

# Kiinteistön olosuhdeanturointi

**Digitaalisesta anturoinnista uusiin  
liiketoimintamalleihin ja kestävämpään kehitykseen**

Markku Kilpi

Opinnäytetyö

Toukokuu 2020

Tekniikan ala

Insinööri (YAMK), digitaalinen toimitusketju

Tekijä(t) Kilpi, Markku	Julkaisun laji Opinnäytetyö, ylempi AMK	Päivämäärä Toukokuu 2020
	Sivumäärä 121	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Kiinteistön olosuhdeanturointi</b> Digitaalisesta anturoinnista uusiin liiketoimintamalleihin ja kestävämpään kehitykseen		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (YAMK), digitaalinen toimitusketju		
Työn ohjaaja(t) Eero Aarresola, Marko Viinikainen		
Toimeksiantaja(t) Lehto Asunnot Oy, VaBe Oy, Betset Group Oy		
Tiivistelmä <p>Rakennusallalla on viime vuosien aikana käynnistynyt voimakas murros. Digitalisaatio on vaikuttanut vahvasti asiakaskäyttäytymiseen, teknologiseen murrokseen ja markkinoiden murrokseen. Kiinteistökantojen korjausvelan kasvaessa ja ilmastovaihteluiden yleistyessä ollaan vääjäämättä etenemässä tarkempaan ja monipuolisempaan datan käytön aikaan.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää liiketoimintamalli digitaaliselle anturoinnille, sekä analysoida alalla toimivien yritysten työntekijöiden näkemyksiä digitaalista analysointijärjestelmää kohtaan. Liiketoimintamallin kehittämisen lisäksi saatiin anturoitavan kohteen olosuhdedatasta selvitettyä eri ulkoseinäelementtien toimivuutta.</p> <p>Tutkimusmenetelmänä käytettiin laadullista tutkimusta. Haastateltavina oli erikokoisten rakennusalan yritysten työntekijöitä. Haastattelusta saatiin tärkeää tietoa markkinoiden nykytilanteesta, sekä kartoitettua eri yritysten kehittämishalukkuutta anturointijärjestelmää kohtaan. Olosuhdedataa kerättiin Saarijärven biotalousinstituutin kiinteistöstä, jossa jo aiemmin saatuja olosuhdedatoja vertailtiin vuonna 2020 saatuihin olosuhdedatoihin.</p> <p>Työn tulokseksi saatiin olosuhdedatapohjaisia trendikäyriä eri elementtityyppien osalta, jotka auttavat elementtivalmistajia kehittämään ja parantamaan omaa tuotekatalogiaan. Tämän lisäksi saatujen datojen pohjalta kyettiin löytämään tarvittavia toimenpiteitä liiketoimintamuotoiluun vaikuttavista osatekijöistä. Työn tuloksena syntyi roadmap-suunnitelma jatkokehitystyön tueksi anturoitavan kiinteistömassan ympärille. Luotu suunnitelma on sovellettavissa uudis- ja korjauskohteisiin.</p>		
Avainsanat (asiasanat)  Rakennusala, Kiinteistökannan nykytila, Digitaalinen anturointijärjestelmä		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet) Liitteet 7 & 8 ovat salassa pidettäviä, joka on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon peruste Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 17, yrityksen liike- tai ammattisalaisuus. Salassa pitoaika viisi (5) vuotta, salassapito päättyy 18.5.2025.		

