

27.12.2019

Loppuraportti 1.5. – 31.12.2019

Projektin Nimi: Joensuu Light House – tutkimus- ja kehitystoimenpiteet

Päärahoittaja: Ympäristöministeriö

Projektin toteutusaika: 1.5.2018 – 31.12.2019



Raportin laatija:

Mikko Matveinen

050 370 5830

mikko.matveinen@karelia.fi

SISÄLTÖ

1. TKI-PROJEKTIN TAUSTA JA TAVOITTEET	3
2. TOTEUTUS JA TULOKSET	4
2.1 SUUNNITTELUN AIKAISET TOIMENPITEET.....	4
2.1.1 Rakennuttamisprosessin dokumentointi.....	4
2.1.2 Käytetyt rakenneratkaisut.....	4
3.1 TYÖMAANAIKAISET TOIMENPITEET	5
3.1.1 Äänitekniset mittaukset.....	5
3.1.2 Tiiveysmittaukset.....	5
3.1.3 Rakennustekniset tutkimukset.....	6
3.1.4 Työmaan dokumentointi	8
3. VIESTINTÄ JA NÄKYVYYS	8
4. JATKOTOIMENPITEET	9

1. TKI-projektin tausta ja tavoitteet

Puurakentamisen suurimmat kasvumahdollisuudet Suomessa liittyvät kerrostalorakentamiseen, julkiseen rakentamiseen, hallimaisiin rakennuksiin ja infrastruktuurirakentamiseen. Tämän TKI-projektin alkaessa Suomessa ei oltu rakennettu yhtään yli 8-kerroksista puukerrostalokohdetta. Huomioiden betonikerrostalorakentamisen volyymi voidaan myös sanoa, että rakennetut puukerrostalokohteet ovat vielä prototyyppejä ja kerroskorkeudeltaan maksimissaan 8-kerrosta. Lisäksi kohteiden rakentaminen on ollut muutaman kaupallisen toimijan varassa, joten luotettavaa ja paikkansapitävää tietoa näiden kohteiden suunnitteluun liittyvistä haasteista, kuten teknisten ratkaisujen toimivuudesta ja pitkäaikaiskestävyydestä ei ole saatavilla.

Kun tämä TKI-projektin toteutus alkoi Opiskelija-asunnot Oy Joensuun Elli oli parhaillaan rakennuttamassa 14-kerroksista puukerrostalokohdetta (Lighthouse Joensuu). Kohde valmistui elokuun lopussa 2019 ja se oli valmistuessaan Suomen korkein puukerrostalo. Rakennuskohde oli merkittävä pilottikohde kansallisessa ja kansainvälisessä mittakaavassa, sillä siinä käytetty rakennejärjestelmää ei oltu koskaan aikaisemmin käytetty näin korkeassa rakennuksessa. Karelia-ammattikorkeakoulun puurakentamisen painopistealueen näkökulmasta kerrostalokohde tarjosi merkittävän tutkimus ja kehittämisympäristön puurakentamiseen liittyvän osaamisen kasvattamiseksi sekä sen levittämiseksi valtakunnallisesti.

Tämän TKI-hankkeen tavoitteena oli tuottaa tietoa korkeiden, yli 8-kerroksisten puukerrostalojen, suunnitteluun ja työmaa toteutukseen liittyen. Tässä yhteydessä tarkastelun kohteena oli Lighthouse Joensuu 14-kerroksinen puukerrostalo. Kohteesta kerättävää tietoa olivat mm. rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen toimivuus, rungon painumat ja siirtymät, äänitekkninen toimivuus ja työmaateknikka. Kohteesta tuotettu tieto tukee puurakentamisen alan kehittymistä erityisesti korkean kaupunkirakentamisen kontekstissa.

Toimenpiteiden toteutuksessa hyödynnettiin Karelia-ammattikorkeakoulun henkilökuntaa sekä opiskelijoita. Alla on kuvattu tämän TKI-hankkeen projektisuunnitelman mukaisia tutkimus- ja kehittämistoimenpiteitä.

