yksinkertaiset reittiosat

Yksinkertaisia reittiosia ovat esimerkiksi talotekniikan putkistojen ja kanavien suorat segmentit. Näistä osista tilavuus- ja painotietoja ei tyypillisesti ole saatavilla suoraan, mutta osista löytyy muuta määrätietoa, joiden perusteella tilavuus tai paino on karkeasti laskettavissa, jos tietoja täydennetään muista tietolähteistä. Materiaalitieto myös usein puuttuu reittiosilta osin tai kokonaan. Esimerkiksi pilottihankkeessa kanavaosilta itse kanavien materiaalitieto puuttui, mutta eristeet oli tyypitetty ja eristeen pintamateriaali ilmoitettu.



Kuva 15. Kuvan suorasta IV-kanavasta saatiin mallista osan pituus, halkaisija sekä eristeen paksuus ja tyyppi.

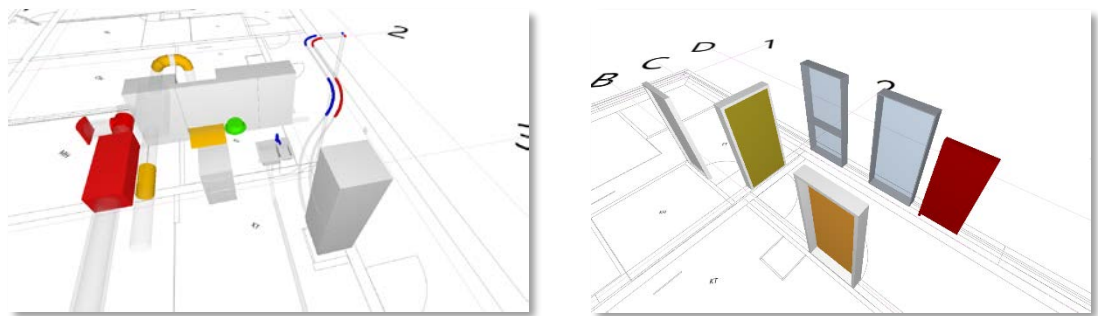
Reittiosien suorat segmentit taulukoitiin. Tiedoista taulukoitiin pituus, halkaisija tai leveys ja eristeen paksuus sekä reittiosan materiaali ja eristeen pintamateriaali, mikäli näitä materiaalitietoja oli saatavilla. Osille laskettiin tilavuus tai paino perustuen mallista saatavilla olevaan määrätietoon, jota täydennettiin tarvittaessa vastaavien osien valmistajien tuotteisiin perustuvien oletuksien ja tietojen avulla. Esimerkiksi kaikille IV-kanaville oletettiin yksinkertaista seinämepaksuudeksi 0,5 mm, jota käytettiin tilavuuden laskemiseen ja tikashyllyille haettiin valmistajan verkkosivuilta materiaali ja hyllyn paino per metri, joita käytettiin hyllysegmentin painon laskennassa. Reittiosien materiaalien määrät perustuvat siis osien oletuksiin, eivätkä sen vuoksi ole yhtä tarkat ja luotettavat, kuin muiden yksinkertaisten osien määrät.

Jotta reittiosat voisi Madaster-palvelussa saada automaattisesti yhdistymään tulisi osissa olla paino tai tilavuustieto ja materiaalitieto oikeassa ominaisuusjoukossa ja Madasterissa

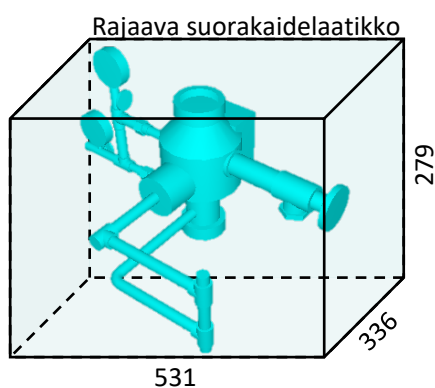
materiaalikirjaston materiaaleihin tulisi olla suomenkielisillä hakuehdoilla täydennetyt materiaalit. Nyt yhdistäminen Madasterin materiaalikirjastoon tehtiin manuaalisesti.

4. Monimuotoiset tuotesosat

Monimuotoisia tuotesosia ovat osat, joiden materiaalilavuuksia tai muita määriä ei ole luotettavasti mallista saatavilla kappalemäärää lukuun ottamatta. Näiden osien geometriasta materiaalien tilavuutta ei myöskään ole helposti laskettavissa. Tuotesosat ovat myös usein kokoonpanoja, jotka koostuvat useammasta monimuotoisesta osasta.



Kuva 16. Tyypillisiä monimuotoisia reittiosia. Näitä olivat mm. talotekniikan laitteet, kanavien liitos- ja kulmakappaleet, venttiilit, pääosa kalusteista ja varusteista, ikkunat ja ovet jne.



INFO	
Venttiili.1.4	
Identiteetti	Sijainti Ilmoitukset Määrä Relatiot Luokittelu Hyperlinkit MagiCAD Pset_Valve
Ominaisuus	Arvo
ProductCode	MHV "FireLock 751"
Productvariable	Märkähälyysventtiili

INFO	
Venttiili.1.4	
Identiteetti	Sijainti Ilmoitukset Määrä Relatiot Luokittelu Hyperlinkit MagiCAD Pset_Valve
Ominaisuus	Arvo
Suurin korkeus	279 mm
Suurin pituus	531 mm
Suurin leveys	336 mm

Kuva 17. Monimuotoisista tuotesosista ei ollut saatavilla luotettavaa materiaali- tai tilavuustietoa.

Monimuotoisista tuotesosista mallissa oli saatavilla tietoa varsin satunnaisesti. Esimerkiksi kuvan sprinklerijärjestelmän osalta materiaalitieto puuttui kokonaan ja ainoa saatavilla oleva määrätieto geometriasta oli kokonaisgeometrian suurin korkeus, pituus ja leveys. Nämäkin kertoivat osaa rajaavan suorakaidelaatikon mitat, eivätkä olleet materiaali-passin kannalta hyödyllistä määrätietoa.

Monimuotoiset tuotesosat taulukoitiin mallista. Taulukkoon vietiin tunnistetieto ja kappalemäärä. Madaster-palvelussa hankekohtaiseen tuote- ja materiaalikirjastoon lisättiin vastaava tuote, mutta tuotteelle ei täytetty materiaali-koostumustietoja. Ilman tietoa

materiaalien massasta tai tilavuudesta näiden osien hyödyllisyys materiaalipassissa rajautuu lähinnä kokonaiskuvan muodostumiseen siitä, että tällaisia osia kohteessa on.

Jotta monimuotoisia tuoteosia voitaisiin täysipainoisesti hyödyntää materiaalipassissa, tulisi Madaster -palveluun luoda tuoteosan valmistajan tietoihin perustuva tuotekirjasto materiaali- ja määrätietoineen sekä hakuehtoineen. Tällöin nykykäytännön mukainen mallinnustarkkuus riittäisi ja osat voitaisiin tunnistaa niiden tyyppitunnukseen, tuotenimeen tai -koodiin perustuen.

5 Testauksessa aikaansaadut materiaalipassit

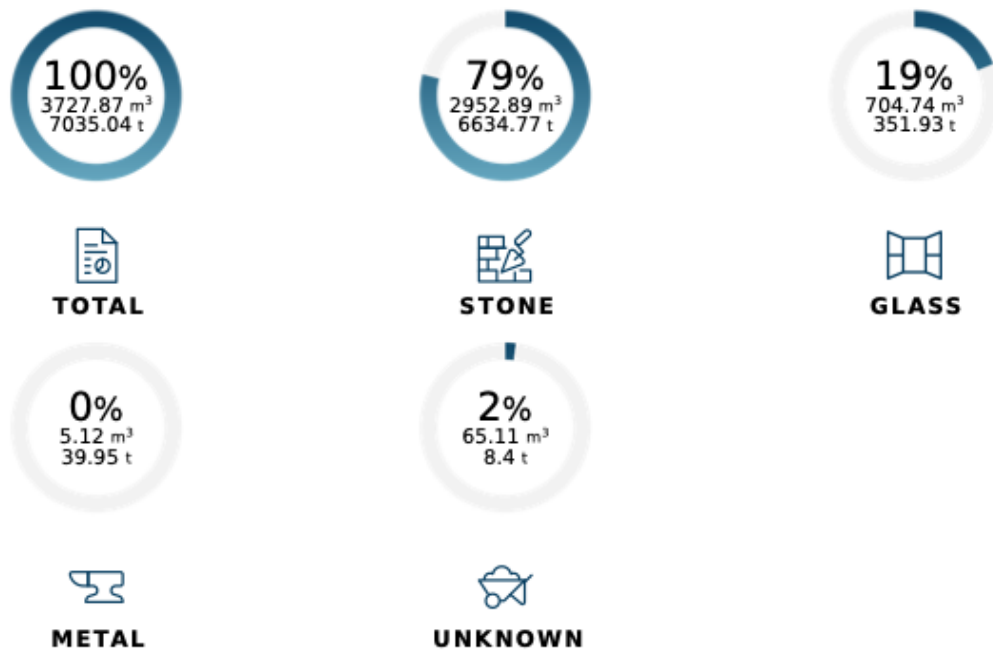
Materiaalipassi esittää hankkeiden materiaalitiedot perustuen ennalta laskettuihin määriin. Madaster esittää materiaalipassin katseluohjelman tapaan koostaen rakennuksen materiaalitiedoista ja niiden määrästä erilaisia rakennusmateriaalien määränäkymiä ja vertailtavia osuuksia. Tässä luvussa esitellään testeissä aikaansaatuja Madaster-materiaalipasseja esimerkein molemmista testikohteista.