Author(s) Kilpi, Markku	Type of publication Master's thesis	Date May 2020
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 121	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Digital sensing for real estates</b> From digital sensing to new business models and sustainable development		
Degree programme Master's Degree Programme in digital supply chain management		
Supervisor(s) Eero Aarresola, Marko Viinikainen		
Assigned by Lehto Asunnot Oy, Vabe Oy, Betset Oy		
<p>Summary</p> <p>The construction industry has undergone a major upheaval in recent years. Digitalisation has had a major impact on customers behavior, the technological upheaval and the market upheaval. As the debt for the correction of real estate stocks increases and climate variations become more common, we are inevitably moving towards a more accurate and versatile time of data use.</p> <p>The purpose of the thesis was to find a business model for digital sensing, and to analyze the views of the employees of companies operating in the field towards a digital analysis system. In addition to the development of the business model, the functionality of the various external wall elements was determined from the condition ratio data of the object to be sensed.</p> <p>Qualitative research was used as the research method. Employees of construction companies of different sizes were interviewed. The interview provided important information on the current situation in the market, as well as the mapped willingness of various companies to develop a sensor system. The condition data were collected from the property of the Saarijärvi Bioeconomy Institute, where the previously obtained condition data was compared with the condition data obtained in 2020.</p> <p>The work resulted in condition data-based trend curves for different element types, which help element manufacturers develop and improve their own product catalogs. In addition, based on the data obtained, it was possible to find the necessary measures on the factors influencing business design. As a result of the work, a roadmap was created to support the extension work around the property mass to be sensed. Created plan is applicable to new and repair projects.</p>		
Keywords/tags (subjects) Digitalization, Construction, Current Status of the Property, Digital sensing for real estates		
<p>Miscellaneous (Confidential information)</p> <p><i>Appendixes 7 and 8 are confidential which have been removed from the public thesis. Grounds for secrecy: Act on the Openness of Government Activities 621/1999, Section 24, 17: business or professional secret. Period of secrecy is five years and it ends 18.5.2025.</i></p>		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>6</b>
1.1	Opinnäytetyön tavoite .....	7
	Lehto Group .....	8
	Betset Group Oy .....	8
	VaBe Oy .....	9
	Kaarimotion Oy .....	9
<b>2</b>	<b>Tutkimusasetelma .....</b>	<b>9</b>
2.1	Tutkimuskysymykset ja rajaukset .....	9
2.2	Tietoperustan määrittely .....	10
2.3	Tutkimus- ja analyysimenetelmät .....	11
<b>3</b>	<b>Digitalisaatio .....</b>	<b>13</b>
3.1	Sanasto .....	13
3.2	Perinteiset teknologiat ja yritykset digitalisaation kynnyksellä .....	15
3.3	Digitalisaation aikaansaamat murrokset .....	16
3.4	Suomen digitalisaatio .....	20
3.5	Asioiden internet (IoT), Big Data ja keinoäly .....	21
<b>4</b>	<b>Sisäilmaongelmien nykytilanne, korjaustarpeet ja velkaantuminen .....</b>	<b>22</b>
4.1	Sanasto .....	22
4.2	Korjauskannan nykytilanteen katsaus .....	23
4.3	Sisäilman ongelmat ja vaikuttavuus .....	24
4.4	Työnantajan vastuut ja velvoitteet sisäilma-asioissa .....	25
4.5	Rakennuskannan nykytilanne, vauriotarkastelu ja tulevat korjaustarpeet .....	28
4.6	Rakennuskannan korjausvelka ja valtiovelka .....	30
4.7	Rakennuseratkaisut ja ilmastonmuutos .....	33
4.7.1	Vaipan ilmanpitävyys .....	34
4.7.2	Betonijulkisivujen toiminta .....	34



4.7.3	Rakennusaikaisen kosteuden kuivuminen betonielementin sisäkuoresta .....	35
4.7.4	Tiiliverhottu puurankaseinä.....	35
4.7.5	Sisäpuolelta eristetyt massiivirakenteet .....	36
<b>5</b>	<b>Digitaaliset palvelut ja uuden liiketoiminnan muotoilu.....</b>	<b>36</b>
5.1	Liiketoimintamallin runko ja selvittävät asiat .....	36
<b>6</b>	<b>Tutkimuksen toteutus.....</b>	<b>40</b>
6.1	Haastattelun tavoite ja toteutus .....	40
6.2	Tulokset & vastaajat .....	41
6.3	Vastaukset .....	42
6.3.1	Digitaalisen analysointijärjestelmän tarpeellisuus? .....	42
6.3.2	Järjestelmälle asetetut vaatimukset vastaajien näkökulmasta.....	43
6.3.3	Järjestelmästä saatava mahdollinen hyöty vastaajien näkökulmasta.....	43
6.3.4	Lisäarvoajattelu järjestelmään liittyen .....	44
6.3.5	Oleellisin ja kiinnostavin mittausaikaväli järjestelmään liittyen ....	44
6.3.6	Rakennusmateriaalien valinta mittaus- ja analysointijärjestelmää varten.....	45
6.3.7	Järjestelmälle soveltuvat kohteet.....	45
6.3.8	Järjestelmälle soveltuvat talotyypit.....	45
6.3.9	Anturointijärjestelmän investoinnit kokonaisrakennuskustannuksista .....	46
6.3.10	Datapalvelun hinnoittelu €/kk.....	46
6.3.11	Investoinnin takaisinmaksutapa.....	47
6.3.12	Anturointi ja mittaaminen myyntiargumentteina.....	47
6.3.13	Kiinnostus yhteistyöstä järjestelmän kehittämisestä ja panostamisesta siihen .....	48
6.4	Data-analyysin toteutus .....	49
6.4.1	Kohdetietoja .....	49
	Liite 1. Koerakentamissiiven seinävahvuudet ja eristemateriaalit.....	50

