

# **LOPPURAPORTTI**

**Puukerrostalon tilaamisen kehityshanke [VN/25331/2020]**

## Sisällys

1	Tiivistelmä .....	1
2	Hankkeen tausta ja tavoitteet.....	2
3	Hankkeen osapuolet ja menetelmät.....	5
4	Hankkeen tulokset .....	8
4.1	Poikkeamat verrattuna suunnitelmiin.....	13
4.1.1	Poikkeamien syyt.....	13
5	Hankkeen vaikuttavuus/vaikutukset.....	15
6	Viestinnän toteutuminen ja tulokset .....	16
7	Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen .....	17
8	Tulosraportti (kustannuserittelylomake liitteeksi, ei raporttiin) .....	19
9	Suosituksiset tulevia hankkeita ja ohjelmia ajatellen .....	20
10	Johtopäätökset/yhteenveto hankkeesta ja päätuloksista .....	21

## 1 Tiivistelmä

Lahti on tunnettu ketteränä ympäristötekniikan tutkimus- ja kehitysympäristönä, jossa ympäristövalvonnan, kiertotalouden, maankäytön ja rakentamisen sektorit tekevät saumatonta ja tehokasta yhteistyötä. Tämä mahdollistaa poikkitieteellisten innovaatioiden kehittämisen ja testaamisen käytännön hankkeissa.

Lahden Hiilineutraalin rakentamisen kehityskeskus koordinoi ja hakee rahoitusta hankkeisiin sekä neuvottelee Lahden kaupungin konserniyhtiöiden hankkeita kokeilu- ja kehitysalustoiksi tutkimus-, kehitys- ja innovaatiohankkeille. Lisäksi Lahden kaupungin Hiilineutraalin rakentamisen kehityskeskus neuvottelee ja kokoaa tarvittavat tutkimus- ja kehitysorganisaatiot hankkeisiin. Lahden Hiilineutraalin rakentamisen kehityskeskus -hanketta rahoittaa Päijät-Hämeen liitto. Puukerrostalon tilaamisen kehityshanke on Lahden Hiilineutraalin rakentamisen kehityskeskuksen kokoama hanke, jota rahoittaa Ympäristöministeriö.

Puukerrostalon tilaamisen kehityshankkeessa etsittiin esteitä puurakentamisen yleistymiselle ja kehiteltiin ratkaisuja Lahden Talot Oy:lle puisten kerrostalojen rakentamisen mahdollistamiseksi. Havainnot ja suositukset on koottu julkiseen tilaajaoppaaseen.

## 2 Hankkeen tausta ja tavoitteet

Euroopan komissio on valinnut Lahden kaupungin Euroopan ympäristöpääkaupungiksi vuodeksi 2021. Tunnustus on osoitus Lahden kaupungin pitkäjänteisestä työstä ympäristön hyväksi. Lahden kaupunki kuitenkin tavoittelee entistä kunnianhimoisempia ympäristötekoja ja onkin näin asettanut tavoitteeksi olla hiilineutraali vuonna 2025. Osana tätä tavoitetta on Lahdessa haluttu edistää hiilineutraalia rakentamista.

Tätä tavoitetta edistämään on Lahdessa perustettu Hiilineutraalin rakentamisen kehityskeskus Lahden ympäristö- ja rakennusvalvontaan. Keskusta johtaa TkT Juhani Pirinen. Keskus toimii Lahden elinvoima- ja työllisyyspalveluissa ja tekee tiivistä yhteistyötä kaupungin konserniyhtiöiden kuten esimerkiksi Lahden Tilakeskuksen, Lahdet Talot Oy:n, Lahti Energian ja Spatium Toimitilat Oy:n kanssa. Päijät-Hämeen elinkeinoelämä ja alueen tutkimus- ja koulutuslaitokset ovat tärkeä osa yhteistyöverkostoa.

Hiilineutraalin rakentamisen kehityskeskuksen poikkitieteellinen yhteistyö Lahden kaupungin konserniyhtiöiden hankkeissa mahdollistaa tuotekehitys- ja tutkimustyön käytännön rakennushankkeissa kokeilemalla. Kehitystyön painopiste on hiilineutraalin rakentamisen, kestävän kehityksen ja kiertotalouden innovaatioiden suunnittelemisessa ja testaamisessa.

Keskuksen tavoitteena on löytää uusia tapoja ja teknisiä ratkaisuja infra- ja talonrakentamisen hiilijalanjäljen vähentämiseen, ja tuotteistaa näistä potentiaalisimmat teollisiksi ratkaisuiksi tulevaisuuden rakentamisen tarpeisiin. Tavoitteena on myös löytää uusia tapoja rakennusalan kiertotalouteen tutkimalla ja toteuttamalla purkurakennusten sekä muiden rakennusosien ja materiaalien kierrättämiseen paikan päällä tai lähialueella.

Kaupunki edesauttaa tutkimus- ja kehityshankkeiden rahoitusten hakuprosesseja toimijaorganisaatioidensa kautta ja voi osallistua hankkeisiin mahdollisuuksien mukaan myös pienimuotoisilla rahoitusosuuksilla.

Puukerrostalon tilaamisen kehityshankkeen tavoitteena on tuottaa tutkimus- ja selvitysmateriaalia puukerrostalohankkeen kilpailuttamisoppaaseen näkökulmana elinkaari- ja hiilineutraalius. Vuosien varrella Lahden kaupungin konserniyhtiöiden hankkeissa on käytännössä havaittu ongelma, että puukerrostalohankkeissa on vaikea saada vertailukelpoisia tarjouksia. Joskus tarjouskilpailuissa on käynyt jopa niin, että tarjouksia ei ole saatu lainkaan. Tähän käytännössä havaittuun ongelmaan ovat yhtyneet myös useat alueella toimivat rakennusalan ammattilaiset.

Tähän saattaa osaltaan vaikuttaa laatupisteytys puukerrostalon hankinnassa. Muutenkin hyviä tuloksia antava kokonaistaloudellisen edullisuuden arviointi julkisissa hankinnoissa

on vaikeaa tai lähes mahdotonta jo pelkkää hintaa ja laatua painottamalla. Usein asetetut prosentuaaliset painotukset vaikuttavat vain näennäisesti ja valinta tapahtuu usein melko sattumanvaraisesti. Vielä vaikeammaksi oikeudenmukainen arviointi siis muuttuu kun otetaan mukaan kriteereitä rakennuksen hiilijalanjäljelle ja hiilikädenjäljelle.

