

**BUSINESS
FINLAND**



Future Spaces -hanke



24.8.2022



Prof. Juha Vinha
Rakennusfysiikka, Rakennustekniikka

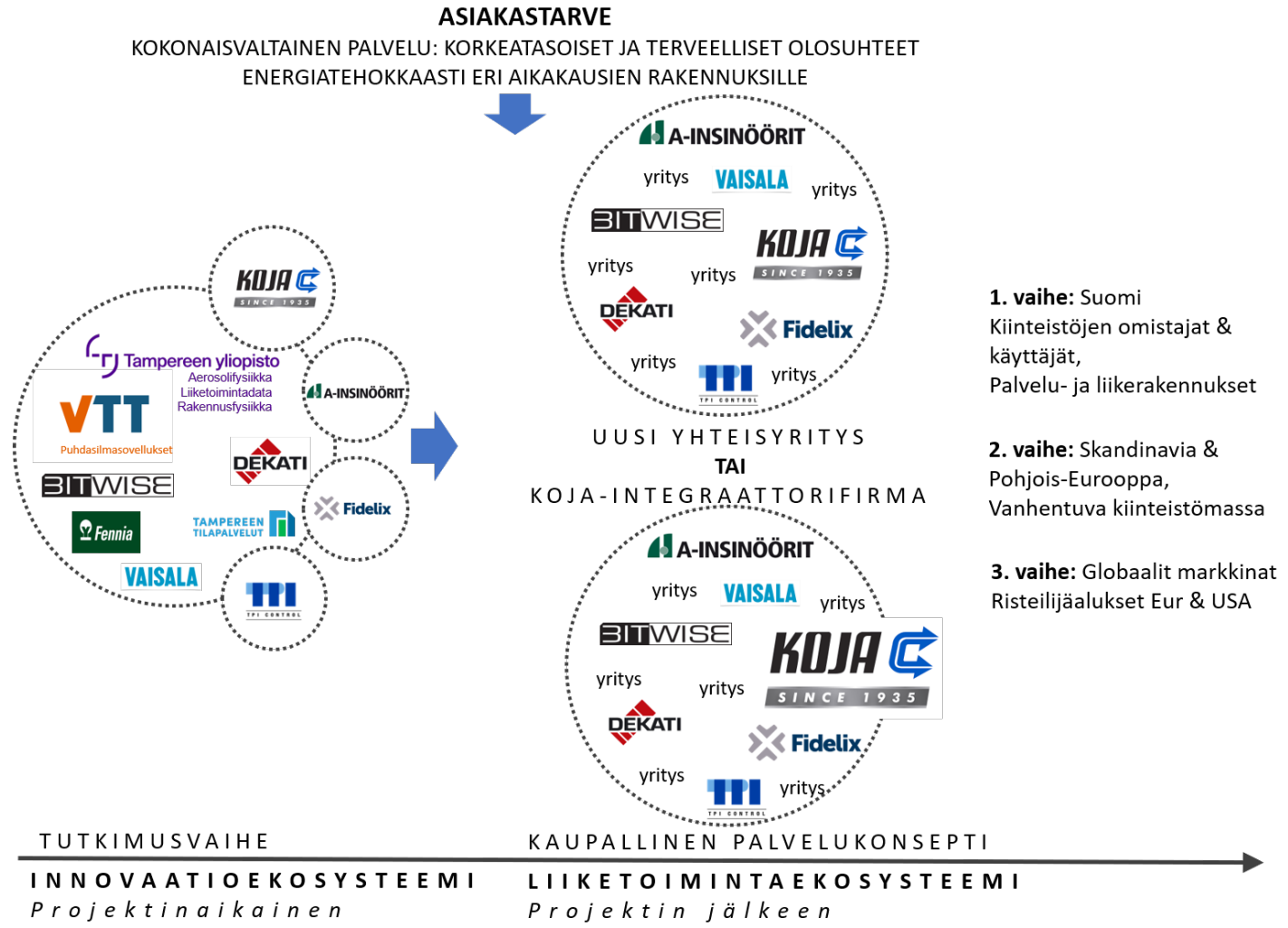
Tausta ja tarve

- Palvelu- ja liikerakennukset (paljon sisäilmaongelmia, paljon käyttäjiä)
- Sisäilmaongelmat ja laatupuutteet
 - Vanhojen rakenteiden kosteus- ja homevauriot (virheellinen rakentaminen, puutteellinen huolto)
 - Ilmanvaihdon toiminta (paine-erot, toiminnallisuus)
 - Kiristyneet sisäilman laatuvaatimukset (yhdisteiden pitoisuustasot, fysikaaliset olosuhteet)
 - Ilmansaasteet
- Ilmastonmuutos
 - Kosteusrasitusten lisääntyminen (monien rakenteiden toiminnan heikkeneminen ja vaurioituminen)
 - Energiansäästö (rakenteiden ja ilmanvaihdon toiminta, suunnitellun ja toteutetun väliset erot)
 - Kokonaishiilijalanjälkitarkastelut (materiaalit ja toteutustavat)
- Korkeatasoisen suomalaisen tutkimustiedon ja tietotaidon vienti ja soveltaminen ulkomaisiin korjauskohteisiin
- Erilaisten liiketoimintamallien soveltaminen korjausrakentamisen viennissä