Liite 2. Lämpötila- kosteusantureiden sijoituspaikat seinärakenteissa ylemmässä kuvassa koerakentamissiipi ja alemmassa kuvassa luokkasiipi.....	51
Liite 3. Rakennuksen pohjakuva, josta selviää rakennetyyppien sijainnit. ....	52
6.4.2 Anturien asennus.....	56
Liite 4. Lämpötila-kosteusantureiden sijoittaminen betonielementteihin syvyysuunnassa .....	56
6.4.3 Mittausdata-aineiston esittely .....	56
6.4.4 Käyttöjärjestelmän laitteiston teknisiä tietoja .....	76
6.4.5 Järjestelmän pilvipalvelu ja etävalvonta .....	79
6.5 Havaintojen kirjaaminen, analyysi ja tulkinta .....	80
<b>7 Johtopäätökset.....</b>	<b>81</b>
7.1 Lämpötilan ja suhteellisen kosteuden johtopäätökset tarkasteluajalta 24.2.2020 – 28.3.2020 .....	81
7.1.1 Paine-erojen johtopäätökset tarkasteluajalta 24.2.2020 – 28.3.2020.....	81
7.2 Johtopäätökset suhteellisen kosteuden ja lämpötilan vaihtelun vertailun suhteen vuosilta 24.2.2011 – 28.3.2011 & 24.2.2020 – 28.3.2020.....	85
7.3 Johtopäätökset liiketoimintamallin osalta .....	86
7.4 Muutosten hallinta ja liiketoimintamallin toteuttaminen .....	86
Liite 7. Liiketoimintamallin roadmap-suunnitelma .....	87
7.5 Digitalisaatio kiinteistökannan kunnon tarkastelun tueksi ja velkaantumisen estäjäksi.....	88
<b>8 Pohdinta.....</b>	<b>90</b>
8.1 Saadut kyselytulokset.....	90
8.2 Saadut analyysitulokset.....	91
8.3 Tutkimuksen arviointi.....	92
8.4 Tutkimuksen soveltaminen .....	92
8.5 Jatkotutkimus .....	93

<b>Lähteet .....</b>	<b>93</b>
----------------------	-----------

<b>Liitteet .....</b>	<b>95</b>
-----------------------	-----------

Liite 1. Koerakentamissiiven seinävahvuudet ja eristemateriaalit .....	95
Liite 2. Lämpötila- kosteusantureiden sijoituspaikat seinärakenteissa ylemmässä kuvassa koerakentamissiipi ja alemmassa kuvassa luokkasiipi .....	97
Liite 3. Rakennuksen pohjakuva, josta selviää rakennetyyppien sijainnit .....	99
Liite 4. Lämpötila-kosteusantureiden sijoittaminen betonielementteihin syvyysuunnassa .....	100
Liite 5. Kyselylomake kohdeyrityksille .....	101
Liite 6. Opinnäytetyön tietovarastotaulukko .....	107
Liite 7. Liiketoimintamallin roadmap-suunnitelma ja stepit sinne pääsemiseksi.....	<b>Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.</b>
Liite 8. Ecovisorin tuottama tarvekartoitushaastattelu digitaaliselle analysointijärjestelmälle.....	<b>Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.</b>

## Kuviot

Kuvio 1. Sisäilmaongelmien käsittelykaavio.....	27
Kuvio 2. Kosteusvaurioon johtavien syiden osuudet kiinteistöissä .....	29
Kuvio 3. Rakennusten korjaukset ja kuluminen 2011 .....	31
Kuvio 4. Tutkimusprosessin eteneminen .....	80
Kuvio 5. Riippuvuussuhteet ansaintalogiikan muutoksessa .....	89

## Taulukot

Taulukko 1. Kosteusvaurioiden luokittelu .....	30
Taulukko 2. Valtionvelan ja Bruttokansantuotteen käyrä .....	32
Taulukko 3. Kotitalouksien asuntolaina- ja yhtiölainakanta .....	32