Tällä hetkellä on selvää, että se miten hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki huomioidaan rakennushankkeiden laatupisteytyksessä on hankintayksiköiden kokemusten mukaan erittäin haastavaa ja onnistuu vain harvoin. Epäselvää on myös edelliset havainnot huomioiden se, mikä olisi niiden sopiva prosentuaalinen painoarvo kriteereissä kun yhdistämismekanismit eivät useinkaan toimi. Mitään eksakteja lukuarvoja painotuksille ei näistä syistä hankkeessa päädytty esittämään. Tällä hetkellä on myös epäselvää miten hiilitaseisiin liittyvät valintakriteerit olisivat hyväksyttävissä julkisissa hankinnoissa.

Jos hankkeeseen haetaan julkista rahoitusta – kuten esimerkiksi ARA-lainoitusta – voi puukerrostalon urakkatarjoushinta nousta riskivarausten takia tarjouskilpailussa niin korkeaksi, ettei hanke toteudu lainkaan.

Ainakin yhtenä osasyynä edelliseen on havaittu puukerrostalojen erilaiset rakentamistavat ja tekniset ratkaisut, jotka eivät ole keskenään suoraan vertailukelpoisia ja tämä aiheuttaa hajontaa tarjouksiin. Myös liian pitkälle viedyt rakennusten suunnitelmat puolestaan saattavat aiheuttaa tilanteita, että tarjouksia ei niiden takia saada ollenkaan; suunnitelmien mukaista tuotantotekniikkaa ei välttämättä löydy eikä tuotekehitysriskejä haluta ottaa.

Yksi havainto, johon tämän kehityshankkeen avulla pyrittiin vaikuttamaan on se, että esimerkiksi nykyisissä rankarakenteisissa puukerrostaloissa on kohtuullisen vähän puuta, jolloin rakennus ei muodosta kovin merkittävää hiilinielua.

Väitöskirjassaan *“Puukerrostalon rakentamisen esteet ja mahdollisuudet”* TKT Vesa Ijäs toteaa seuraavasti:

*Puukerrostalojen rakentamisen mahdollistamiseksi tulisi avoimesti tuoda esille rakentamistapaan liittyviä haasteita pyrkien samalla osoittamaan ensin vuokra-asunto- ja myöhemmin omistus- ja sijoitusasuntomarkkinoita synnyttäviä vahvuustekijöitä. Kohteiden käynnistämiseksi tarvitaan hankkeen osapuolten välille riskejä jakava sopimukseen perustuva toteutusmalli sekä asuinpuukerrostaloja omaan pitkäaikaiseen omistukseensa rakennuttava taho. Puukerrostalohankkeen erityispiirteet huomioon ottavan hankeprosessin tutkimus tulisi käynnistää kiinnittäen huomiota hankesuunnittelu- sekä käyttövaiheisiin erityisesti huollon- ja korjaustarpeiden näkökulmista. Rakennuttajatahojen pitkäaikaiseen kokemukseen perustuva tieto tulisi siirtää uusien rakennushankkeiden lähtötiedoksi hankesuunnitteluvaiheen ratkaisuja tukemaan. Tiedon*

*välittymiseksi tulisi luoda puukerrostalojen suunnittelua ja rakentamista ohjaava päivitettävä ohjeisto, jonka avulla rakennushankkeeseen ryhtyvät voivat hankesuunnitteluvaiheen päätöksissä rajata pois aikaisemmin riskeiksi todettuja ratkaisuja. Kosteudenhallinnan sekä vesi- ja palovahinkojen kohdalla tulisi ottaa huomioon vakuutusyhtiöiden pitkäaikainen kokemus riskienhallinnasta ja hakea yhteistyössä vahinkoriskejä pienentäviä ratkaisuja. Suunnittelijoista liikkeelle lähtevän täydennyskoulutuksen ohella tulisi käynnistää systemaattinen ja monialainen puukerrostaloihin ja puukerrostalokysymykseen liittyvä tutkimustoiminta. Ensimmäisenä tavoitteena olisi koota aiheeseen liittyvä aineisto avoimesti saataville ja luokitella se tieteellisen aineiston luokitteluun tarkoitetun julkaisutyypiluokituksen mukaisesti.*

### 3 Hankkeen osapuolet ja menetelmät

Puukerrostalon tilaamisen kehityshanke on ympäristöministeriön rahoittama ja Lahden kaupungin hiilineutraalin rakentamisen kehityskeskukseen koordinoima hanke, jossa LAB-ammattikorkeakoulu on päätoteuttajana. Lahden kaupungin puolelta hanketta koordinoi Hiilineutraalin rakentamisen kehityskeskukseen hankejohtaja Juhani Pirinen. LAB-ammattikorkeakoulun puolelta hanketta koordinoi projektipäällikkö Kimmo Liimatainen. Hankkeen ohjausta ja valvontaa varten koottiin ohjausryhmä, joka koostui Hiilineutraalin rakentamisen kehityskeskukseen yhteistyökumppaneista.

LAB projektiryhmä koottiin hankkeen aihepiiriin sopivista asiantuntijoista. Projektipäälliköksi nimettiin arkkitehti Kimmo Liimatainen.

#### Hankkeen ohjausryhmä

- Juhani Pirinen, Hiilineutraalin rakentamisen kehityskeskus, hankejohtaja
- Harry Koskela, Lahden Talot Oy, kiinteistöjohtaja
- Matti Koskinen, Lahden Talot Oy, isännöintipäällikkö
- Jarmo Kärkäs, Lahden Tilakeskus, rakennetekniikan asiantuntija
- Anni Käkönen, Spatium Toimitilat Oy, rakennuttajapäällikkö
- Jouni Kanervo, Spatium Toimitilat Oy, toimitusjohtaja
- Jemina Suikki, Ympäristöministeriö, asiantuntija
- Petri Heino, Ympäristöministeriö
- Sini Koskinen, Ympäristöministeriö
- Jukka Lempiäinen, Rakennusteollisuus RT ry, aluepäällikkö
- Tuomas Salila, JVR-Rakenne Oy tehtaanjohtaja/ Nawoc Oy, toimitusjohtaja