Senaatin hanke käsitti rakennuksen kerrokset kolme, neljä ja viisi. Materiaalipassissa on mukana suurin osa arkkitehtimallissa olevista objekteista pois lukien aiemmin mainitut tietyt rakennusosat, koska niiden sisältämiä materiaaleja tai niiden määriä ei voitu riittävällä tarkkuudella määrittää. Talotekniset järjestelmät jätettiin pois materiaalipassista toisaalta ajanpuutteen vuoksi ja toisaalta siksi, että Madaster-alustassa ei tällä hetkellä pysty näistä osista materiaalitietoa hyödyntämään (kuten kerrottu luvussa 3.2.3).

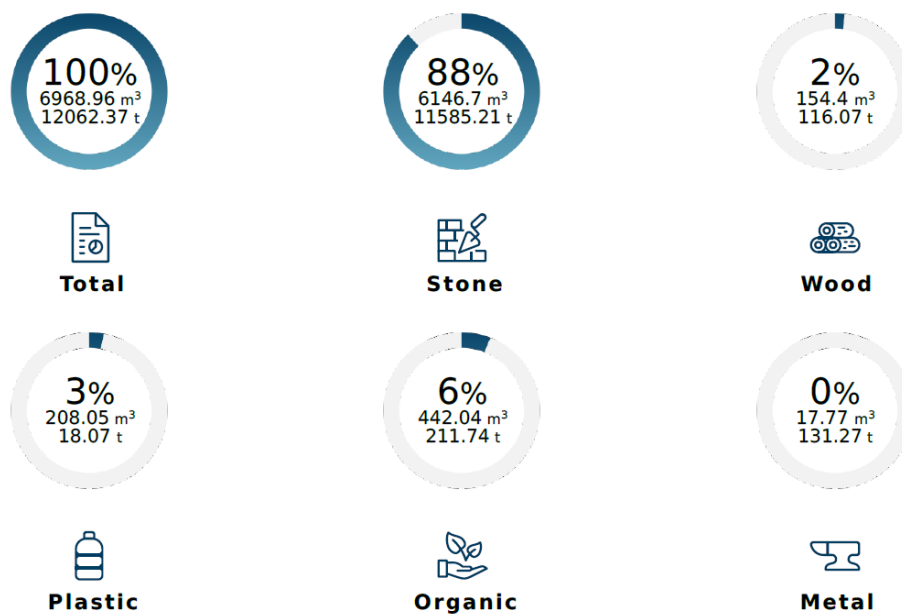
Helsingin hankkeen materiaalipassi sisältää koko rakennuksen kaikki tietomallinnetut rakennusosat luvussa 3.2 esitetyillä tavoilla alustalle vietynä.

Alla olevat kuvat (Kuvat 19. ja 20.) esittävät Madaster-materiaalipassin karkealla tasolla eri materiaaliryhmiin jaoteltuna. Esimerkiksi kiviainesta on Hakaniemenrannan viedyistä materiaaleista 79 prosenttia, vajaa 3000 kuutiota, ja Salavakujan materiaaleista 88 prosenttia, noin 6100 kuutiota. Hakaniemenrannan materiaalipassissa näkyy myös materiaalikategoria 'unknown', joka syntyy seinissä olevia ilmarakoja vastaavasta tyhjästä tilasta, jonka Madaster määrittelee materiaaliksi 'air'. Se on sisällytettävä Madasterin 'products' -tietueisiin (Kuva 8. Madaster tietue Kantava betoniulkoseinä 460), koska tietomallin objektin tilavuus sisältää ulkoseinäelementin sisällä olevan tuuletusvälin tyhjän tilan.

Testauksessa ei luotu materiaalitietokantaa, joka sisältäisi Suomessa käytössä olevia materiaalitietoja vaan käytettiin Madasterin oletustietokantaa. Tästä syystä materiaalien ominaisuustiedot eivät vastaa tarkalleen kohteissa käytettyjä tuotteita tai todellisuutta muutoinkaan. Materiaalien kuutiopainoja ei tarkastettu, mutta huomattiin esimerkiksi, että oletuskirjastossa ilmalle on määritetty kuutiopainoksi 129Kg.



Kuva 18. Materiaalimäärät materiaaliryhmittäin Hakaniemenranta 6:n materiaalipassissa.

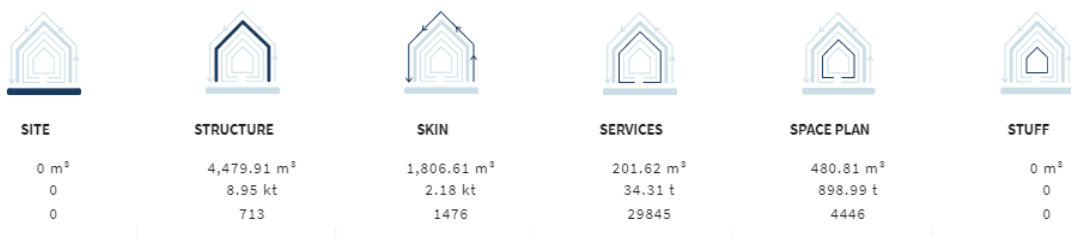


Kuva 19. Materiaalimäärät materiaaliryhmittäin Salavakuja 2:n materiaalipassissa.

Tarkemmalla tasolla materiaalimäärät ovat nähtävissä Steward Brand'in (1994) kuuden elinikäkerroksen mukaan jaoteltuna (Kuvat 1, 21. ja 22.). Alla olevissa kuvissa näkyvät nämä kuusi elinikäkerrosta materiaalimäärineen kummastakin kohteesta.



Kuva 20. Madaster materiaalipassi Hakaniemenranta 6: elinikäkerroksien materiaalmäärät



Kuva 21. Madaster materiaalipassi Salavakuja 2ER: elinikäkerroksien materiaalmäärät

5.1 Materiaalien jäännösarvo

Madasterin talousmoduuli näyttää, mikä on rakennuksen materiaalien jäännösarvo rakennuksen eri elinkaaren vaiheissa. Se visualisoi materiaalien tämänhetkisen arvon, ennustetun jäännösarvon kehittymisen ja arvon rakennuksen purkuhetkellä.

Talousmoduuli on keskeneräinen ja sitä kehitetään. Sen viidestä osiosta kaksi on julkaistu ja käytettävissä alustalla. Käytettävissä olevat osiot ovat 'Materiaalit' (engl. Material Groups) ja 'Rakennuksen elinikäkerrokset' (engl. Layers of brands). Madaster ei ilmoita perustuuko materiaalit –osion jäännösarvo toimiviin jälkimarkkinoihin vai arvioon siitä, mitä materiaaleista voitaisiin maksaa. Jäännösarvosta on vähennetty Alankomaissa materiaalien käsittelystä paikallisesti syntyvät kustannukset, kuten purku- ja logistiikkakustannukset. Keskeneräisyyden takia talousmoduulia ei ole järkevää arvioida, eivätkä saadut arvot ole luotettavia. Tässä luvussa talousmoduulin toiminnallisuus on kuitenkin esitetty.

Eri rakennuskerrosten jäännösarvo eri toiminnallisen käyttöiän arvoilla lasketaan nettonykyarvona tämän päivän tasoon Steward Brand:in elinikäkerroksittain. Tämä tarkoittaa, että jäännösarvo on materiaalien odotetun käyttöiän perusteella laskettu nettonykyarvo. Materiaalien käyttöikä vaihtelee rakennuksen elinikäkerroksen mukaan. Jos oletettaisiin, että rakennusta ei esimerkiksi peruskorjata käyttövaiheen aikana, rakennuksen nettonykyarvo määräytyy rakennuksen elinkaaren päättymishetkestä. Tätä nettonykyarvo laskentaa tuleville vuosille voidaan tarkastella talousmoduulin materiaaliryhmät-välilehden kautta. Tältä välilehdeltä löytyy rakennuksen materiaalien nykyinen arvo.

5.1.1 Materiaalit (Material Groups -tab)

Madasterin esittämä materiaalien jäännösarvo perustuu Alankomaiden materiaaliipörssien hintoihin, jos hintatieto on saatavilla. Materiaalien tietyn vuoden arvo on inflaatiokorjattu ja jos materiaali on arvostettu eri valuutassa, se huomioidaan arvostuksessa.