Koko hankkeen tavoitteet

- Hankkeen tavoitteena on ollut kehittää uudenlainen yrityskonsortion muodostama **palvelukonsepti**, joka varmistaa eri aikakauden rakennuksille korjausten yhteydessä **korkeatasoiset ja terveelliset olosuhteet** sekä **energiatehokkuuden** myös **pitkälle tulevaisuuteen**.
- Konseptin tavoitteena on tehokkaampi ja suoraviivaisempi tapa toteuttaa palvelu- ja liikerakennuksille **ennakoivaa korjausta**. Kohderyhmänä ovat erityisesti **koulut, päiväkodit ja toimistorakennukset**.
- Palvelukonseptin avulla on tavoitteena saada **uusia liiketoimintamahdollisuuksia** suomalaiselle kiinteistöjen korjaamiseen ja ylläpitoon liittyvälle osaamiselle sekä **vientiä ulkomaille**.

Palvelukonsepti ja liiketoimintaekosysteemi



- 1. vaihe:** Suomi
Kiinteistöjen omistajat & käyttäjät,
Palvelu- ja liikerakennukset
- 2. vaihe:** Skandinavia & Pohjois-Eurooppa,
Vanhentuva kiinteistömassa
- 3. vaihe:** Globaalit markkinat
Risteilijäalukset Eur & USA

Future Spaces -hankkeen rakenne



Tutkimushankkeen tavoitteet

- Olemassa olevan tutkimustiedon hyödyntäminen liiketoimintamalleista, niiden kehityksestä sekä soveltumisesta toimialaan, liiketoimintamallin kehittäminen korjausrakentamisen palvelukonseptiin ja vientiin.
- Eri aikakausille tyypillisten koulujen ja toimistorakennusten rakenteiden ja rakennusmateriaalien sekä korjaukseen ja energiatehokkuuden parantamiseen liittyvien määräysten ja ohjeiden selvittäminen Suomessa ja muulla palvelukonseptin päämarkkina-alueella.
- Tyypillisten vaipparakenteiden kosteusteknisen toiminnan tarkasteleminen ottamalla huomioon erityisesti ilmastonmuutoksen ja lämmöneristyksen lisäyksen aiheuttamat kosteusrasitusten lisäykset sekä korjausohjeiden parantaminen näiden rakenteiden osalta.
- Poissaoloaikoina tapahtuvan ilmanvaihdon kokonaan sammuttamisen vaikutusten selvittäminen.
- Ulkoilman olosuhteiden ja ilmansaasteiden vaikutusten selvittäminen sisäilman olosuhteisiin.
- Sisäolosuhteiden ja viihtyvyyden parantaminen sekä energiankulutuksen minimoiminen talotekniikan eri osa-alueilla teknologisen kehitykseen ja ohjaustekniikkaan perustuen.
- Olosuhteiden hallinnan ja ohjauksen kehittäminen siten, että järjestelmä toimii optimaalisesti rakennuksen ikä ja käyttö huomioiden.

Future Spaces -hankkeen volyymitietoja

Hankkeen kokonaiskustannukset **3 675 000 €**

- Tuotekehitys Oy Tamlink (hankekoordinaattori)

Tutkimushanke **1 780 000 €**

- TAU Rakennusfysiikka (tutk.koord.) 750 000 €
- TAU Aerosolifysiikka 300 000 €
- TAU Tietojohdaminen 330 000 €
- VTT 400 000 €
- Henkilötyökuukaudet 155
- Tutkimusaika (1.9.2020–**31.5.2023**) 2 v 9 kk

Yritysten kehityshankkeet **1 895 000 €**

- Koja Oy 780 000 €
- A-Insinöörit Suunnittelu Oy 500 000 €
- TPI Control Oy 615 000 €
- Fidelix Oy (käynnissä toinen tähän liittyvä BF-hanke)
- Yritysrahoitus tutkimuslaitoksille 105 000 €
- Yritykset 9 kpl
 - Tampereen Tilapalvelut Oy
 - Fennia Kiinteistöt Oy
 - Dekati Oy
 - Vaisala Oyj
 - Bitwise Oy
- Tutkimusaika (1.9.2020–31.8.2022) 2 v