#### Hankkeen projektiryhmä

- Kimmo Liimatainen, LAB-ammattikorkeakoulu, yliopettaja/ projektipäällikkö
- Kirsi Taivalantti, LAB-ammattikorkeakoulu, teknologia yksikön johtaja
- Leena Jormanainen, LAB-ammattikorkeakoulu, lehtori/ asiantuntija
- Timo Lehtoviita, LAB-ammattikorkeakoulu, lehtori/ asiantuntija
- Jussi Kuusela, LAB-ammattikorkeakoulu, lehtori/ asiantuntija
- Topi Huhtanen, LAB-ammattikorkeakoulu, projektisuunnittelija
- Antti Tervo, LAB-ammattikorkeakoulu, opiskelija/ projektityöntekijä

Lisäksi hankkeessa mukana

- Jarmo Laukkanen, LAB-ammattikorkeakoulu, TKI-päällikö
- Kirsi Laaksonen, LUT-Yliopisto, taloussuunnittelija

Hankkeessa pidettiin kaikki kokoukset koronarajoituksista johtuen etäyhteyden välityksellä. Kokoukset aikataulutettiin noin puoleksi vuodeksi kerrallaan. Ohjausryhmän Teams-kokoukset pidettiin noin kuukauden välein, joissa kokousten välillä tehtyjä toimenpiteitä käsiteltiin. Ohjausryhmä seurasi hankkeen etenemistä käytännössä reaaliajassa ja pyysi tarvittaessa tarkistamaan hankkeen suuntaa.

Ohjausryhmän kokouksia pidettiin yhteensä 15 kappaletta:

1. 9.3.2021 klo 10.00
2. 7.4.2021 klo 09.00
3. 11.5.2021 klo 10.00
4. 8.6.2021 klo 09.00
5. 9.8.2021 klo 10.00
6. 9.9.2021 klo 12.00
7. 4.10.2021 klo 10.00
8. 1.11.2021 klo 10.00
9. 2.12.2021 klo 10.00
10. 10.1.2022 klo 10.00
11. 8.2.2022 klo 12.30
12. 8.3.2022 klo 12.30
13. 5.4.2022 klo 12.30
14. 3.5.2022 klo 12.30
15. 31.5.2022 klo 12.30

LAB-projektiryhmä työskenteli projektipäällikön ohjauksessa myös etäyhteyden välityksellä. Projektiryhmän sisäisiä kontrollipalavereja pidettiin tarpeen mukaan yleensä noin kahden viikon välein, tärkeämmissä nivelkohdissa noin viikon välein.

Hankkeelle avattiin LUT-yliopiston hallinnoimalle Teams-alustalle "o365 Puukerrostalon tilaamisen kehityshanke" -tiimi, johon kaikki hankkeen ohjausryhmän ja projektiryhmän jäsenet lisättiin. LAB-ammattikorkeakoulun projektitiimille perustettiin em. tiimin sisään oma suljettu LAB-alitiimi "projektiryhmä", jossa hallinnoitiin hankkeen juoksevia asioita ja ohjausryhmän kokouksissa esiinnousseita mahdollisia muutoksia niihin sekä muita täsmällisemmin määriteltyjä selvitettäviä asioita.



LAB-ammattikorkeakoulun projektitiimin jäsenten ajankäyttöä seurattiin LABissa käytössä olevan Reportronic-projektienhallintaympäristön avulla. Jokainen projektiryhmän jäsen kirjasi kuukausittain hankkeelle tehdyt työtunnit LABin yleisen projektiohjeistuksen mukaan.

## 4 Hankkeen tulokset

Hankkeessa koottiin puukerrostalon tilaamisprosessin kehitysehdotuksia Lahden Talot Oy:lle siitä näkökulmasta, että puukerrostalojen rakennuttaminen mahdollistuisi nykyistä paremmin. Koska ohjeesta tulee julkinen asiakirja sitä voivat käyttää muutkin samoja asioita pohtivat tilaajat ja tilaajaorganisaatiot. Tilaajaoppaan kirjoittamisesta vastasivat pääosin TKT Juhani Pirinen ja arkkitehti Kimmo Liimatainen.

Hankkeen aikana koottiin runsaasti puukerrostalojen tilaamiseen ja puukerrostalon kehittämiseen liittyvää materiaalia. Hankkeessa aloitettiin [puualan toimijoiden kerääminen avoimelle GoogleMaps karttapohjalle](#). Toimijat ryhmiteltiin sahatavaran höylätavaran ja vaneerien tuottajiin, insinööripuutuotteiden tuottajiin, puuelementtituottajiin, suurempia puurakennuksia urakoineisiin urakoitsijoihin, puurakennuksia suunnitelleihin arkkitehteihin, rakennesuunnittelijoihin, palokonsultteihin ja muihin puualan toimijoihin. Lisäksi kartalle koottiin kartan rakentamishetkellä tiedossa olleet toteutuneet puukerrostalot. Kootun kartan tapainen julkinen puualan toimijoiden hakemisto voisi helpottaa hankintayksiköitä esimerkiksi palveluntarjoajien valinnassa

Jo toteutuneista puukerrostaloista pyydettiin hankkeen käyttöön piirustuksia ja suunnitelmia rakenneteknisten ja akustisten seikkojen tutkimiseksi. Osa materiaalista saatiin hankkeen käyttöön luottamuksellisesti sillä ehdolla, että asiakirjoja tai rakennedetaljeja ei julkaista. Rakennetyyppejä ja rakennedetaljeja verrattiin taannoisen RunkoPES 2.0:n vastaaviin.

Hankkeessa kokeiltiin Lahden Talot Oy:n Svinhufvudinkatu 7-11 hankkeen tietomallintamista ja rakennukseen sitoutuvaa hiilimäärää laskettiin suoraan mallista eri rakennevaihtoehtoilla. Kerrostalokohteen ensimmäinen rakennus toimi hankkeessa käytännön kehitysalustana. Jo valmiiksi suunniteltu kerrostalo mallinnettiin LABissa erilaisten simulaatioiden vaatimalla tarkkuudella ArchiCAD 24 -ohjelmalla Lahden Talot Oy:n toimittamien pdf-muotoisten arkkitehtisuunnitelmien pohjalta.