Suunnittelunaikaiset toimenpiteet:

1. Rakennuttamisprosessin dokumentointi, korkean rakennuksen suunnittelussa ja rakennuttamisessa huomioon otettavat erityispiirteet
2. Rakennerratkaisujen dokumentointi, sis. palo- ja äänitekkniset ratkaisut

Toteutus- ja käytönaikaiset toimenpiteet:

3. Käytettyjen rakenteiden dokumentointi työmaalla
4. Rakennuksen äänitekkniset ja tiiveysmittaukset työmaavaiheessa
5. Rakennustekniset tutkimukset:
 - a. Rakennuksen painumien seuranta
 - b. Rakennuksen huojumisen seuranta
 - c. Rakenteiden kosteus- ja lämpötekkninen toimivuus

2. Toteutus ja tulokset

2.1 Suunnittelun aikaiset toimenpiteet

Suunnittelunaikaisten tutkimustoimenpiteiden tavoitteena oli dokumentoida korkean puurakennuksen rakennuttamisessa ja suunnittelussa huomioon otettavia erityispiirteitä. Lisäksi tavoitteena oli kerrostalokohteen rakenneratkaisujen dokumentointi mukaan lukien palo- ja äänitekniset ratkaisut.

2.1.1 Rakennuttamisprosessin dokumentointi

Projektissa on suoritettu rakennusprojektin keskeisempien tahojen haastattelut rakennuttamisprosessin näkökulmasta. Haastatteluaineistojen pohjalta tuotettiin Karelia-amk:n C-sarjan julkaisu yhteistyössä Teollisen rakentamisen ratkaisut – arvoketjumallista liiketoimintaa - EAKR-kehityshankkeen kanssa. Lisäksi aiheen tiimoilta toteutettiin opinnäytetyö.

Puu korkeassa kaupunkirakentamisessa – Artikkelikokoelma:

<https://www.theseus.fi/handle/10024/160082>

Lighthouse Joensuun rakennuttamisprosessi:

<https://www.theseus.fi/handle/10024/178790>

2.1.2 Käytetyt rakenneratkaisut

Kohteessa käytettyjen rakenneratkaisujen dokumentoimiseksi toteutettiin opinnäytetyö. Opinnäytetyö käsittelee puukerrostalokohteessa käytettyjä rakenteita ja kohteen erityispiirteitä, kuten palo- ja äänitekniikkaa.

Puun käyttö korkeissa asuinrakennuksissa:

<https://www.theseus.fi/handle/10024/161209>

3.1 Työmaanaikaiset toimenpiteet

Työmaan aikaisten toimenpiteiden tavoitteena on ollut kerätä tietoa kohteen toteutuksesta, mukaan lukien rakenteiden äänitekninentaloiminta, rakenteiden tiiveydet ja rungon siirtymät. Lisäksi eri työvaiheet pyrittiin dokumentoimaan valokuvin mahdollisimman tarkasti.

3.1.1 Äänitekniset mittaukset

Rakennuksessa suoritettiin äänitekniisiä mittauksia työmaavaiheessa sekä valmiissa kohteessa. Mittaukset ovat sisältäneet työmaanaikaisia ilmanääneneristävyyden mittauksia huoneistojen välisten seinien osalta kolmen tarkastelun kohteena olleen seinän osalta. Lisäksi suoritettiin askelääneneristävyyden mittauksia eri työvaiheiden välillä kolmen eri huoneiston välipohjan osalta. Osa mittaustuloksista on dokumentoitu opinnäytetyön muotoon.

Puukerrostalojen rakenteiden äänitekninen toimivuus - case Joensuu Lighthouse:

<https://www.theseus.fi/handle/10024/170357>



Kuva 1. Huoneistot, joissa äänitekniisiä mittauksia suoritettiin.