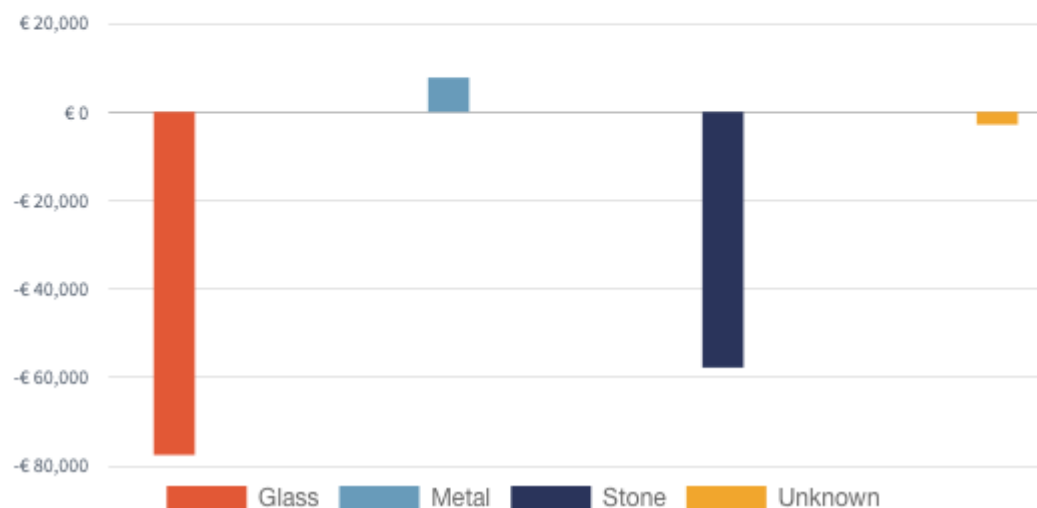
Tämän jälkeen materiaalien arvon määrittämiseksi hintatieto on korjattu huomioiden purkukustannukset, raaka-ainevirran määrä ja logistiikkakustannukset. Purkukustannusten laskemisessa käytetään Alankomaista rakennusalan BDB-indeksin hintadataa viimeisiltä 18 vuodelta. Käsittelykustannukset ovat materiaaliin riippuvaisia ja ne on määritetty haastattelujen ja tutkimustyön perusteella. Logistiikkakustannukset perustuvat kustannuksiin, jotka arvioidaan syntyvän Alankomaissa: rahtietäisyys materiaalien prosessointikeskukseen 150 km. Rahtietäisyys on keskimääräinen kuljetusmatka muille kuin kivelle (20 km) ja puulle (40 km).

Alla olevissa kuvissa (Kuvat 23. ja 24.) on testihankkeiden rakennusten materiaalien nykyarvo. Kuvista nähdään, että materiaalien arvo on toisen hankkeen tapauksessa negatiivinen ja toisessa positiivinen. Tämä saattaa liittyä sekä rakennusten eri materiaali koostumukseen että moduulin keskeneräisyyteen. Vertailussa kuitenkin huomataan, että kohteessa Hakaniemenranta 6 on käytetty runsaasti lasia julkisivumateriaalina. Se ja rakennuksen betonirakenteet vievät arvon negatiiviseksi. Salavakujan tapauksessa betonirakenteiden arvo on jostain syystä positiivinen. Salavakujan materiaali passi ei sisällä lasia, jonka negatiivinen vaikutus arvoon on suuri Hakaniemenranta 6 tapauksessa. Lisäksi Salavakujan materiaali passi sisältää noin kolme kertaa enemmän metallia, jonka jäännösarvo on positiivinen.

MATERIAL GROUPS

 -€ 130,464.18

Current value

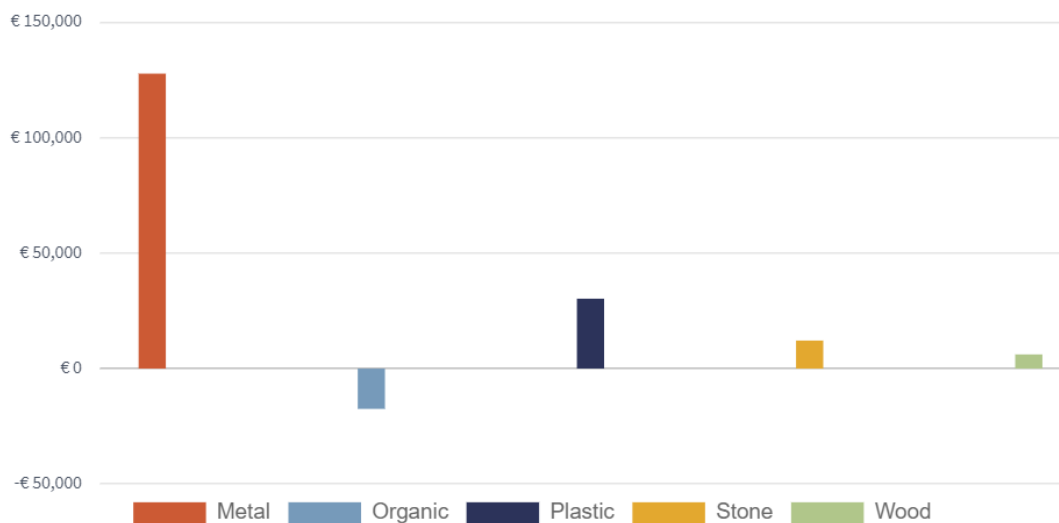


Kuva 22. Rakennuksen materiaalien nykyarvo, Hakaniemenranta 6

MATERIAL GROUPS

€ 158,836.33

Current value



Kuva 23. Rakennuksen materiaalien nykyarvo, Salavakuja 2

5.1.2 Rakennuksen elinikäkerrokset (Layers of brands tab)

Eri rakennekerroksilla on toiminnallinen käyttöikä, jonka Madaster on oletusarvoisesti määritellyt, tai se voidaan määrittää myös rakennuskohtaisesti General tab -osiossa. Rakennuksen elinikäkerros -osiossa materiaalien arvo on määritetty niiden elinkaaren loppuajankohdan mukaan.

Materiaalit on jaotettu siten tietyn vuoden mukaan. Arvo 't = käyttöiän loppu' on muunnettu takaisin nykyiseen nettoarvoon 't = 0' diskonttauskoron avulla. Rakennuksen eri elinikäkerrosten nettonykyarvojen (NPV) summa on rakennuksen nettonykyarvo.

Materiaalin tietyn vuoden arvioitu arvo perustuu materiaalin arvon trendiin. Trendi lasketaan materiaaliipörssien hintadatan perusteella. Materiaalien hinnannousu korjataan ensin kyseisen vuoden inflaatiolla ja vastaavasti vaihtokurssilla, jos hyödyke on arvostettu eri valuutassa.

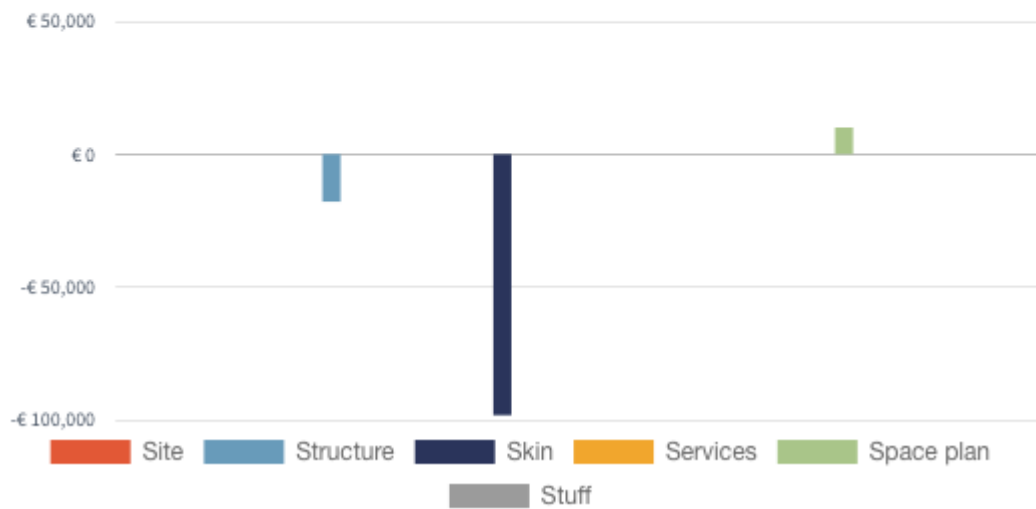
Alla olevissa kuvissa (Kuvat 25. ja 26.) esitetään materiaalien arvo rakennuksen elinkaaren lopussa. Rakennusten purkuhetken elinikäkerrosten nettonykyarvossa toistuu sama ilmiö kuin

materiaalien nykyarvon kohdalla. Hakaniemenranta 6 arvo on negatiivinen ja Salavakuja 2 arvo on positiivinen.