Projektisuunnittelija, rakennusinsinööri Topi Huhtanen teki kohteesta vaihtoehtoisilla, lähtökohtaisesti saman U-arvoisilla rakenteilla vertailulaskelmia sitoutuneen hiilen määrästä (hiilitase). Vertailtavana oli seitsemän ulkoseinätyyppiä, neljä väliseinätyyppiä, neljä välipohjatyyppejä, neljä yläpohjatyyppejä ja neljä katevaihtoehtoa. Kaikkien ulkoseinien ja yläpohjan rakenteiden U-arvot on 0.005:n sisällä. Alkuperäisellä rakenteella ulkoseinien suunniteltu U-arvo on 0.132. Simulaatiot on koottu taulukkoon hankkeen liiteasiakirjoihin.

Rakennevertailua tehtäessä huomattiin, kuinka paljon vaikutusta ulkoseinien lisäksi on puurakenteisilla välipohjilla ja väliseinillä. Jos esimerkiksi välipohja muutetaan massiivi CLT-

laataksi, sitoo se paljon enemmän hiiltä kuin perinteinen palkistovälipohja. Samalla myös rakennuksen hiilijalanjälki pienenee.

Tietomallintaminen mahdollisti hankkeessa nopean eri rakenteiden hiilitaseiden vertailun. Ilman kurinalaista tietomallintamista vaihtoehtoisten rakenteiden vertailu on työläämpää, kun eri rakennetyyppien sisältämät rakennusmateriaalien massat pitää laskea rakenteita vaihdettaessa uudelleen. Lisäksi on huomioitava, että rakenteiden materiaalien vaihtaminen vaikuttaa niin akustiikkaan kuin U-arvoihin. Kun rakenteen ominaisuudet halutaan pitää samana pelkkä materiaalin vaihto ei välttämättä riitä, vaan rakennekerroksia täytyy myös muuttaa. Hankkeessa syntyi käsitys, että tietomallinnus on ehdoton työkalu eri rakennetyyppinä verrattaessa ja optimoitaessa.

Vertailun pohjalta tehtiin excel -työkalu. Työkalua on tarkoitus käyttää ainakin LAB ammattikorkeakoulun opetuskäytössä. Työkalu sisällytetään hankkeessa tuotettujen materiaalien listaan.

Hankkeessa tuotettiin mallinnuskokemusten pohjalta myös ohjeistusmateriaalia hiilitaseen arvioinnista mahdollisimman suoraan ArchiCAD -natiivimallista. Tuotettua ohjeistusmateriaalia käytetään ainakin LAB-ammattikorkeakoulun tietomalli- ja hiililaskentaopetuksessa.

Hankkeessa kokeiltiin hiilitaseen laskemista myös muilla käytössä olevilla työkaluilla kuten OneClickLCA sekä ympäristöministeriön tuottama excel -laskentatyökalu. Kokeessa huomattiin, että tulokset eivät ole keskenään suoraan vertailukelpoisia. Tulosten erilaisuuteen vaikuttavat mm. materiaalien lähtötiedot ja materiaalin hukkakerroin. Suurimman eron aiheuttaa kokemuksen mukaan se, että jos toisiaan vastaavia materiaaleja ei ole eri laskentalustoilla käytössä. Myös hukkakertoimen käyttö aiheutti eroja itse tehtyyn Excel-laskentaohjelmaan, missä ei ole huomioitu hukkakertoimia. Erot eivät välttämättä ole mahdolloman suuria, kuitenkin 5 - 10 % luokkaa.

Hiilitaselaskentaa tehdessä olisi tämän hankkeen kokemusten mukaan ehdottoman tärkeää, että tietyn hankkeen vertailut tehdään vähintään samoilla ohjelmilla. Mieluiten vertailut pitäisi tehdä IFC-tiedostosta listattujen määrien kautta, koska käsin syöttäessä arvoja on aina mahdollisuus, että tieto on syötetty virheellisesti. Myöskin osa lähtötiedoista saattaa jäädä syöttämättä, varsinkin jos tietoa on paljon. Myös vertailijan persoona ja hänen tekemänsä valinnat vaikuttavat lopputuloksiin.

OneClickLCA:n ilmaisversion käytöstä hiilitaselaskennassa tehtiin käyttöohje. Käyttöohjetta käytetään ainakin LAB-ammattikorkeakoulun opetuskäytössä.

Hankkeessa tehtyjen selvitysten perusteella on kirjoitettu kaksi blogikirjoitusta; "Puurakentamisella kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa" ja "Massiivipuurakenne ja ääneneristävyys" LAB Open -blogialustalle, kirjoittajana molemmissa on Topi Huhtanen.

"Puurakentamisella kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa"-kirjoitus selventää, ettei hiilikädenjälki ole aivan yksinkertainen asia. Metsän kasvulla on tärkeä rooli, jotta puun hiilikädenjäljestä on hyötyä. Jos metsää kaadetaan oikean ikäisenä, saadaan puusta paras hyöty hiilen sidonnassa ja varastoinnissa.

"Massiivirakenne ja ääneneristävyys" -kirjoituksen pääasialliset huomiot ovat, ettei ääneneristävyyttä ole Suomessa paljoa tutkittu massiivipuurakenteiden osalta. Muutenkin vaikuttaa oleva hankalaa löytää puurakenteiden akustiikasta kattavaa kokonaisuutta. 2018 muuttuneiden ääneneristävyysvaatimusten vuoksi pääosa kansallisista lähteistä vaikuttaa olevan tietosisällöltään päivittämisen tarpeessa.

Massiivipuurakenteiden akustiikkaa tutkittaessa selvisi, että massiivipuurakenteilla päästään nykyisiin ääneneristävyysvaatimuksiin helpostikin, mutta se vaatii eri rakenneratkaisujen yhdistelemistä. Riittävä ääneneristävyys massiivipuurakenteissa ei välttämättä lisää edes rakennepaksuuksia betonirakenteisiin verrattuna. Valintoja tekemällä voidaan jopa päästä jonkin verran ohuempiin rakennepaksuuksiin, joskaan ei merkittävästi.

Hankkeen aikana aloitettiin puurakentamisen teknisen ja taloudellisen ohjaamisen tietopankin kokoaminen. Lähtötilanteessa tavoite oli keskittää eri puurakentamisen lähteitä yhdelle alustalle mistä ne olisivat kaikkien saatavilla. Tietopankin lähteet keräsivät pääasiassa Topi Huhtanen ja Antti Tervo. Tietoja kerätessä ymmärrys puurakentamisesta kuten puurakenteiden akustiikasta ja paloteknisistä ominaisuuksista kasvoi valtavasti. Eri lähteisiin perehdyttyä havaittiin, että puurakentamisessa Suomi vaikuttaa olevan jäljessä kansainvälisestä kehityksestä vaikka puurakentaminen on historiallisesti Suomessa ollut jopa edelläkävijä (vrt. mm. Puutalo Oy). Esimerkiksi puurakeneratkaisuja löytyy paljon muun muassa saksaksi, mutta ei niin kattavasti suomen kielellä.