Äänitekniisten mittausten tueksi suoritettiin myös yksittäisiä asukashaastatteluja. Haastattelujen tarkoituksena oli selvittää asukkaiden kokemuksia liittyen rakennuksen äänimaailmaan, sillä pelkät mittaustulokset eivät kerro asukkaiden subjektiivisesta kokemuksesta. Haastattelujen tuloksia esiteltiin Puupäivässä 2019 Helsingin Messukeskuksessa.

Aineisto saatavilla:

<https://www.puupaiva.com/ohjelma>

3.1.2 Tiiveysmittaukset

Rakennuksessa suoritettiin tiiveysmittauksia. Mittaukset suoritettiin valituissa huoneistoissa 3 ja 7 kerrosten osalta. Tiiveysmittausten tulokset raportoitiin opinnäytetyön muotoon. Kyseinen opinnäytetyö ei ollut vielä valmistunut tämän raportin tekohetkellä. Valmis raportti tullaan julkaisemaan osoitteessa www.theseus.fi.

3.1.3 Rakennustekniset tutkimukset

3.1.3.1 Rungon painumien mittaus

Toimenpiteiden tavoitteena oli tarkastella rakennuksen työmaa-aikaista kohtisuoraa painumaa. Osatavoitteena oli myös perehtyä jälkijännitettyjen vetotankojen käyttäytymiseen suhteessa rakennuksen painumaan. Lisäksi pitemmän aikavälin tavoitteena on selvittää kohteen rakenteiden pitkäaikaista hiipumaa.

Rakennuksen rungon asennuksen aikaisien painumien mittaamiseksi jouduttiin kehittämään oma mittaajärjestelmä, sillä markkinoilta ei löytynyt valmista käyttötarkoitukseen soveltuvaa ratkaisua. Painumamittaajärjestelmä sijoitettiin rakennuksen hissikuiluun. Rungon painumia mitattiin jälkijännityssuunnitelman mukaisesti n. kolmen kerroksen välein, sitä mukaa kuin rakennuksen runko nousi. Rungon asennuksen aikaiset painumamittaustulokset on raportoitu asiantuntija-artikkelin sekä opinnäytetyön muotoon.

Jälkijännitettyjen puurakenteiden painumat – Lighthouse Joensuu, Puulehti 3/2019

https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/PUU_3_kokonaan_low_o.pdf

Puukerrostalon rungon painumat ja ulkoseinärakenteen rakennusfysikaalinen toiminta:

<https://www.theseus.fi/handle/10024/166542>



Kuva 2. Työmaa-aikaisen painumamittaajärjestelmän sijoittuminen rakennuksessa ja käytetty mittalaitteisto.

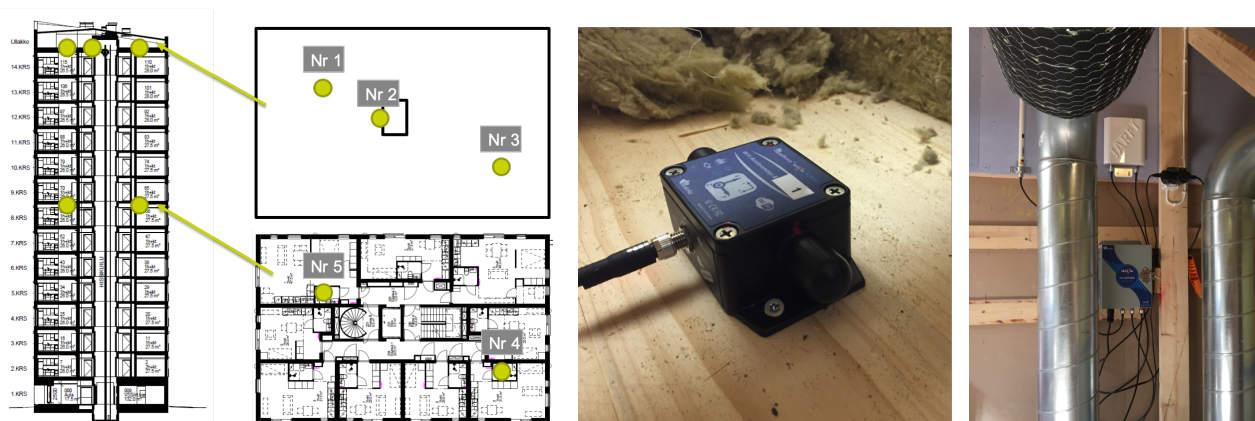
Helmikuussa 2019 hissikuilun levystöiden ja hissien asennuksen vuoksi painumamittaajärjestelmä jouduttiin purkamaan ja siirtämään uuteen paikkaan. Mittaajärjestelmä asennettiin uudelleen porrashuoneen puolelle talotekniikan nousukuiluun, minne se on tarkoitus myös jättää toistaiseksi. Järjestelmä saatiin kytkettyä uudelleen päälle lokakuussa 2019 kohteen käyttöönoton jälkeen. Kohteen rakenteiden pitkäaikaista hiipumaa ei pystytty määrittämään projektin toteutusaikana, vaan tutkimustulokset julkaistaan myöhemmin.