LAYERS OF BRAND

 -€ 106,106.81

NPV value end of life

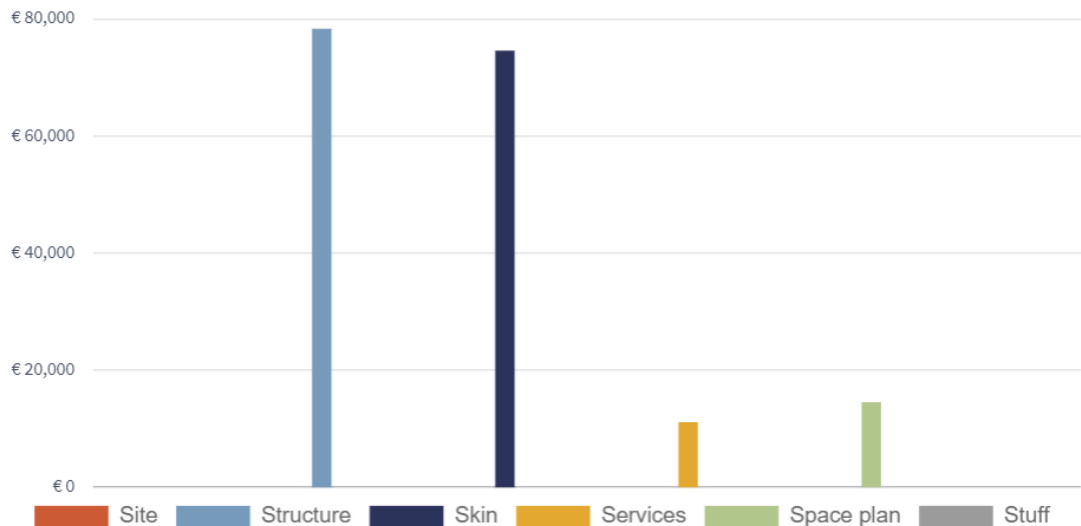


Kuva 24. Rakennuksen materiaalien arvo purkuvaiheessa, Hakaniemenranta 6

LAYERS OF BRAND

€ 178,577.71

NPV value end of life



Kuva 25. Rakennuksen materiaalien arvo purkuvaiheessa, Salavakuja 2

5.2 Kiertotalousindikaattori

Madaster-materiaalipassi antaa rakennukselle myös kiertotalousmittarin (kiertotalousindikaattori), miten hyvin kiertotalouden mukainen kohde on. Se perustuu kansainväliseen avoimen lähdekoodin materiaalien kiertotalousindikaattoriin (Material Circularity Indicator of the Ellen MacArthur Foundation). Siihen vaikuttavat käytettyjen rakennustuotteiden materiaalien kierrätysominaisuudet ja alla olevassa kuvassa esitetyt vapaasti määritettävät rakennuksen elinikäkerroksille arvioidut elinkaaret.

Madasterin kiertotalousindikaattori arvioi rakennuksen kiertotalousasteen asteikolla yhdestä sataan prosenttiin. Arvio perustuu käyttäjän antamaan tietoon rakennuksesta. Rakennus, joka on rakennettu neitseellisestä raaka-aineesta ja päättyy jätteeksi keskimääräistä lyhyemmän elinkaaren jälkeen, saa Madaster-kiertotalousindikaattorin 0 prosenttia. Rakennus, joka on rakennettu uusiokäytettävästä tai nopeasti uusiutuvasta materiaalista, joka voidaan purkaa ja helposti uusiokäyttää saa arvosanaksi täydet 100 prosenttia. Käytännössä rakennus saa arvosanan nollan ja sadan prosentin väliltä. Kuvassa 27. on esitetty Hakaniemenranta 6 rakennukselle määritetyt elinikäkerroksien arvioidut elinkaaret.

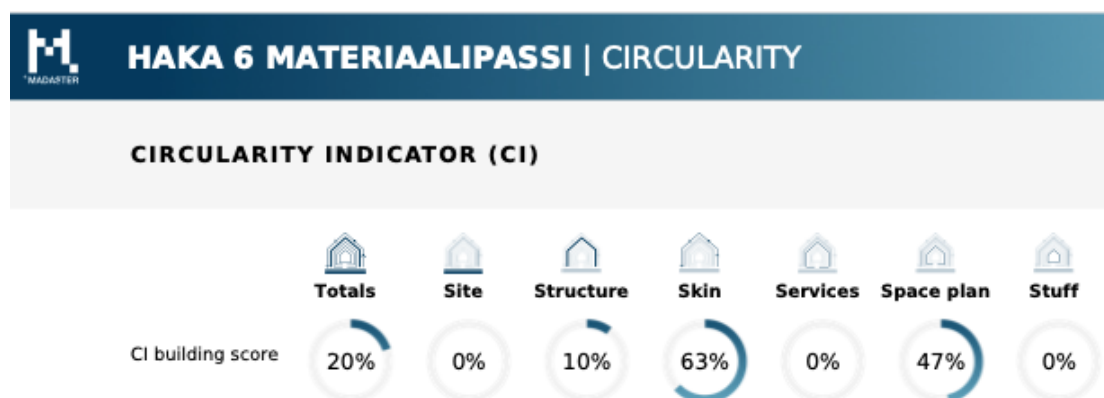
LIFESPAN

Expected lifespan building:	100 years
Expected lifespan structure:	100 years
Expected lifespan skin:	30 years
Expected lifespan services:	15 years
Expected lifespan space plan:	10 years
Expected lifespan stuff:	10 years

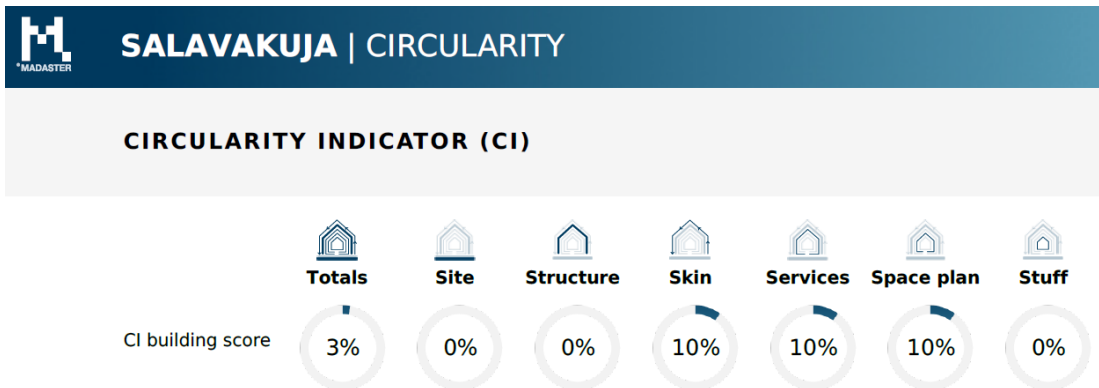
Kuva 26. Rakennuksen elinikäkerrosten elinkaaret.

Kiertotalousindikaattori on kehitysvaiheessa ja sen luotettavuus toistaiseksi on vähäinen. Madaster kertoo seuraavaa: "The Circularity Indicator is in a development phase and has a low to moderate reliability due to the limited availability of the information currently available in the source files being uploaded. In addition, most of the qualitative information has been pre-set at a fixed quantity and now mainly concerns the quantitative addition."

Tällä hetkellä Madasterin materiaalitietokanta ei sisällä materiaalien kierrätystietoja, joten indeksin tulokset eivät todennäköisesti ole todenperäisiä, kun Hakaniemenranta 6:n materiaalipassi perustuu osittain Madasterin oletusmateriaaleihin. Tästä syystä osion hyödyllisyyttä ei erikseen arvioitu mutta sen toiminnallisuus esitellään. Alla olevissa kahdessa kuvassa (Kuvat 28. ja 29.) näkyy, kuinka Madasterissa esitetään kiertotalousarvosanat elinikäkerroksittain.

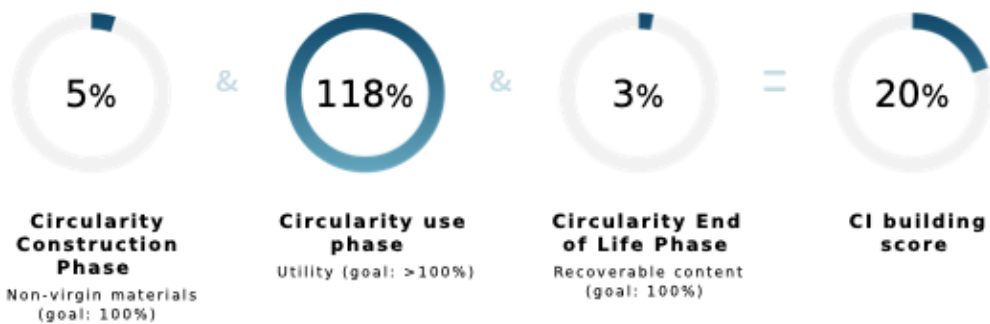


Kuva 27. Hakaniemenranta 6 kiertotalousindikaattori elinikäkerroksittain

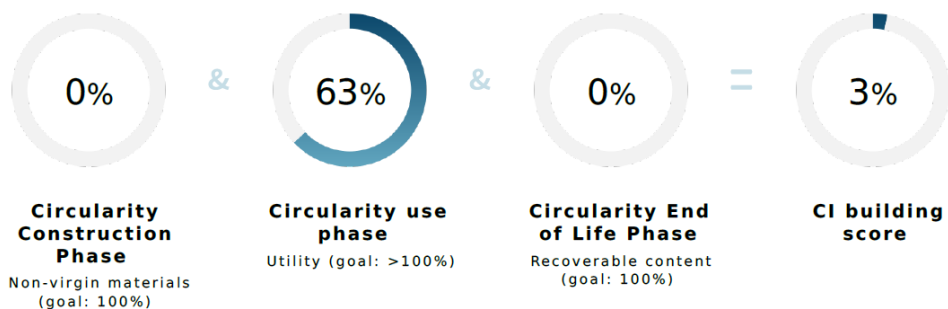


Kuva 28. Salavakuja 2ER kiertotalousindikaattori elinikäkerroksittain

Kokonaiskiertotalousindikaattori muodostuu kolmesta elinkaaren vaiheesta, kuten alla olevista kuvista (Kuvat 30. ja 31.) nähdään. Erot tuloksissa johtuvat siitä, että Salavakujan hankkeessa ei syötetty hankekohtaisia materiaaleja ja niiden kierrätystietoja.