Hankkeessa koottu lähdeluettelo sisältää pääasiassa verkkolähteitä puurakentamisesta. Lähteet kerättiin Excel-tiedostoon. Lista sisältää mm. eri kirjallisuuslähteitä, kansainvälisiä verkkojulkaisuja puurakentamisesta, eri rakennevaihtoehtoja puurakentamiselle, akustiikka- ja palotekniikkalähteitä. Lähteistä kirjattiin muistiin verkko-osoite mistä lähteet keräämishetkellä löytyivät, asiasana lähteelle, kirjojen ISSN ja ISBN -numerot, Julkaisuvuosi, julkaisija, kirjoittajat, julkaisumaa, asiasana ja nimike.

Lähdeluettelo ("Puurakentamisen keskitetty lähdeluettelo") on julkisesti ladattavissa ja vapaasti muokattavissa omaan käyttöön sopivaksi avointen oppimateriaalien kirjastossa

(<https://aoe.fi/#/materiaali/2218>) Materiaali sopii niin opetuskäyttöön puurakentamisen kursseille, kuin avuksi ammattilaisille ja puurakentamisesta kiinnostuneille.

Puukerrostalon tilaajaohjeeseen tehtiin lyhyehkö, mutta kattava ja yleistajuinen liite massiivipuukerrostalon akustiikasta. Liite tehtiin koska hankkeessa selvisi, että puurakenteen akustiikka on kuitenkin haastavaa verrattuna esimerkiksi teräsbetonirakenteisiin. Liitteessä käydään pelkistetysti läpi perusteet äänestä ja akustiikasta. Tämän jälkeen käydään läpi mitä lainsäädäntö edellyttää esimerkiksi kerrostalon akustiikalta. Liitteessä on myös kerrottu, miten puurakenteiden akustiikkaa on mahdollista parantaa.

Seuraavaksi liitteessä selvitetään massiivipuurakenteen ääneneristävyyden perusteet, miten se toimii. Liitteessä käydään ilmaääni, askelääni ja runkoääni läpi. Liitteessä sivutaan myös sitä, miten puukerrostalon ääneneristävyyttä voidaan parantaa, ja mitä ekologisempia valintoja ääneneristävyyden osalta on olemassa.

Akustiikkaliitteeseen kuuluu Excel-tiedosto erilaisista rakenteista, mille on löydetty ääneneristävyyden mittaluvut. Näitä rakenteita voi esimerkiksi vertailla hankkeessa tehdyllä Rakennelaskuri-Excelillä.

Hankkeen yhteydessä Lahden hiilineutraalin rakentamisen kehittämiskeskus järjesti 15.3.2022 työpajan, jonka tavoitteena oli selvittää, voidaanko Suomessa vauhdittaa pysyvien kustannustehokkaiden puu- ja hybridirakenteisten rakennusten tuottajien arvoketjujen kehittymistä hallitsemalla arvoketjua kattavammin, hyödyntämällä lean-ohjattua tuotanto- ja toimitusprosessia sekä päätoteuttajan vahvalla suunnittelu- ja konseptointiosaamisella.

- Työpajan tavoitteena oli tarkastella mm. seuraavia osa-alueita:
- Integroitujen projektimallien ja integraatio-osaamisen hyödyntäminen
- Systemisten, koko arvoketjun kattavien, johtamisjärjestelmien (esim. lean) hyödyntäminen julkisissa hankinnoissa ja edellytykset näiden hyödyntämiseen
- Millaista muuta tukea ja osaamista pysyvien arvoketjujen kehittyminen vaatii.
- Työpajan tuotoksia pyritään hyödyntämään Lahden Hiilineutraalin rakentamisen kehityshankkeiden suunnittelussa sekä mm. Lahden kaupungin (Lahden Talot) Puukerrostalon tilaajan oppaan laadinnassa.

Hankkeessa oli optiona oppilastöiden tekeminen. Tavoitteena oli saada tuotettua kaksi AMK-opinnäytetyötä hankkeen aikana esiin nousevista kysymyksistä. Toisen opinnäytetyön aloitti Antti Tervo, mutta keväällä hän päätyi keskittymään opintojensa loppuun saattamiseen ja opinnäytetyö on toistaiseksi kesken.

Toista opinnäytetyötä suunniteltiin tehtäväksi suunnitelmana 1960-80 -lukujen elementtikerrostalon käyttöikänsä päässä olevien julkisivuelementtien korvaamisella puisilla

elementeillä mahdollisesti yhdistettynä parvekevyöhykkeeseen. Sopivaa kohdetta ei saatu Lahdesta eikä Lappeenrannasta ja työ jäi odottamaan toteutumistaan.

Hankkeessa tehtiin yksi erikoistyö, Harri Mäkelän suppea kyselytutkimus ”Puukerrostalorakentamisen haasteita ja mahdollisuuksia”. Mäkelän kyselytutkimuksen yhteenvedossa todetaan:

*“Puukerrostalorakentaminen lisääntyy Suomessa. Aukkaat ovat olleet tyytyväisiä ja kunnat haluavat kaavoittaa tontteja puukerrostaloille. Ilmastonmuutoksen torjuntaan suhtautuminen on muuttunut selvästi 10 – 20 vuodessa. Resurssi- ja energiatehokkuuteen kiinnitetään huomiota entistä enemmän. Suomen metsät kasvavat puuta enemmän kuin niitä hakataan ja puun jalostusastetta halutaan nostaa. Puurakentaminen on yksi ratkaisu puun käytön lisäämiseen. Kaupungistumisen myötä puukerrostaloille on kysyntää, vaikka korona-aika on aiheuttanut myös tilapäistä maallmuuttoa. Puurakennukset sitovat hiilidioksidia ja puu on aidosti uusiutuva rakennusmateriaali. 1 m<sup>3</sup> puuta pystyy sitomaan itseensä n. 700 - 1000 kg hiilidioksidia ilmasta.*