3.1.3.2 Rungon huojunnan mittaus

Huojunnan mittaamiseksi kilpailutettiin ja hankittiin mittausjärjestelmä Elkome Systems Oy:ltä. Huojunnan mittaus tapahtuu viiden kiihtyvyyssaturin avulla, jotka mittavat kiihtyvyyttä ja kallistuskulmaa. Näiden parametrien avulla saatiin laskennallisesti kohteen värähtelytaajuus (Hz). Mittausantureista kolme sijoitettiin rakennuksen ullakkotilaan ja kaksi rakennuksen kahdeksanteen kerrokseen. Mittausjärjestelmän käyttöönotto tapahtui elokuussa 2019. Alustavia mittauksia esiteltiin Puupäivässä 2019 Helsingin Messukeskuksessa. Rakennuksen huojunnan mittaamisesta on myös käynnistetty opinnäytetyö, mikä ei kuitenkaan ollut vielä valmistunut tämän raportin tekohetkellä.

Aineisto saatavilla:

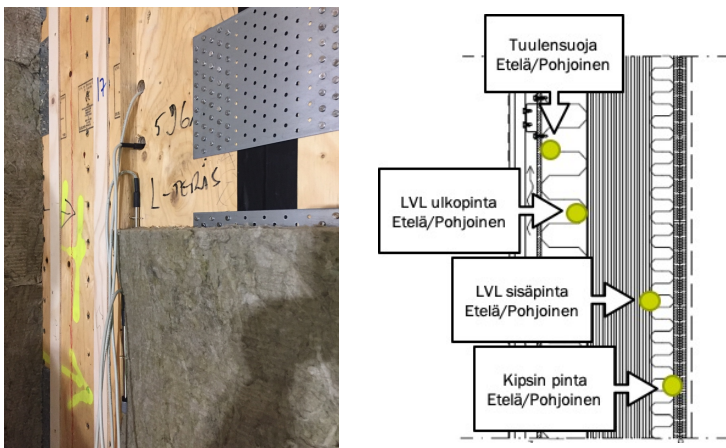
<https://www.puupaiva.com/ohjelma>



Kuva 3. Kiihtyvyyssantureiden sijainnit rakennuksessa sekä käytetty mittalaitteisto.

3.1.3.3 Rakenteiden kosteus ja lämpötekkinen toiminta

Puukerrostalon rakenteisiin asennettiin lämpötila- ja kosteusantureita kuuteen mittapisteeseen pohjois- ja eteläseinille (kerrokset 2, 7 ja 14) yhteensä 24 kpl. Anturit on asennettu siten, että yhdessä mittapisteesessä on aina neljä anturia seinärakenteen eri kerroksissa. Lämpötila- ja kosteusanturit on kytketty rakennuksen taloautomaatiojärjestelmään. Rakenteiden kosteus ja lämpötekkinen toimintaa tullaan seuraamaan 1-5 vuoden aikajänteellä ja tulokset tullaan raportoimaan myöhemmin.



Kuva 4. Lämpötila- ja kosteusantureiden sijoittelu rakenteisiin.