Kuva 29. Hakaniemenranta 6 kiertotalousindikaattorin osa-alueet ja kokonaistulos.



Kuva 30. Salavakuja 2ER kiertotalousindikaattorin osa-alueet ja kokonaistulos.

6 Materiaalipassin mahdollisuudet ja ongelmat

Testauksen kokemusten ja saatujen lopputulosten valossa tässä luvussa pohditaan materiaalipassin käyttökelpoisuutta, hyödyllisyyttä ja kehitystarpeita.

Materiaalipassin hyödyllisyys ja käytettävyys perustuu lähtötietojen luotettavuuteen ja kattavuuteen. Pilottihankkeissa tarkasteltiin tätä lähtötietojen saatavuutta rakennusten tietomallien osalta. Osin materiaalipassin hyödyllisyys ja käytettävyys nojaa myös asioihin, joita pilottihankkeissa ei voitu käsitellä, kuten käytettyjen rakennusosien jälleenmyyntiin liittyvän markkinan valmiuteen tai tuoteosavalmistajien valmiuteen tuottaa määrä- ja materiaalitietoa tuotteistaan sopivassa muodossa.

6.1 Nimikkeistöön liittyvä ongelma

Rakennusosien luokittelutieto on pakollinen attribuutti materiaalipassin koostamiseksi Madasterissa, eikä materiaalipassia voida muodostaa ilman sitä. Luokittelun avulla rakennusosat jaotellaan elinikäkerroksiin Madasterissa (luku 3). Suomessa rakennusalalla on käytössä useita eri nimikkeistöjä, jotka eivät ole toistensa kanssa yhteensopivia. Madaster käyttää tällä hetkellä kansainvälistä OmniClass ja hollantilaista NL-SfB-luokittelua mutta ei tue suomalaisissa tietomalleissa käytettyjä nimikkeistöjä, kuten arkkitehtimallin Talo 2000 -nimikkeistöä. Tämä johti ongelmiin tiedon esittämisessä ja sen jaottelemisessa testauksessa (kuten luvussa 3 kuvaillaan). Digitalisaation etenemispolkuja tutkinut RASTI-projekti (2019) ja Kiinteistö- ja rakentamisan nimikkeistövertailu -raportti (Rakennustietosäätiö, 2019) käsitelivät laajemminkin koko rakennetun ympäristön ja sen elinkaaren kattavan yhteisen nimikkeistön puutetta ja sen tarvetta olla kansainvälisiin standardeihin perustuva.

Suomen markkinoilla materiaalipassialustan tulisi tukea Suomessa käytössä olevaa luokittelujärjestelmää, jotta tietoa voisi käsitellä automaattisesti.

6.2 Tietomallinnukseen liittyvät ongelmat ja kehitystarpeet

Suomalainen tietomallipohjainen suunnitteluprosessi soveltuu rajallisesti materiaalipassin käyttöönottamiseen. Pilottihankkeessa tavoitellun tason 1 materiaalipassi sisältää materiaalitiedot, mutta ei tuotetietoja (kuva 32.). Materiaalitiedotkin ovat pilotin osalta jäännösarvon ja kiertotalousindikaattorin osalta puutteelliset, koska materiaalikirjastona käytettiin Madaster-palvelun vakiokirjastoja, joissa materiaalien sisältämiä elinkaaritietoja ei ollut määritelty ja materiaalien taloustiedot eivät vastanneet Suomen olosuhteita (luvussa 4 käsitellyn mukaisesti).

Materiaalipassin taso		Asia-kirjat	Rakennuksen passi		€	MCI
			Materiaali	Tuoto		
1	Rakennuksen määrätiedot tuodaan IFC ja XML muodossa Madaster-palveluun ja linkitetään Madasterissa saatavilla oleviin materiaaleihin. Taso mahdollistaa rajallisen ymmärryksen käytettyjen materiaalien taloudellisesta (jäännös-) arvosta ja rakennuksen kiertotaloudellisuudesta (MCI).	✓	✓	✗	✓	✗

Kuva 31. Materiaalipassin taso yksi mahdollistaa rakennusosien esittämisen elinikäkerroksittain Madaster palvelussa. So. miten pitkään mikäkin tuote pysyy osana rakennusta.

Suomen yleisissä tietomallivaatimuksissa (YTV 2012) ei vaadita materiaalitiedon esittämistä vakioidulla tavalla. Sääntelemättömyys johtaa ongelmiin, kun halutaan siirtää materiaalitieto materiaalipassiin suoraan ifc-tietomallitiedoston avulla. Jos Madasterin tarvitsema tieto ei löydy vaaditusta kentästä tai se on kirjattu väärin, tuonti epäonnistuu. Esimerkiksi kerrostieto on voitu tietomallissa syöttää Madasterin kannalta oikeaan kenttään "Floor" mutta Madaster ei ymmärrä kirjausta "3-kerros". Järjestelmä kyllä lukee tiedon mutta pahimmillaan linkittää tiedon automaattisesti virheellisesti. Jos tätä ei huomaa syntyy tiedoiltaan virheellinen materiaalipassi (kuten on kuvailtu luvussa 3).

Mikäli tietomalli halutaan saada suoraksi lähtöaineistoksi materiaalipassille, tulee tavoitellun tason mukainen tietosisältö materiaalien ja määrätiedon osalta vaatia suunnittelijoilta sisällytettäväksi malliin. Vaadittavan tietosisällön on syytä olla dokumentoituna jo suunnittelutarjouspyynnön yhteydessä toimitettavissa tietomallinnussuunnitelmassa ja tietomallintamisen tehtäväkuvauksissa. Tämä vähentää materiaalipassin tuottamisen työmäärää. Jos mallia käytetään suoraan Madaster-palvelussa lähtöaineistona, voidaan mallin osia myös visualisoida suoraan palvelussa. Seuraavat asiat on otettava huomioon mallien sisällöissä:

1. Kaikilla rakennus- ja tekniikkaosilla tulee olla tyyppitunniste.
2. Kaikilla rakennus- ja tekniikkaosilla tulee olla sovitun luokittelujärjestelmän mukaiset luokittelut mallin elementteihin syötettynä.
3. Kaikilla yksinkertaisilla rakennus- ja tekniikkaosilla tulee olla määritelty materiaali sekä perusmitat (IfcBaseQuantities) tallennettuna ifc-malliin.
4. Kaikilla yksinkertaisilla rakennus- ja tekniikkaosilla täytyy olla oikein nimetyt IFC-standardin mukaiset ominaisuusjoukot ja ominaisuudet.

6.3 Materiaali- ja tuotetietoon liittyvät puutteet

Madasterista löytyy englanninkielinen materiaalitietokanta. Tietokannassa on myös joitakin rakennustuotteita. Järjestelmästä kuitenkin puuttuu materiaali- ja tuotetietokanta, josta löytyisi Suomessa rakentamisessa käytettävät rakennustuotteet ja materiaalien suomenkieliset nimet. Kuten luvuissa 3 ja 4 on kuvailtu, testimateriaalipassien tiedot materiaali- ja määrätietoa (tilavuus) lukuun ottamatta eivät vastaa todellisuutta, koska suomalaisia rakennustuotteita vastaavia ominaisuustietoja ei ollut käytettävissä. Muun muassa muodostunut jäännösarvo on virheellinen. Jotta materiaalipassi voisi palvella suomalaista markkinaa, tulisi Madaster-palveluun luoda tai liittää Suomeen lokalisoitu materiaalikirjasto.

Käyttäjä kyllä voi perustaa Madasterissa omia materiaali- ja tuotetietokantoja mutta työmäärän ja tuotetietojen ylläpidon kannalta olisi järkevämpää liittää järjestelmään ulkopuolinen tietokanta. Yksi suomalaisia tuotteita ja materiaaleja sisältävä tietokanta löytyy

Rakennustiedolta. Rakennustiedon RT-tuotetietokannassa on API-rajapinta toisiin järjestelmiin liittämistä varten. Sama rajapinta löytyy myös Madasterista.