*Mikkolan (2022) mukaan puukerrostalojen rakentaminen tekee lähivuosina todellisen läpimurron. Syynä on 30 – 40 % alhaisempi hiilijalanjälki verrattuna betonikerrostalojen rakentamiseen. Mikkola (2022) korostaa myös esivalmistuksen eli teollisen prosessin mukanaan tuomaa positiivista tuottavuuskehitystä ja uskoo vahvasti, että suuret rakennusliikkeet Suomessakin vihdoin lähtevät mukaan.*

*Kyselyn vastauksissa oli melko paljon vaihtelua. Puukerrostalon suunnittelun hinnassa oli hyvin erilaisia tulkintoja. Rakennesuunnittelun osalta puukerrostalon suunnittelu todettiin usein melko tai hyvin kalliiksi. Useat vastaajat olivat vahvasti esivalmistuksen lisäämisen kannalla eli teollista rakentamista halutaan vietävän pidemmälle. Rakennusliike haluaisi talotehtaalta enemmän palveluita kuin vain elementtien toimituksen työmaalle. Toiset vastaajat olivat sitä mieltä, että aivan kaikkia puurunkorakenteita tarvitaan ja toiset suosivat esim. tilaelementtejä ja CLT – massiivipuulementtejä.*

*Puukerrostalorakentamisessa tuntuu olevan edelleen haasteita ja ristiriitoja. Joidenkin mielestä puuelementtejä on saatavilla, joidenkin mielestä ei ole. Puuelementtitehtaita pitäisi saada Suomeen lisää, koska elementtejä joudutaan tuomaan ulkomailta, vaikka raaka-ainetta täällä olisi. Sahat vievät valtaosan sahatavarasta sahapintaisena vientiin, mm. kauas Japanin taloteollisuuden tarpeisiin. Olisi ekologisempaa jalostaa puu Suomessa ja suomalaisen puukerrostalon tulisi olla ylpeyden aihe. Kuvio ei ole aivan helposti toteutettavissa, koska sahateollisuudella on vakiintuneita pitkäaikaisia*

*asiakassuhteita ympäri maailmaa. Jos teollisuutta saadaan tänne lisää, ei raaka-aineen ohjautuminen kotimaan elementtitehtaille ole ongelma. Hinta ratkaisee.*

*Puu- ja betonikerrostalorakentaminen nähdään jossain vastauksissa vastakkain ja kilpailijoina. Jos ja kun suuret rakennusliikkeet ottavat puukerrostalot tulevaisuudessa ohjelmaan enenevässä määrin, asiaan on tulossa muutos.*

Lahden Talot Oy:llä on tarkoitus rakentaa Svinhufvudinkadulle yhteensä kolme puukerrostaloa. Tilanne mahdollistaa jatkossa rakennettavien kahden puukerrostalon suunnitelmien kehittämisen esimerkiksi tämän hankkeen tulosten perusteella.

#### 4.1 Poikkeamat verrattuna suunnitelmiin

Hankkeessa tehtiin matkan varrella tarvittavia toimenpiteitä resurssien käytön optimoimisen näkökulmasta. Syksyllä 2021 hankkeeseen kiinnitettiin toinen projektityöntekijä kun projektille alun perin kaavailtu aika alkoi loppua. Keväällä 2022 toinen projektityöntekijä lopetti hankkeessa opintojen loppuunsaattamisen aiheuttaman työpaineen vuoksi.

Hankkeelle asetettu toteutusaika oli lähtökohtaisesti kireä ainakin ammattikorkeakoulun opetuksen näkökulmasta. Rahoituspäätöksessä hankkeelle asetettuun määräpäivään 30.11.2021 jäi niukahkosti aikaa. Hankkeeseen lisättiin sen vuoksi henkilöresursseja alkusyksystä 2021. Lisäksi hanke saatiin käyntiin koronasta johtuen viiveellä keväällä 2021. Syksyllä 2021 YM:stä haettiin hankkeelle lisäaikaa kesäkuun 2022 loppuun saakka ja se myönnettiin.

Sisällöllisesti hankkeessa päädyttiin esittämään tarkkojen rakennuttamisen malliasiakirjojen sijaan väljempi opas rakennuttamisessa tehtävistä valinnoista.

##### 4.1.1 Poikkeamien syyt

Aikataulullisesti poikkeamat johtuivat pääosin koronasta sekä oppilaitoksen lukuvuoden rakenteesta ja aikataulusta; hankkeessa esiin nousevien tutkittavien asioiden, sopivien opintojaksojen, opinnäytetöiden ja opettajien työaikasunnitelmien yhteensovittaminen vaatii jonkin verran aikaa, myös koronalla ja siitä johtuvilla etäkäytänteillä oli oma osuutensa aikataulun väljentämistarpeisiin.

Hankkeen sisällölliset poikkeamat verrattuna projektisuunnitelmaan johtuvat puukerrostalon tilaamisen problematiikan tutkimisessa selkeytyneistä painotuksista; liian valmiiksi tehtyjen suunnitelmien vaikutus tarjoushalukkuuteen ja urakoitsijoiden mahdollisuuksiin tuoda hankkeen suunnitteluun omaa tuotantoteknistä osaamistaan; hankintaan määritellyt liian monet poissulkevat kriteerit, jolloin tarjouksen täyttäminen muodostuu maratoniksi; hinta -

laatu suhteen prosentuaalisen painotuksen toimimattomuus jo ilman hiilitaseeseen liittyviä arviointikriteereitä; laatukäsitteen subjektiivisuus, moniulotteisuus (toimijan laatu, prosessin laatu, lopputuotteen laatu) ja muut havainnot johtivat tavoitteiden osittaiseen uudelleen määrittämiseen.



## 5 Hankkeen vaikuttavuus/vaikutukset

Hankkeen positiiviset vaikutukset puurakentamisen edistämiseen kohdistuvat projektisuunnitelman mukaisesti ensisijaisesti Lahden konserniyhtiöiden toimintaan. Laajemmin vaikutukset näkyvät Päijät-Hämeen alueella, mahdollisesti muiden kaupunkien vuokra-asuntoja tuottavien yhtiöiden toiminnassa ja kilpailuttamismenetelmien monipuolistumisena.

Positiivisiin vaikutuksiin lukeutuu myös hankkeen tuloksien hyödyntäminen AMK-opetuksen tukimateriaalina: Lappeenrannan ja Lahden rakennusinsinööri-, rakennusmestari- ja muotoilijakoulutuksessa.