Future Spaces

**Tutkimuksen päätuloksia ja
toteutettuja asioita**

Työpaketit TP1–TP7

Markkinoiden ja liiketoimintamallien kartoitus TP1

TAU, Tietojohdaminen

- Kerättiin tietoa ekosysteemin nykytilasta, nykyliiketoimintamalleista ja tarpeista: Drivers & Hindrances, Case Bank.
- Ekosysteemin toimijoiden roolien, kyvykkyyksien ja liiketoimintamallivaihtoehtojen kartoitus: Transaction Analysis, PPX Readiness Model for ecosystem, Capability Analysis, Non-ownership Business Model configuration (M-Box)
- Ekosysteemillä on useita mahdollisia liiketoimintamallivaihtoehtoja, joiden PPX-”syvyys” vaihtelee ja joita voidaan hyödyntää eri asiakassegmenteissä.
 - Malli, jossa asiakas omistaa ison osan laitteistoa, ekosysteemin palveluosuus on hyötyperusteinen.
 - Malli, jossa ekosysteemi tai rahoittaja omistaa kaiken laitteiston, laskutus perustuu puhtaammin saavutettuihin hyötyihin.
 - Voitonjaon malli riippuu valitusta yritysrakenteesta, strategiasta ja liiketoimintamall(e)ista. Reilun voitonjaon komponentit tunnistettu.

Liiketoimintamallien kehittäminen TP2

TAU, Tietojohtaminen

- Toteutettiin tiekartta PPX-liiketoimintakyvykkyyden rakentamiseksi sekä erillisenä data-analytiikkaan liittyvien kyvykkyyksien kehittämisen tiekartta (perustuen PPX-mallia markkinoilla hyödyntävien kokemuksiin)
- Strategiset valinnat → Taktiset valinnat → Operatiivinen kehitys. Keskeistä iteratiivisuus ja vaihtoehtojen kokeilu.
- Tehtiin eksperimenttejä (toimijoiden ja asiakkaiden haastatteluja) vaihtoehtoisten liiketoimintamallien validoimiseksi.
- Tarve ja tilaus IEQ:n parantamiselle on olemassa. Eri liiketoimintamallivaihtoehdot soveltuvat erilaisiin asiakas(/rakennus)segmentteihin. Täysin perinteinen malli vaikea useissa segmenteissä.

Ilmanlaatuun liittyvät tuottavuustarkastelut TP3

VTT

- Kehitettiin laskentatyökalu sisäilman laadun epäpuhtauksien sekä niiden tuottavuusvaikutusten mallinnukseen.
- Työkalua koekäytettiin tuloilmansuodatusratkaisujen arviointiin hyödyntäen koekohteen ulkoilman partikkelipitoisuuden mittausdataa, jonka avulla laskettiin sekä sisäilman partikkelipitoisuudet että IO-suhteet.
- Työkalu on laajennettavissa myös energia- ja lämpöviihtyvyydestarkasteluihin.
- Pilotoitiin ihmiskehon eksergiakulutustasoon perustuva uusi lämpöviihtyvyyshenotelmä.
- Pilotoinnin tukena olivat käyttäjäkyselyt ja lämpöviihtyvyyshmittaukset hankkeen koekohteissa.

Rakenteiden toiminta TP4, 1/2

TAU, Rakennusfysiikka

- Palvelukonseptin päämarkkina-alueella (Pohjoismaat ja Saksa) ei tehdä toistaiseksi juurikaan ennakoivaa korjaamista energiatehokkuuden parantamiseksi tai ilmastonmuutokseen varautumiseksi.
- Energiatehokkuuden parantamisvaatimukset ja -ohjeet vaihtelevat korjaamisen yhteydessä eri kohdemaissa.
- Suomen lisäksi koulujen ja päiväkotien sisäilmaongelmat eivät korostu muissa pääkohdemaissa.
- Puurunkoisten ulkoseinärakenteiden kosteustekninen toiminta heikkenee paksua lämmöneristettä ja ohutta kipsilevytuulensuojaa käytettäessä. Koetulokset vahvistavat aiempia laskentatuloksia.
- Tiiliverhouksien kosteustekninen toiminta voi olla laskennallisia tuloksia parempi. Käyttäytyminen riippuu mm. tiilien ja saumalaastien ominaisuuksista ja yhteistoiminnasta, joista tarvittaisiin lisää tutkimustietoa.
- Massiivitiilirakenteiden onnistunut sisäpuolinen lämmöneristäminen edellyttää sekä riittävän kapillaarista lämmöneristettä että ulkopintaan laitettavaa viistosateelta suojaavaa pinnoitetta.