Tuotetietoa tulisi tuoda saataville ja päivittää ensi sijassa tuotteiden valmistajien, eikä rakennushankkeissa toimivien väliportaiden. Rakennushankkeen tehtävänä olisi tämän jälkeen kytkeä rakennukseen määritellyt rakennusosat tuotetietoihin. Materiaali- ja tuotevalmistajille tulee luoda ohjaus tai velvoite tuottaa tarvittavia vertailukelpoisia ominaisuustietoja tuotteista, jotta esimerkiksi kiertotalousindikaattoria, rakennuksen hiilijalanjälkeä tai materiaalien jäännösarvoa voidaan luotettavasti tarkastella. Tuote- ja materiaalikirjastoja tulisi ylläpitää luotettava kansallinen toimija yhteistyössä tuotetoimittajien kanssa.

6.4 Taloustiedot materiaaleihin liittyen

Madasterin jäännösarvon esittävä materiaalipassi (Madaster-taso kaksi, kuva 33.) edellyttää tason yksi vaatimusten lisäksi, että kaikkien hankkeessa käytettyjen materiaalien ja monimuotoisten tuoteosien osalta paikalliset taloustiedot (mm. nimellisarvo, purku-, kuljetus- ja raaka-aineen käsittelykustannukset sekä inflaatio ja muut paikalliset hinnan vaihteluun vaikuttavat tekijät) ovat riittävällä tarkkuudella tiedossa käytettävissä materiaali- ja tuotetietokannoissa. Hankekohtaisten kokoonpanojen osalta tiedot lisätään Madaster-palvelussa hankekohtaiseen tuotekirjastoon. Tuotteissa käytettyjen materiaalien tilavuudet tai painot tulee myös olla tuotekirjaston tuotteisiin lisätynä.

Tällöin materiaalipassi mahdollistaisi riittävän luotettavan tiedon materiaalien jäännösarvosta. Sen käytöllä voisi olla ohjaavaa vaikutusta rakennusten suunnittelussa, edellyttäen että kierrätettäville rakennusosille ja -materiaaleille on markkina olemassa.

Materiaalipassin taso		Asia- kirjat	Rakennuksen passi		€	MCI
			Materiaali	Tuote		
2	Taso 1 + määrätiedot on linkitetty myös materiaalmäärittelyt sisältäviin tuotteisiin Madaster palvelussa.	✓	✓	✓	✓	✗

Kuva 32. Materiaalipassin taso kaksi mahdollistaa rakennuksen materiaalien ja tuotteiden kattavan jäännösarvon esittämisen Madaster palvelussa

6.5 Materiaalien kierrätys- ja elinkaaritiedot

Kiertotalousindikaattorin sisältävä materiaalipassi (Madaster taso kolme, kuva 34.) edellyttää edellisten tasojen vaatimusten lisäksi elinkaaritietojen lisäämistä sekä yleisten tietokantojen materiaaleille ja tuoteosille sekä hankekohtaisille materiaaleille ja tuotteille. Hankekohtaisesti tämä edellyttää rakennusosien, ja -materiaalien elinkaarisuunnittelua ja siihen liittyvän osaamisen sisällyttämistä hankeryhmään. Lisäksi tuoteosien ja niihin liittyvien materiaalien elinkaaritiedot tulee tuoteosien valmistajilta olla saatavilla.

Materiaalipassin taso		Asia-	Rakennuksen passi		€	MCI
		kirjat	Materiaali	Tuote		
3	Taso 2 + Tuotteet on rikastettu Madaster palvelussa materiaalien ja tuotteiden elinkaaritiedoilla.	✓	✓	✓	✓	✓

Kuva 33. Materiaalipassin taso kolme mahdollistaa materiaalien ja tuotteiden jäännösarvon lisäksi kattavan kiertotalousarvosanan esittämisen Madaster palvelussa.

Tämän tasoisesta materiaalipassista voidaan rakennusta Madaster-palvelussa arvioida kiertotalouden näkökulmasta havainnollisesti. Palvelussa rakennukselle laskettava kiertotalousindikaattori voisi mahdollistaa kiertotalouden huomioimisen ja ohjaamisen suunnittelussa nykyistä paremmin. Tässä kysymykseksi nousee, missä vaiheessa hanketta tietomallissa on toisaalta riittävästi tietoa indikaattorin laskentaan ja toisaalta vielä mahdollista tehdä muutoksia suunnitelmiin.

6.6 Kerroksellisten rakennusosien aiheuttamat haasteet

Testaus toi konkreettisesti esiin sen, että rakennuksen osat on esitetty tietomallissa monella eri tavalla ja määrätietoa ei ole yksinkertaista saada kaikista rakennusosista (luku 4.1.3). Osa tuotteista on materiaalia (esimerkiksi paikalla valettu betonipilari), osa itsessään tuotteita (esimerkiksi ikkuna), osa materiaalien ja tuotteiden kokonaisuuksia (esimerkiksi ulkoseinä, ilmastointikone). Myös rakennusosan liittyminen tuote- tai materiaalitietoon on erilaista eri tapauksissa. Erytisen työllistäviä materiaalipassin muodostamisen kannalta ovat hankekohtaiset kokoonpanot.

Suomalaisen käytännön mukaan tehdyissä tietomalleissa tietyt kerrokselliset rakenneosat on määritetty yhtenä objektina, vaikka ne sisältävät useita rakennekerroksia ja materiaaleja. Tällaisia kerroksellisia rakenneosia ovat esimerkiksi seinät ja ala-, väli- ja yläpohjat.

Käytännössä kerroksellisten rakenneosien vienti Madaster-materiaalipassiin vaatii jokaisen erilaisen kerroksellisen rakenneosan käsin tehtävän määrittelyn. Järjestelmään perustetaan rakenneosien materiaalmäärittelyt ja niiden suhteelliset määrät sisältävät tietueet kaikille erilaisille kerroksellisille rakenneosille. Esimerkiksi jos rakennuksessa on usean tyyppisiä välipohjia tai väliseiniä, tarvitaan jokaiselle tyyppille oma määrittely. Määrittelyn perusteella materiaalipassi-järjestelmä pystyy tunnistamaan tietyn tyyppisen rakenneosan tietomallissa ja jakamaan sen ennalta määritettyihin materiaaleihin ja antamaan niille määrätiedon. Tämä aiheuttaa lisätyötä niin materiaalitiedon viemisessä Madasteriin kuin sen ylläpitämisessä ja elinkaari- ja taloustietojen lisäämisessä hankekohtaisiin tuotekokoonpanoihin.

Kokoonpanotyyppisten osien osalta kansallisten ohjeiden mukainen mallinnustapa myös soveltuu heikosti elinkaariajattelun mukaiseen rakennusosien jaotteluun elinikäkerrokseen. Kun esimerkiksi ulkoseinä mallinnetaan yhtenä osana, joka sisältää kaikki rakennekerrokset,

sen kantavaa runkoa ei voida suoraan erotella ulkovuorauksesta vaan ne joudutaan sijoittamaan samaan elinikäkerrokseen, vaikka ulkovuorauksen elinkaari on tyypillisesti runkoa merkittävästi lyhempi.

6.7 Pohdintaa materiaalipassin hyödyistä, haasteista ja avoimeksi jäävistä kysymyksistä

Materiaalipassi mahdollistaa rakennuksen kiertotalouden suunnittelun havainnollisesti ja kiertotalousindikaattori voisi toimia kannustimena ympäristön kannalta kestävämmän rakentamisen suunnittelulle. Rakennuksen valmis materiaalipassi antaa selkeän kokonaiskuvan rakennusosien elinkaaresta osana rakennusta ja Madaster-palvelun talousmoduulin tulosten perusteella nähdään, milloin rakennusosien arvioidaan lähtevän kiertoon ja mikä on osien jäännösarvo kiertoon lähtiessä. Pilottihankkeiden materiaalipassit mahdollistavat nämä hyödyt rajoitetusti.

Testatun kaltaisesta materiaalipassista voisi olla hyötyä kohteen kiertotaloudellisuuden ohjaamisessa (kiertotalousindikaattorin ja taloustietojen avulla), jos tietomallin yhdistäminen alustan tietoihin olisi helppoa ja nopeaa ja näin mahdollista aina tarvittaessa suunnittelun aikana. Haasteena on se, että rakennuksen tietomalli sisältää suunnittelun alkuvaiheissa vain pienen osan rakennusosista. Valmiit käytettävissä olevat materiaalitietokannat voisivat helpottaa kuitenkin alkuvaiheen arviointeja kulloinkin mallissa saatavilla olevan tiedon osalta.

Rakennuksen elinkaaren aikana nykyistä paremmista materiaalitiedoista olisi hyötyä rakennuksen omistajan näkökulmasta korjaus- ja muutostöiden yhteydessä, jolloin nykyisin useimmiten tarvittavat lähtötiedot hankitaan erilaisilla selvityksillä uudelleen kohteesta (kuntotutkimus, purkumateriaalikartoitus, haitta-ainekartoitus, rakennusmittaus). Tämä kuitenkin luonnollisesti edellyttäisi tiedon luotettavaa jatkuvaa ylläpitoa.