Taulukko 4. Kuntien ja kuntayhtymien lainakanta sekä rahavarat 1985-2016, mrd €	33
Taulukko 5. Suhteellisen kosteuden käyttäytyminen eri eristemateriaaleilla ajan kanssa .....	35
Taulukko 6. Liiketoiminnan runkokaavio .....	37
Taulukko 7. Kyselyyn vastanneiden määrät ja roolit haastattelutulosten pohjalta ....	41
Taulukko 8. Digitaalisen analysointijärjestelmän tarpeellisuus haastattelutulosten pohjalta.....	42
Taulukko 9. Mittausaikaväli haastattelutulosten pohjalta.....	44
Taulukko 10. Anturijärjestelmän käyttökohteiden valinta haastattelutulosten pohjalta .....	46
Taulukko 11. Hinnan muodostuminen haastattelutulosten pohjalta.....	47
Taulukko 12. Myyntiargumentin muodostuminen haastattelutulosten pohjalta .....	48
Taulukko 13. Kiinnostuksen jakaantuminen haastattelutulosten pohjalta .....	48
Taulukko 14. Rakennetyypit ja ilmansuunnat .....	53
Taulukko 15. Seinäeristemateriaalit ja määrät eri mittalinjojen kohdalla.....	55

# 1 Johdanto

Rakennusala on mielletty hyvin perinteiseksi teknologian alaksi, ja vaikka viime vuosina onkin runsaasti nostettu rakennusteollisuudessa esille digitalisoitumisen kehityshankkeita, niin kehitys on ollut vielä melko maltillista. Suunnitteluympäristössä tietomallien potentiaalin hyödyntäminen esimerkiksi kiinteistön ylläpitämisessä on vielä vähäistä. Työmaiden dokumentoinnissa ja datan säilyttämisessä on vielä runsaasti parannettavaa. Muutoksen viivästyminen on johtunut varmasti osaltaan tietämättömyydestä sekä palveluiden puutteellisesta tuotteistamisesta. Teknologisesti on kehittytty niin valtaisin askelein tiedonsiirron, pilvipalveluiden ja eri mittausmenetelmien osalta, että asiakas- ja markkinamurros on vielä edessäpäin. Tämä työ toivottavasti antaa lisää tietoa, ideoita ja näkemystä tulevaa murrosta koskien.

Tässä opinnäytetyössä tutkittavan digitaalisen anturointijärjestelmän tarkoitus oli tuottaa vertailevaa olosuhdedata-analyysia valitun kiinteistön anturoinnin ympäriltä mm. elementtien kehittämisen tueksi, sekä kuivumisaikataulujen määrittämiseksi. Liiketoiminnan kehityksessä keskityttiin anturointiin erityisesti siitä syystä, että data olisi puolueetonta ja mielipiteille jäisi vähemmän sijaa datan jatkojalostukseen liittyen. Anturoitavaksi dataksi valikoitui Suhteellisen kosteuden, lämpötilan ja painerojen mittaus kiinteistössä. Datan pohjalta kyetään saamaan tietoa muun muassa eri elementtityyppien toimivuudesta, sekä selvittämään rakenteiden käyttäytymistä. Saadun datan pohjalta kyetään parantamaan elementtitoimittajien tuotteiden laatua, sekä antamaan kiinteistön omistajille tietoa mahdollisista puutteista ja korjaustarpeista rakenneosiin liittyen. Datan pohjalta voidaan myös havainnoida, mikäli tilojen käytön aikaiset olosuhteet toteutuvat säännösten mukaisesti. Opinnäytetyö antaa työkalun anturoitavan kiinteistökannan liiketoimintamallin perustamiselle. Markkinoiden tilanne esitetään kiinteistökannan arvon heikkenemisellä. Kyseinen kohde valikoitui opinnäytetyön aiheeksi siitä syystä, että siellä on aiemmin tutkittu rakenteiden kosteus- ja lämpötilakäyttäytymistä. Näin vanhoja datavirtoja saatiin verrattua keskenään nykyisen anturoinnin kanssa.

## 1.1 Opinnäytetyön tavoite

Opinnäytetyön keskeisenä tavoitteena oli, että opinnäytetyön tilaajapuolelle kyetään tuottamaan haastattelujen pohjalta markkinaselvitystä digitaalisesta anturointijärjestelmästä. Käytännössä tämä tarkoittaa uudenlaisen markkinan analysointia ja uudella digitaalisella anturointipalvelulle liiketoimintaan suuntautuvaa roadmap-suunnitelmaa. Tavoitteiden täyttymisen seuraamiseksi voidaan käyttää mittarina ainakin markkinoiden tilannetta selventävää haastatteluosiota, sekä anturoitavasta pilttikiihteistöstä saatavia data-analyysin trendikäyriä.