Rakenteiden toiminta TP4, 2/2

TAU, Rakennusfysiikka

- Tuuletettujen yläpohjarakenteiden kosteusteknistä toimintaa voidaan parantaa mm. kosteutta sitovalla lämmöneristeellä ja optimaalisella ilmanvaihdolla. Myös lämpöä eristävä aluskate voi parantaa rakenteen toimintaa.
- Rakenteiden rakennusfysikaaliset laskentatulokset eroavat edelleen merkittävästi koetuloksista. Eroja aiheuttavat mm. materiaalien kosteuspitoisuuden muutokset. Erot ovat yleensä sitä suuremmat mitä suurempi on materiaalien kosteuskapasiteetti.
- Rakennusmateriaalien tasapainokosteusominaisuuksissa tulee huomioida sekä lämpötilariippuvuus että hystereesi. Näistä ei ole juurikaan mittaustietoja olemassa
- Kosteutta sitovia materiaaleja käytettäessä vaipparakenteiden kosteustekninen toiminta on todellisuudessa yleensä parempi kuin laskelmissa.

Sisäilman olosuhteiden hallinta TP5

TAU, Rakennusfysiikka

- Ilmanvaihdon kokonaan sammuttaminen yöaikaan ja viikonloppuisin ei heikennä sisäilman olosuhteita merkittävästi, jos ilmanvaihto laitetaan päälle riittävän aikaisin ennen tilojen käytön alkua.
- Radonin kannalta ilmanvaihto olisi suositeltavaa laittaa päälle jo kolme tuntia ennen tilojen käytön alkua nykyisen kahden tunnin ohjeistuksen sijaan.
- Ilmanvaihdon kokonaan sammuttaminen ei lisännyt tilojen käyttäjien kokemia terveyshaittoja tutkituissa koekohteissa.
- Ilmanvaihdon kokonaan sammuttaminen pienensi vaipparakenteiden yli vallitsevia paine-eroja. Suurimmassa osassa koekohteissa paine-erot olivat kuitenkin muutenkin varsin hyvin hallinnassa.
- Nykyisillä taloteknisillä järjestelmillä ilmanvaihdon aiheuttamat paine-erot vaipan yli on mahdollista saada hallintaan myös ilman, että ilmanvaihtoa sammutetaan kokonaan. Vanhemmissa kohteissa, tätä voidaan kuitenkin tarvita (erillispoistot ja pääilmanvaihto ilman säätömahdollisuutta).
- Ilmanvaihdon kokonaan sammuttamisella on mahdollista vähentää myös rakennusten energiankulutusta.

Ulkoilman vaikutus sisäilmaan TP6

TAU, Aerosolifysiikka

- Tehtiin laajoja ilman laadun kenttämittauksia tutkimuksessa mukana olleiden toimistokohteiden sisäilmasta ja ympäröivästä ulkoilmasta.
- Tutkituissa kohteissa hiukkasten infiltraatio (kulkeutuminen ulkoa sisälle) tuottaa enemmän hiukkasia sisäilmaan kuin sisälähteet.
- Merkittävimmät toimistojen sisäilman pitoisuuksiin vaikuttavat tekijät ovat ulkoilman hiukkaspitoisuus ja ilmanvaihdon toteutus.
- Myös monet muut tekijät vaikuttavat, esimerkiksi hiukkasten koko sekä tuulen suunta ja nopeus.

Ilmanvaihtotekniikat TP7

VTT

- Kehitettiin uusi LTO ratkaisu, jonka lämmönsiirto-ominaisuudet ovat merkittävästi nykyratkaisuja parempia ja toimivuus on todennettu prototyypeillä tehtyjen mittausten sekä CFD simulaatioiden avulla.
- Tehtiin laboratoriomittauksia sekä kenttämittauksia kenttäkohteiden tuloilman suodattimien suodatustehokkuudesta.
- Validoitiin teoreettisen mallin antamaa sisäilman hiukkaskokoriippuvaista I/O-suhdetta TAU:n tekemien mittausten perusteella
- Laadittiin sisäympäristöpalvelun ilmansuodatuskonsepti, joka keskittyy tuloilman suodatukseen ja huomioi Future Spaces -kokonaiskonseptin tarpeita ja kohdealueita.

Julkaisut ja viestintä

- Hankkeen kotisivut
 - <https://www.futurespace.fi/>
- Kansainväliset vertaisarvioidut julkaisut
 - Lehtiartikkelit (julkaistu 1 kpl, tulossa n. 10 kpl)
 - Konferenssiartikkelit (julkaistu 7 kpl, tulossa n. 10 kpl)
- Kansalliset julkaisut
 - Diplomityöt (julkaistu 1 kpl, tulossa 4 kpl)
 - Patenttihakemukset (1 kpl)
 - Rakennusfysiikka-seminaarien artikkelit (julkaistu 6 kpl, tulossa n. 15 kpl)
Rakennusfysiikka 2023, 25.–27.10.2023
 - Loppuseminaarin esitykset (27 kpl)

Tieteellisiä julkaisuja on tulossa hankkeesta yhteensä yli 50 kpl.