Negatiivisia vaikutuksia vaikuttaisi olevan tiettyjen intressitahojen kasvava puurakentamisen vastustus koska puurakentamisen yksipuolinen promootio saatetaan kokea epäoikeudenmukaisena, tästä on jotakin merkkejä. Puurakentamisen promootio vaikuttaa myös jonkin verran nostavan vastustusta kilpailevien rakennusmateriaalien ja rakennustapojen keskuudessa.

Lisäksi esimerkiksi tilaelementtirakentamisen vastustusta saattaa selittää sen perinteisestä urakoinnista poikkeavan toimintatavan aiheuttama liikevaihdon uusjako – vaikuttaa siltä, että osa työstä ja materiaalihankinnoista siirtyisi tilaelementtivalmistajille ja rakennusurakan arvo sitä kautta pienenesi.

## 6 Viestinnän toteutuminen ja tulokset

Viestintä on keskitetty puukerrostalon tilaamisen kehityshankkeen sivuille LAB-ammattikorkeakoulun palvelimella. LAB-ammattikorkeakoulun blogialustalla <https://www.labopen.fi/lab-pro/> on julkaistu hankkeeseen liittyviä kirjoituksia. Hankkeesta on viestitty myös Lahden Hiilineutraalin rakentamisen kehityskeskukseen sivuilla.

LAB-ammattikorkeakoulun digitaalisella infokanavalla on pyöritetty hankkeen posteria sekä Lappeenrannan että Lahden kampuksilla.

Hankkeesta järjestetään loppuseminaari näillä näkymin 22.9.2022 klo 12-17 Lahden LAB-ammattikorkeakoulun Mukkulan kampuksella osoitteessa Mikkulankatu 19, 15210 LAHTI. Ennakkokutsu on lähetetty 16.6.2022. Ennakkokutsusta on lähetetty tiedote ohjausryhmän jäsenten kautta eteenpäin. Kutsu on välitetty myös Motivan uutiskirjeen mukana edelleen jaettavaksi. Loppuseminaarin tiedot voitaneen julkaista myös Lahden ja Lappeenrannan kampuksien digitaalisella infokanavalla. Loppuseminaari järjestetään syyskuussa osittain myös siksi, että LAB-ammattikorkeakoulun opiskelijoilla on syyslukukauden alettua mahdollisuus osallistua seminaariin.

Hankkeen aikana viestintä on ollut melko niukkaa, koska tulokset ja johtopäätökset ovat antaneet odottaa itseään selvittelyn edetessä. Pääasiallisesti vaikuttavin viestintä toteutuu hankkeessa tuotettavan materiaalin jakamisen kautta.

Pääasiallisena kohderyhmänä ovat rakennushankkeiden tilaajat ja erityisesti kuntien ja kaupunkien vuokratorakennuttajat. Toinen tärkeä kohderyhmä ovat kuntien lautakunnissa valtaa käyttävät poliittiset päättäjät.

Viestintäsuunnitelma on toteutunut projektin suunnitelmien mukaan. Sosiaalisessa mediassa puukerrostalon tilaamisen kehityshankkeesta ei ole toistaiseksi julkaistu mitään.

## 7 Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen

Puukerrostalon tilaamisen kehityshankkeessa havaittu puukerrostalon tilaamisen problematiikka vaikuttaa olevan linjassa muiden vastaavien kansallisten selvitysten kanssa (mm. Nöyrä Puu, Puurakentamisen peruskirja Demos Helsinki 2022). Tässä mielessä tämän hankkeen tulokset ovat vertailukelpoisia ja ovat siten yleistettävissä. Hankkeessa tuotettu ja koottu materiaali on julkista lukuunottamatta luottamuksellisina hankkeen käyttöön toimitettuja rakennesuunnitelmia, joten tuloksia voivat hyödyntää kaikki halukkaat.

Kunnallisella puolella suurimmat riskit puurakentamisen yleistymiseen liittyvät kunnalliseen päätöksentekoprosessiin ja konsensushakuisen poliittisen päätöksenteon kykyyn luoda pitkäjänteisesti edellytyksiä puurakentamiselle. Tällä hetkellä vaikuttaa siltä, että vaikka poliittista tahtoa ja strategioihin kirjattuja tavoitteita puurakentamisen puolesta on, ne siirtyvät käytäntöön kovin hitaasti. Poliittisessa päätöksenteossa investointikustannus on suuressa roolissa. Poliittisen päätöksenteon keskusteluissa rinnastetaan usein tunteellisesti arvolatautuneita asioita; investoidaanko nyt korkealaatuiseen puurakennukseen vaiko lasten ja vanhusten hoivaan – vaikka asiat eivät käytännössä usein olisikaan realistisia vaihtoehtoja.

Vaikuttaa myös siltä, että kehitys riippuu voimakkaasti hankkeessa olevien yksittäisten henkilöiden motivaatiosta ja intohimosta. Usein vaikuttaa ymmärrettävästi siltä, että riskinottoa vältellään ja hankkeissa keskitytään sujuvaan ja kitkattomaan prosessiin itse lopputuotteen jäädessä vähemmälle huomiolle. Näin ollen itse tuote (puukerrostalo, puurakentamisen tekniikka) kehittyy julkisissa hankkeissa hitaasti. Yksi mahdollisuus esimerkiksi liitostekniikan kehittämiseen voisi olla pienet koerakennushankkeet. Onhan esimerkiksi kerrostalon rankarakennetekniikka käytännössä pientalon rankarakennejärjestelmä skaalattuna suuremmaksi.

Lupaavimmat ja innovatiivisimmat tulokset vaikuttavat syntyvän suunnittelukilpailujen pohjalta. Suunnittelukilpailukäytännön soisi yleistyvän julkisissa hankinnoissa, myös puurakennusten osalla.

Poliittisten päätösten perusteena olevien tietojen oikeellisuuteen liittyy epävarmuutta, koska tutkimusten mukaan ainakin infrahankkeiden päätösten takana vaikuttaa olevan investointikustannusten systemaattinen aliarvionti (Flyvbjerg 2002); poliittisten lautakuntien päätösten tietynlainen arvaamattomuus; sekä kuntien ja kaupunkien strategioihin kirjattujen, esimerkiksi puurakentamista tukevien toimenpiteiden sattumanvarainen toteutuminen käytännössä.