Tavoitteena oli myös tuottaa vertailevaa olosuhdedata-analyysia valitun kiinteistön anturoinnin ympäriltä. Tarkoitus on saada tietoa, miten seinärakenteiden kosteus- ja lämpötilakäyttäytyminen on muuttunut lähes kymmenen vuoden aikana. Samalla saadaan tietoa kevään aikaisista tapahtumista seinien eristetiloissa. Lisäksi verrataan erilaisten lämmöneristeiden ja betonielementtien paksuuksien vaikutusta kosteuden ja lämmön kulkeutumisessa rakenteissa. Saatua tietoa tullaan hyödyntämään mm. betonielementtisuunnittelussa ja rakennusten kuivumisaikataulujen määrittelyssä. Tieto on tärkeää rakennusten elinkaariajattelun kannaltakin, rakenteista halutaan terveitä rakenteita tilojen käyttäjille ja kiinteistölle.

Opinnäytetyön hypoteesina oli, että muuttuvan maailman ja heikkenevän kiinteistökannan ympärille saataisiin luotua järkevä ja eteenpäin kehittyvä liiketoimintamalli, joka osittain auttaisi koko rakennusalaan odottavaa ja tapahtuvaa digisiirtymää. Työ toimii pohjana poikkitieteellistä jatkokehitystyötä varten. Kehitystyön eteneminen riippuu suurelta osin rakennusalan yritysten halusta kehittää toimintamalleja digiajan mukaisesti.

Seuraavassa mainittavat yritykset toimivat opinnäytetyön tilaajapuolena. Tilaajat ja JAMK kustansivat digitaalisen anturointijärjestelmän perustamisen analysoitavaan kiinteistöön. Anturijärjestelmän kohteeseen toteutti lamit.fi Oy, joka on erikoistunut

muun muassa rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen. Tutkimus suoritettiin SSYP Kiinteistöt Oy:n tiloihin, jossa myös JAMK biotalousinstituutti sijaitsee.

### Lehto Group

Lehto Group on suomalainen rakennusalan yritys. Yrityksen palveluksessa oli vuoden 2018 alussa 1552 työntekijää. Konsernin liikevaihto oli vuoden 2018 tilinpäätöksessä 721,5 miljoonaa euroa. Yhtiön palvelualueisiin kuuluvat asunnot, toimitilat ja hyvinvointitilat, joista asuntojen osuus on hieman alle puolet kokonaisliikevaihdosta. Yhtiö on mukana rakennusalan toimintaympäristön muutoksessa, jossa he pyrkivät muun muassa kehittämään uudenlaisia digitaalisia prosesseja ja palveluketjuja asiakkaidensa hyödyksi. (Näin syntyi Lehto Group. n.d. Artikkelin sivustolla [lehto.fi](https://lehto.fi/yritys/historia/), joka on yrityksen kotisivu. Viitattu 21.4.2020. <https://lehto.fi/yritys/historia/>)

### Betset Group Oy

Betset on suomalainen perheyhtiö, joka on perustettu vuonna 1950 Kyyjällä. Nykyisellään yritys toimii yhdeksällä eri paikkakunnalla ja on Suomen toiseksi suurin betonisten rakennuselementtien toimittaja. Betsetin tuotevalikoimaan kuuluvat erilaiset betonielementit, valmisbetoni ja pumppaus. Yrityksen visioon kuuluu olla toimialan halutuin ja luotettavin yhteistyökumppani laadun, toimitusvarmuuden sekä palvelun myötä.

Betset on mukana digikehityksessä muun muassa luomassa asiakkailleen uudenlaista digitaalista palveluympäristöä. Palveluympäristö toimii yhdistämällä rakennettavan kohteen 3D-suunnittelumallin tuotannon järjestelmiin ja pilvipalveluun, josta kaikki projektin osapuolet voivat tarkastella kohteen reaaliaikaista mallipohjaista esitystä elementtien suunnittelu- ja valmistustilanteesta. (Älykkään rakentamisen edelläkävijä. n.d. Artikkelin sivustolla [betset.fi](https://betset.fi/yritys/), joka on yrityksen kotisivu. Viitattu 21.4.2020. <https://betset.fi/yritys/>)

## VaBe Oy

VaBen yritys ja tuotanto sijaitsee Valkeakoskella. VaBe on valmistanut erityyppisiä betonielementtejä jo 25 vuotta. Nykyisellään yrityksessä toimii yli 120 työntekijää. Vuodesta 2011 VaBe on ollut täysin perheomisteinen yritys. VaBe toimittaa elementtejä asiakkaiden tarpeisiin.