Purkuvaiheessa materiaalipassin tietojen avulla voitaisiin suoraan suunnitella rakennusosien uudelleenkäyttöä ja kierrätystä sekä ymmärtää läpinäkyvämmän purkamisen ja jätehuollon kustannuksia. Ehkä tämä kannustaa vanhojen osien uudelleenkäyttöön tai tarjoaa jotain mahdollisuuksia ohjata asiaa taloudellisesti.

Rakennuksen päivittäisessä huollossa ja ylläpidossa ei tarvita materiaalitietoa muutoin kuin pintakäsittelyjen ja –materiaalien osalta siivouksen näkökulmasta. (Nämä tiedot taas tyypillisesti eivät ole tietomallissa.)

Sitä enemmän materiaalipassista olisi hyötyä, mitä enemmän siihen pystytään kytkemään rakennusmateriaaleihin liittyvää tietoa kiertotalousindikaattorin ja taloudellisen arvon lisäksi. Alustan sisältämät tai alustaan liitettävät materiaalitietokannat/ tuotetietokannat voisivat sisältää esim. materiaalien hiilijalanjälkitiedon ja haitta-ainetiedon. Tällä hetkellä samoja tietoja syötetään vastaavanlaisilla tavoilla myös mm. hiilijalanjäljen laskentatyökaluihin.

Toisaalta alustalle talletetun rakennetyyppi- ja tuotetiedon lukemiseen/siirtämiseen edelleen muihin järjestelmiin hyödyntämistä varten tulisi määritellä avoimet rajapinnat tai standardoidut tietosisältökokonaisuudet.

6.8 Tietoa pitäisi pystyä pitämään ajan tasalla ja täydentämään

Olenainen haaste materiaalipassin (tai minkä tahansa rakennuksen teknisen dokumentaation) hyödyllisyydessä myöhempien elinkaaren vaiheiden kannalta on, miten sen tieto saadaan pysymään ajan tasalla. Kiinteistöissä tapahtuu jatkuvasti suurempia ja pienempiä muutoksia ja päivityksiä. Esimerkiksi testikohde Hakaniemenranta 6:ssa on vuoden 1997 jälkeen (aikana, josta on digitaalinen historia tallennettuna) ollut 77 investointi- ja kunnossapitohanketta. Näistä käynnissä oleva hanke on neljäs, jossa on haettu rakennuslupa. Toimenpiteitä rakennuksiin tulee toisistaan riippumatta paljon ja usein. Toki jokainen muutos ei koske kuin vain pientä osaa rakennuksen tiedoista, mutta kokonaisuuden pitäminen ajan tasalla on iso työ. Nykyisillä järjestelmillä ja piirustusaineistoilla se on todettu mahdottomaksi. Tästä näkökulmasta materiaalipassi (tai yleisemmin digitaalisen kaksosen idea) muodostaa sekä haasteen että toisaalta mahdollisuuden: jospa uusilla digitaalisilla ratkaisuilla tiedon ylläpitäminen olisi vaikkakin työlästä, niin kuitenkin helpompaa kuin nykyisillä.

Madaster-palvelu ei tue materiaalipassin osittaista päivittämistä, vaan päivitys tehdään aina tuomalla kokonainen tietomalli alustalle. Järjestelmään voi tuoda useamman rakennuksen materiaaleja sisältävän lähdetiedoston mutta, jos ne sisältävät päällekkäistä identtistä tietoa, näyttää alusta ne materiaalipassissa tuplina.

Alusta ei "muista" materiaalien linkityksiä, jolloin jos oli tehty manuaalisia linkityksiä, ne on tehtävä joka kerta uudelleen, kun IFC-tiedosto päivitetään. Uudet tai muuttuneet rakenteet tulee muodostaa uudelleen tai päivittää myös kohdekohtaiseen tuotekirjastoon Madasterissa.

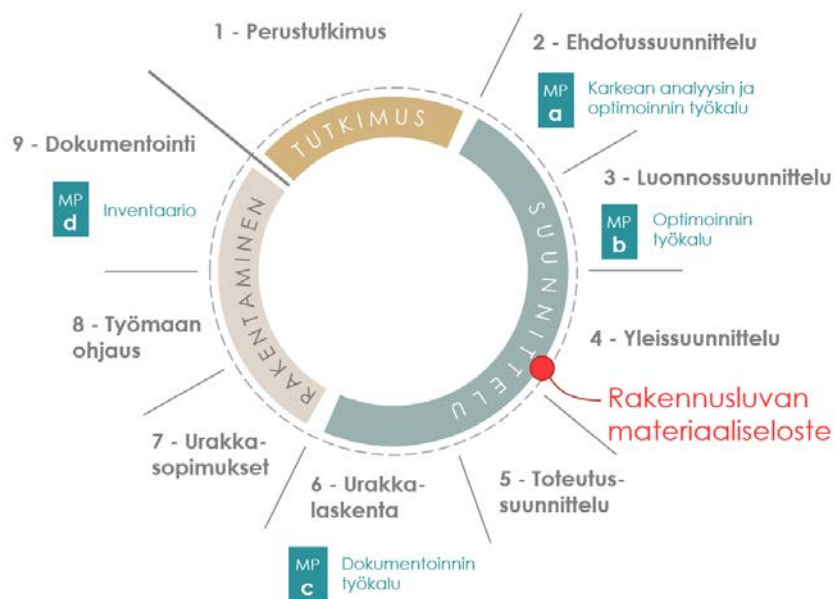
6.9 Materiaalipassin käyttötarkoitus puuttuu

Testauksen kuluessa kävi selväksi, että materiaalipassin käsite on vasta muotoutumassa ja valmista määritelmää tai vakiintunutta käytäntöä siitä, mitkä tiedot materiaalipassiin tallennetaan, ei oikeastaan vielä ole. Käyttäjän on mahdollista päättää materiaalipassin sisältö (tarkkuustaso ja kattavuus) oman tarpeensa mukaan.

Käyttäjä voi valita materiaalipassin muodostamisen tarkkuustason: vain materiaalitiedot, materiaali- ja tuotetiedot sekä niiden jäännösarvon laskentaan tarvittavat paikalliset taloustiedot tai materiaali- ja tuote- ja taloustietojen lisäksi kierrätys- ja elinkaaritiedot. Toisaalta käyttäjä voi valita kuinka kattavasti vie tietoa. Tiedot kaikista rakennuksen osista vai vain ne, joista materiaali ja määrätiedot on saatavilla.

Samaan aikaan käyttötarkoituksen ”puute” hankaloittaa materiaalipassin käyttöönottoa. Täysin selväksi ei tullut, kenen käyttöön materiaalipassi on suunniteltu ja mihin sitä käytetään. Tämä kysymys myös määrittää tarvittavan sisällön, koska kukin osapuoli on kiinnostunut tiedoista eri näkökulmasta.

6.10 Rakennusluvan materiaaliseloste



Kuva 34. Rakennusluvan materiaaliseloste rakennushankkeessa. Pohjalla kuva materiaalipassin luomisen käyttötarkoituksista rakennushankkeen eri vaiheissa suomennettu lähteestä (Honic et al, 2019).

Testausprojektissa materiaalipassi muodostettiin urakkalaskentavalmiudessa olevista tietomalleista eli melko lopullisen suunnitelman vaiheessa, mutta toisaalta ei sisältäen vielä toteumatietoa rakentamisesta. Rakennuslupa-kaavaillun materiaaliselosteeseen näkökulmasta materiaalitietoa tulisi tuottaa jo varhaisemmassa vaiheessa. Rakennusluvan vaiheessa ei luultavasti ole vielä riittävästi tietoa tietomalleissa kattavan Madasterin tyyppisen materiaalipassin tuottamiseen ja hyödyllisten tunnuslukujen laskemiseksi.

Malleista on siinä vaiheessa realistista saada materiaalien määriä koko rakennuksen kattavasti vain arkkitehtimallista tai rakennemallista ja näistäkin pois lukien monimuotoiset tuoteosat. Madaster-palvelua käytettäessä se tarkoittaisi materiaalipassin rajaamista arkkitehtimallin tiettyihin osiin. Materiaalit voi tietysti luetella, mutta mihin tietoa on rakennusvalvonnassa tarkoitus käyttää tai mitä rekistereitä tiedoista muodostaa?

Lopulliset tuotteet hankitaan vasta rakentamisen aikana, joten toteutuneen rakennuksen materiaali- ja erityisesti tuotetietoja vastaavan mallin ja materiaalipassin voi koota vasta käyttöönottovaiheessa. Tietoa todellisista tuotteista ei tällä hetkellä kaikilta osin sidota tietomalliin, vaan tieto välitetään suoraan mm huoltokirjaan. Tietomalliin perustuvan

materiaalipassin käyttöön ottaminen vaatisi rakentamisen tiedon tuottamiseen uusia käytäntöjä.

Avoimeksi kysymykseksi vielä jäi myös, mikä on huoltokirjan ja materiaalipassin tai materiaaliselosteen suhde: onko materiaalipassin tarkoitus olla osa huoltokirjaa vai täysin erillinen asia?