Osaltaan riskit liittyvät nykyiseen puutuotemarkkinoiden ja rakennustuotannon rakentamiseen. Riskinä saattaa olla esimerkiksi kilpailevien rakennusmateriaalien edunvalvontajärjestöjen toimenpiteet vaikkapa puurakentamisen yksipuolisen edistämisen aiheuttaman epäoikeudenmukaisuuden tunteen vuoksi. Puurakentamista saatetaan vastustaa muun muassa oman teollisuudenhaaran markkina-aseman turvaamiseksi vaikka oikeusteitse (KHO:2015:56).

Puukerrostalohankkeiden kiinnostavuutta voisi lisätä suuruuden ekonomian kautta; useat hankintayksiköt voisivat koota puukerrostalohankkeista suuremman kokonaisuuden ja taata puukerrostalorakentamiselle jatkuvuutta, tällöin puukerrostalon rakennustekniikkaa voitaisiin kehittää toistuvissa kohteissa. Rakennusliikkeiden palautteen mukaan suuremmat kokonaisuudet kiinnostaisivat välittömästi.

Kaiken kaikkiaan vaikuttaa siltä, että puurakentamisella voisi olla disruptiivisen ts. hajottavan innovaation ja mahdollisesti merkittävän toimialamurroksen voimaa. Yleistyessään laajamittaisesti puurakentaminen voisi muuttaa sekä puutuoteteollisuutta, rakennusalaan että maamme viennin rakennetta.

## **8 Tulosraportti (kustannuserittelylomake liitteeksi, ei raporttiin)**

Kustannuserittelylomake liitteeksi LUT/LAB taloushallinnolta.

## 9 Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia ajatellen

Jatkohankkeiksi voisi ajatella esimerkiksi Runko PES 2.0:n päivittäminen kierrätettävyyden näkökulmasta; miten luoda sellaisia puurunkojärjestelmiä, että rakennuksissa oleva puu olisi mahdollisimman helposti uudelleen käytettävissä. Myös materiaalin työstettävyyteen tulisi kiinnittää huomiota – mitä vähemmän puisissa rakennusosissa on esimerkiksi terästä tai nauvoja sen helpommin se on työstettävissä ja käytettävissä uudelleen.

Sofistikoidun puuliitostekniikan kehittäminen voisi myös olla osa kehitystyötä. Esimerkkiä voisi hakea vaikkapa japanilaisesta puuliitostekniikasta. Myös tietokoneohjatun puun työstön mahdollisuuksia voisi tutkia. Yksi vaikuttavimpia moderneja esimerkkejä on Swatch & Omega Campus/ Swatch pääkonttori, jossa on tuhansia yksilöllisiä elementtejä. Blumer-Lehmann on käytännössä osoittanut standardoinnin tarpeettomaksi; tietomallinnetun kohteen jokainen yksilöllinen osa on työstetty hämmästyttävällä tarkkuudella ja rakenne on voitu kasata mekano-sarjan tapaan. Yksittäisiä rakennusosia ei ole tarvinnut työstää työmaalla.

Myös historiallisesti käytössä olleet puurakentamistekniikat voisivat olla kiinnostava tutkimuksen kohde. Hyvin luultavasti puurakentamisen osaamista on kadonnut valtava määrä edesmenneiden osajien mukana. Hyvä esimerkki historiallisen esimerkin mukaan tutkimuksen kautta tuotteistetusta puurakennustekniikasta on lämpökäsittelty puu. Ihmiset ovat hyvin pitkään ymmärtäneet lämpökäsittelyn vaikutuksen puuhun. Muitakin tekniikoita on varmasti unohtunut aikojen saatossa. Moderniin aikaan tuotaessa niillä voisi olla melkoinen kaupallinen potentiaali.

Jatkossa ainakin oppilaitosyhteistyötä sisältävien hankkeiden aikaraamit voisivat olla väljempiä.

## 10 Johtopäätökset/yhteenveto hankkeesta ja päätuloksista

Hankkeiden projektisuunnitelmia kirjoitettaessa voi olla vaikea paikallistaa todellista kehitystä kaipaavaa kohdetta. Saattaa olla, että vain oireet ovat näkyvissä eikä mahdollisten hankaluuksien todellista juurisyytä vielä ymmärretä. Hankkeiden alussa kirjattujen tavoitteiden muuttuminen matkan varrella on merkki oppimisesta; oppimista tapahtuu kun mielipiteet ja käsitykset muuttuvat.


Hankkeessa havaittiin, että puukerrostalon rakennuttamisprosessit kaipaavat monipuolisuutta. Yhdellä tietyllä tavalla toimien kehitystä ei juurikaan tapahdu tai se tapahtuu yleensä yksittäisten motivoituneiden yksilöiden ponnistusten kautta.

Puukerrostalon tilaamisen kehityshankkeessa havaittiin myös, että koska yleensä rakennushankkeiden päätöksenteko pohjautuu kylmästi taloudellisiin seikkoihin, niin tällä hetkellä kalliimmalta vaikuttavaa puurakentamista on vaikea esimerkiksi poliittisissa elimissä perustella. Puurakentamisen tuotannon vakiintumattomuuden vuoksi se ei tällä hetkellä vaikuta aina olevan taloudellisesti kilpailukykyistä muiden rakentamistekniikoiden kanssa eikä siksi helposti yleisty.

Hankkeessa havaittiin myös, että laajamittaisempi puurakentaminen vaikuttaa edelleen olevan koeluontoista toimintaa. Suurimittakaavainen puurakentaminen ei ole vielä missään nimessä valtavirtaa. Pientalorakentamisessa puurankarakenne on valta-asemassa.

Teknisesti lainsäädännössä määritellyt olennaiset tekniset vaatimukset täyttäviä rakennuksia voidaan toteuttaa puusta ilman ongelmia.

Puurakentamisen yleistymisen suurimmat esteet ovat syvään juurtuneissa asenteissa ja olemassa olevissa toimintatavoissa – toisaalta ne vaikuttavat olevan markkinoiden rakenteessa. Nämä molemmat ovat muuttuneet näihin päiviin saakka melkoisen hitaasti. Ilmastomuutoksen torjumisen vaatimus vauhdittaa puurakentamista globaalisti. Vaa'ankieli saattaa kääntyä nopeastikin, kun kriittinen massa on saavutettu.



**Kimmo Liimatainen**, arkkitehti SAFA,  
Puukerrostalon tilaamisen kehityshankkeen projektipäällikkö