Yritykseen liittyy myös sisaryrityksiä. VaBe Talot Oy palvelee pienrakentajia ja Virossa sijaitseva VaBe Baltic Oü valmistaa puolestaan erityyppisiä puutuotteita yrityksille ja yksityishenkilöille. VaBe Oy omistaa osan intialaisesta VME Precast Pvt. Ltd:stä, joka suunnittelee, valmistaa ja asentaa betonielementtejä paikallisille markkinoille Intian Chennaiassa. (Keitä olemme. n.d. Artikkelit sivustolla vabe.fi, joka on yrityksen kotisivu. Viitattu 21.4.2020. <http://vabe.fi/yritys/>)

## Kaarimotion Oy

Kaarimotion on Keski-Suomen alueelle toimiva asiantuntijayritys, jonka pääpainona on ollut tuottaa rakentamiseen liittyviä asiantuntijapalveluita, kuten tutkimuksia, rakennuttajapalveluita ja kiinteistökantaan liittyvää konsultointia. Nykyisellään pääpaino on siirtymässä tarkastustoiminnasta enemmän kiinteistökannan digitaalisen konsultoinnin ympärille. (Elinkaariratkaisuja rakennuksellesi. n.d. Artikkelit sivustolla kaarimotion.fi, joka on yrityksen kotisivu. Viitattu 21.4.2020. <https://kaarimotion.fi/>)

## 2 Tutkimusasetelma

### 2.1 Tutkimuskysymykset ja rajaukset

Opinnäytetyössä oli kolme tutkimuskysymystä, joihin pyrittiin saamaan vastauksia kiinteistön tutkimusmenetelmien kautta. Tutkimuskysymysten lisäksi opinnäytetyössä oli myös tavoitteena luoda alustavaa keskustelua varten liiketoimintamalliin liittyvä ajatus kiinteistöjen digitaalisesta anturointijärjestelmästä. Datan keräämisessä keskityttiin sellaisiin tietoihin, jotka ilmaisevat mahdollisia muutoksia elementtien kunnossa ja auttaisivat näin ollen kiinteistön elinkaaren ylläpitämisessä, sekä elementtien kehitystyössä. Työstä rajataan pois eri elementtityyppien tyyppitarkastelu,



eri anturityyppien vertailu sekä anturien asennustapa. Opinnäytetyössä ja siinä käsiteltäviä aiheita oli rajattava prosessin aikana useampaan otteeseen. Keskeisimmät tutkimuskysymykset pyrittiin pitämään mielessä tavoitteiden saavuttamiseksi.

- 1) Ensimmäisenä tutkimuskysymyksenä oli, millainen eristemalli soveltuu kiinteistössä käytettäviin elementteihin parhaiten. Tähän kysymykseen pyrittiin vastaamaan vertailemalla eri elementtityyppejä ilmasto-olosuhteisiin nähden.
- 2) Toisena tutkimuskysymyksenä oli, miten loppukäyttäjille ja kiinteistön omistajille kyetään tuottamaan tietoa siitä, miten rakenteet reagoivat ja ovat reagoineet käytössä, jotta he kykenevät huoltamaan rakennusta oikein elinkaariajattelun näkökulmasta.
- 3) Kolmantena tutkimuskysymyksenä oli, miten ulkoilman lämpötila ja kosteus vaikuttavat sisäilman lämpötilaan ja kosteuteen. Tämän lisäksi oli tärkeää tarkastella painerojen muodostumista, jota varten kiinteistöön asennettiin pohjois-, etelä-, itä- ja länsisivustoille paineanturit.
- 4) Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda roadmap-suunnitelma kiinteistön digitaaliseen anturointiin liittyen.

## 2.2 Tietoperustan määrittely

Tietoperustaan valitsin kolme erilaista näkökulmaa: digitalisaatio, suomalaisen kiinteistökannan nykytila sekä liiketoimintanäkökulma digitaaliselle anturointijärjestelmälle.