3.1.4 Työmaan dokumentointi

Kohteessa käytettyjen rakenteiden dokumentointia toteutettiin suorittamalla työmaakäyntejä noin kahden viikon välein. Dokumentointi tapahtui still-kameralla. Lisäksi työmaan dokumentoinnin avuksi asennettiin kaksi kameraa, jotka kuvaavat työmaata. Toinen kameroista oli ns. timelapse-kamera, jonka materiaalista tuotettiin nopeutettu video kohteen rakentumisesta. Toinen on valvontakamera, josta työmaan tapahtumia pystyi seuraamaan reaaliaikaisesti.

Kuvakooste rakennusvaiheista:

<https://www.dropbox.com/sh/709zsot5cro2m9g/AAB8YzW5elsWEfhIPB-KIb70a?dl=0>

Timelapse-video:

<https://www.youtube.com/watch?v=h4O3gbWJ3Nk>

3. Viestintä ja näkyvyys

Viestinnällisten toimenpiteiden tavoitteena on ollut jakaa tietoa tehdyistä tutkimustoimenpiteistä sekä informoida tästä TKI-hankkeesta yleisöä. Tärkeimpiä viestintäkanavia ovat olleet alan lehtien ja tapahtumien lisäksi Karelia-ammattikorkeakoulun puurakentamisen www-sivut (www.karelia.fi/puurakentaminen) sekä puurakentamisen uutiskirjeet. TKI-hanketta esiteltiin lukuisien kohde-esittelyjen yhteydessä eri vierailijaryhmille, joista osa oli kansainvälisiä vieraita. TKI-hankkeesta tehtiin myös lehdistötiedote, joka julkaistiin ePressi-julkaisualustalla.

TKI-hanketta ja tutkimustuloksia ja on esitelty alan lehdissä, mukaan lukien Puulehti, Holz-Zentralblatt ja New Zealand Timber Design Society Journal. Lisäksi TKI-hanketta ja tutkimustuloksia on esitetty eri tapahtumien yhteydessä, kuten Puupäivässä (2018-2019).

Viestinnälliset toimenpiteet:

Artikkelit:

- Holz-Zentralblatt, 9/2019
- New Zealand Timber Design Society Journal, 2/2019
- Puulehti, 3/2019
- 24. Internationales Holzbau-Forum (IHF2018) -julkaisu
- Puu korkeassa kaupunkirakentamisessa – Artikkelikokoelma, Karelia-amk:n julkaisuja
- Karelia.fi lehti (englanninkielinen)

Lehtijutut:

- Puumieslehti, 9/2018
- Puulehti, 3/2018
- RIA jäsenlehti, 4/2018
- Sanomalehti Karjalainen, 29.8.2019

Puheenvuorot tilaisuuksissa:

- Puupäivä 2018
- International Wood Construction Conference (IHF2018)
- [Puupäivä 2019](#)

Verkkonäkyvyys:

- [Karelia-amk: puurakentamisen www-sivut](#)
- [Karelia-amk:n puurakentamisen uutiskirje, 4/2018](#)
- [Karelia-amk:n puurakentamisen uutiskirje, 4/2019](#)
- [Woodarchitecture.fi](#)
- [Projektiutiset.fi](#)

4. Jatkotoimenpiteet

Osa tässä TKI-hankkeessa toteutetussa tutkimustoimenpiteistä tulee jatkumaan myös tulevaisuudessa. Kohteeseen asennetut painumamittauslinja, kiihtyvyyssanturit sekä lämpötila- ja kosteusanturit tuottavat mittaustuloksia myös tulevaisuudessa. Tutkittavia asioita ovat muun muassa rakennuksen rungon hiipuma, huojunta eri sääolosuhteissa sekä ulkoseinärakenteiden kosteus- ja lämpötekniinen toiminta pitkällä aikavälillä. Lisäksi kohteessa on tarkoitus toteuttaa kattavampi asukastyytyväisyyskysely ensimmäisen vuoden käytön jälkeen.