Rakentamisen tieto tuotetaan hajautetussa arvoverkossa ja käyttökelpoisen materiaalipassin tulee soveltua tiedon syöttämiseen ja päivittämiseen useasta lähteestä, useissa eri vaiheissa ja useiden toimijoiden toimesta.

Asuntotuotannon näkökulmasta materiaalipassi tai –seloste olisi rakennuksen suunnitteluvaiheessa koottava lähtötilannetta kuvaava dokumentti (kuten huoltokirja tai energiaselvitys/todistus) joka toimitetaan lupaviranomaisen ja kohteen omistajan käyttöön rakennuksen valmistuttua. Huoltokirjaa ja energiatodistusta päivitetään korkeintaan yhden kerran rakennuksen käyttöönottovaiheessa, kun todennetaan rakennuksen käytössä suunnitteluvaiheessa annetut tiedot ja tehdyt muutokset.

Uudiskohteissa tehdään määrälaskentaa kustannusarvioita varten tietomalleilla, joista materiaaliselostekin koostettaisiin. Tulevaisuudessa myös hiilijalanjäljen laskentaa. Jossain määrin tehdään päällekkäistä työtä – voisiko määrälaskija tehdä materiaaliselostetta samalla tai kenen rooliin liittyväksi tehtävä tulisi määritellä? Erillään tehtyinä aiheuttavat lisätyötä ja kustannuksia sekä tuovat uuden osapuolen hankkeisiin, antaako vastineeksi riittävästi lisäarvoa?

Materiaaliselosteen tulisi olla vakioitu, ilman erillisiä välivaiheita tietomallista (ja muusta suunnitteluaineistosta) muodostettava ”tuote” ja se tulisi olla mahdollista tuottaa kaikille erityyppisille hanketyypeille. Materiaaliselosteen tuottamisen tulee olla avointa ja kilpailtua, jotta tekijöitä on riittävästi ja materiaaliselosteen kustannukset pysyvät järkevinä.

6.11 Materiaalipassin merkitys kiertotalouden kannalta

Materiaalipassin kiinnostavimpia ominaisuuksia, joita muissa dokumenteissa ei ole kuvattu ovat jäännösarvo ja kiertotalousindikaattori. Näillä pyritään ennustamaan hyvin pitkälle tulevaisuuteen eli vähintään peruskorjaussyklin tai rakennuksen elinkaaren päähän sen ”uudelleenkäyttöarvoa”.

Jos samaa asiaa tarkastellaan yhtä pitkä sykli taaksepäin (>50 vuotta) havaitaan, että juuri näitä seikkoja ei ole pystytty ennakoimaan. 30 vuotta sitten ei rakennusosien ja –materiaalien uudelleenkäyttöä ole pidetty suunnittelukriteerinä, ja vieläkin kauempana menneisyydessä elementtiasuinkerrostalojen elinkaaren suunnitteluikä on käytetty 50 vuotta, nyt samoja

rakennuksia kuitenkin halutaan peruskorjata, laskennallisen käyttöikänsä ylittäneitä rakennusosia säästään.

Peruskorjaushankkeista saatujen kokemusten pohjalta näyttäisi, ettei aluerakentamisvaiheen vanhoilla rakennuksilla tai rakennusosilla ja -materiaaleilla ole jäännösarvoa tai se on negatiivinen ja korjausaste saattaa ylittää 100 % mikäli rakennukseen on kertynyt korjausvelkaa sen vuoksi, että se on päätetty käyttää loppuun ja sen jälkeen purkaa. Rakennusmateriaalien ja varsinkin rakennusosien uusiokäyttö on toistaiseksi osoittautunut käytännössä vaikeaksi toteuttaa ja kustannuksiltaan uudisrakentamista kalliimmaksi, rakennushankkeeseen ryhtyvälle, rakennuksen omistajalle tai rakennuksen käyttäjälle.

Kiertotalouden mukaisilla rakentamisen markkinoilla varmasti tarvitaan nykyistä paremmin ja avoimemmin tietoa materiaaleista. Tieto yksistään ei kuitenkaan todennäköisesti saa markkinoita aikaiseksi, vaan muitakin ajureita tarvitaan. Uudelleenkäytön näkökulmasta tulisi dokumentoida myös esimerkiksi liitosten ja kiinnitysten ominaisuudet (mm. irrotettavuus). Tällaista tietoa ei testauksessa käynyt ilmi alustan käsittelevän mitenkään eikä se toisaalta myöskään selviä tietomallista kaikkien rakennusosien osalta.

7 lähdeluettelo

Brand, S. (1994) *How Buildings Learn*, Penguin Books, New York.

Ellen Macarthur Foundation (2019) What is a circular economy? Saatavilla osoitteessa: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/infographic>.

Geissdoerfer, M. et al. (2019) The Circular Economy – A new sustainability paradigm? Saatavilla osoitteessa: <http://dro.dur.ac.uk/29108/1/29108.pdf>.

Heinrich, M. A., & Lang, W. (2019a). Capture and Control of Material Flows and Stocks in Urban Residential Buildings. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 225(1), 12001. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012001>

Heinrich, M. A., & Lang, W. (2019b). *MATERIALS PASSPORTS-BEST PRACTICE*.

Honic, M., Kovacic, I. & Rechberger, H. (2019). Concept for a BIM-based Material Passport for buildings. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 225(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012073>

Luscuere, L. M. (2017). Materials Passports: Optimising value recovery from materials. *Proceedings of Institution of Civil Engineers: Waste and Resource Management*, 170(1), 25–28. <https://doi.org/10.1680/jwarm.16.00016>

Rakennustietosäätiö (2019). Kiinteistö- ja rakentamisan nimikkeistövertailu, Rakennustietosäätiö RTS sr, 28.1.2019 https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5k2lh5ORz/15sfLtNKd/YM_nimikkeistovertailu_loppuraportti.pdf

RASTI(2019) Rakennetun ympäristön tiedonhallinnan standardisointi – Nykytilan kartoitus ja ehdotus toimenpiteistä, 4.2.2019 v.1.0 <https://rastiprojekti.com/wp-content/uploads/2019/02/RASTI-strategia-v1.pdf>

Suomen Ympäristökeskus (2019). Kiertotalous vähähiilisuuden edistäjänä ja luonnon monimuotoisuuden turvaajana (KIVÄBO). Retrieved December 7, 2020, from https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Kiertotalous_vahahiilisuuden_edistajana_ja_luonnon_monimuotoisuuden_turvaajana_KIVABO

Valtioneuvosto (2019). Hallitusohjelma - 3.1 Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi . Retrieved May 13, 2020, from <https://valtioneuvosto.fi/rinteenhallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi>

Ympäristöministeriö (2021). Kiertotalouden strateginen ohjelma. Retrieved January 25, 2021
<https://ym.fi/kiertotalousohjelma>

Kirjoittajista

Juho Lahtinen

Tietoliikenneinsinööri

Työskennellyt IT-alan projektipäällikkönä. Parhailaan tekee diplomityötä Aalto-yliopistoon. Työn toimeksiantaja on Senaatti-kiinteistöt ja aihe liittyy materiaalipassiin. Ympäristöministeriön Madaster-materiaalipassi pilottihankkeessa mukana diplomityön kautta.

Miika Lemponen

*Arkkitehti, BIM manageri ja yksikön päällikkö
Tietoa Finland Oy:ssä.*

Tehtävässään vetää monialaista tiimiä, joka konsultoi ja kouluttaa organisaatioita tietomallintamisessa sekä manageroi ja koordinoi tietomallihankkeita kautta suomen. Miika on toiminut rakennusalan digitalisaation ja tietomallintamisen kehityksen piirissä vuodesta 2009.

Mirkka Rekola

*Asiantuntija, ympäristövastuu ja tietomallinnus,
Senaatti-kiinteistöt*

Mirkka toimii Senaatti-konsernin rakennuttamista ohjaavassa Rakennuttamisyksikössä asiantuntijana. Tehtävässään hän osallistuu Senaatin rakennuttamisprosessin kehittämiseen ympäristövastuun ja tietomallintamisen näkökulmasta ja tukee rakennushankkeita näiden asioiden huomioon ottamisessa ja käytäntöönpanossa. Mirkka kuuluu myös Senaatti-konsernin yhteiskuntavastuun ohjausryhmään.

Jorma Tissari

*Rakennuttaja-arkkitehti, Helsingin kaupunki,
Kaupunkiympäristön toimiala, Asuntotuotanto.*

Toiminut Asuntotuotannon Hankekehitysyksikössä vuoden 2019 keväästä sekä täydennysrakentamishankkeiden että peruskorjaushankkeiden ohjaamisesta vastaavana rakennuttaja-arkkitehtina; 2020 keväästä alkaen pelkästään täydennysrakentamishankkeisissa. Tehtävät ovat liittyneet Helsingin kaupungin asunnot oy:n vuokratalokohteisiin. Erityisenä tehtävänä on ollut kiertotaloushankkeiden seuraaminen, mihin liittyen osallistunut moniin erilaisiin kehittämishankkeisiin.