Luvun 2 tarkoituksena on selittää ja ymmärtää digitalisaatiota ilmiönä. Halusin selvittää, miten digitalisaatio vaikuttaa asiakkaiden käytökseen, teknologian murrokseen ja markkinoiden murrokseen.

Luvun 3 tarkoituksena on havainnoida ongelmia kiinteistökannan nykytilasta. Kiinteistökannan velkaantumista, sisäilmaongelmia ja rakenneratkaisuja havainnoidaan nykytietämykseen perustuen.

Luvun 4 tarkoituksena on selittää liiketoimintamallia ja mitä liiketoimintamallin tuotteistaminen vaatii. Tarkoituksena oli koota, mitä kaikkea tulisi ottaa huomioon liiketoiminnan tuotteistamisessa ja mitä mahdollisia riskejä ja haasteita liiketoimintamallin luominen sisältää. Kyseinen osio käsittelee mahdollista ratkaisua ja se pohjautuu omakohtaiseen kokemukseen liiketoiminnan muotoilusta ja tuotteistamisesta.

## 2.3 Tutkimus- ja analyysimenetelmät

Tutkimusmenetelmäksi valitsin kvalitatiivisen eli laadullisen tutkimuksen haastattelu- tutkimuksen osalta. Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara (2009) tiivistävät kvalitatiivisen tutkimuksen seuraavasti:

- 1) Kvalitatiivinen tutkimus on luonteeltaan kokonaisvaltaista tiedon hankintaa, ja aineistoa kootaan luonnollisissa, todellisissa tilanteissa.*
  - 2) Suositaan ihmistä tiedon keruun instrumenttina.*
  - 3) Käytetään induktiivista analyysia.*
  - 4) Käytetään laadullisia metodeja, esimerkiksi teema- ja ryhmähaastatteluja aineiston hankinnassa.*
  - 5) Valitaan kohdejoukko tarkoituksenmukaisesti.*
  - 6) Tutkimussuunnitelma muotoutuu tutkimuksen edetessä.*
  - 7) Käsitellään tapauksia ainutlaatuisina ja tulkitaan aineistoa sen mukaisesti.*
- (Hirsjärvi,S., Remes,P. & Sajavaara,P. 2009, 164).

Valintani kohdistui tähän menetelmään siitä syystä, että näen sen käytännönläheisimmäksi vaihtoehdoksi työhöni liittyen. Opinnäytetyön tietoperusta digitalisatiosta, rakennuskannan nykytilasta ja tuotteistamiseen liittyvästä liiketoimintamallipohjasta antaa reaaliaikaisen kuvan työkaluista, ongelmista ja mahdollisista ratkaisuista. Laadullisen tutkimuksen tarkoituksena on kuvata haastattelun myötä toimijoiden tarpeita.

Valittu tutkimustyyppi mahdollisti koko rakennusalaan koskevan, käynnissä olevan toimintaympäristön muutoksen ja tarpeellisen digisiirtymän tutkimisen ja ymmärtämisen. Tutkittaessa tuli eteen asioita, joilla oli selkeitä syy- ja seuraussuhteita. Näitä pyrittiin ymmärtämään ja kartoittamaan mahdollisuuksia muokata tutkimuskysymyksiä työn edetessä. Haastattelututkimuksen pohjalta selvitettiin rakennusteollisuuden nykytilannetta ja saatiin paljon tärkeää tietoa liiketoimintamallin luomista varten.

Analyysiin käytin teemoittelua. Pyrin kartoittamaan aineistosta aihekokonaisuuksia, jotka toistuivat ja joita pystyin ryhmittelemään omiksi kokonaisuuksikseen. Haastattelututkimuksen pohjalta löytyi eri toimintakentän välillä mielenkiintoisia ja selkeitä eroavaisuuksia uudenlaiseen palveluun liittyen. Teemoittelussa on otettu huomioon asetetut tutkimuskysymykset.

## 3 Digitalisaatio

### 3.1 Sanasto

#### **Asioiden internet (IoT)**

Asioiden internet on yhteen liitettyjen laitteiden muodostama verkko, jonka tarkoituksena on kerätä anturi- ja sensoridataa, sekä tätä kautta ennustaa mahdollisia trendejä vikaantumisen tai mitattavien asioiden kehityksen suhteen.

#### **Big Data**

Big Data käsittää järjestelemättömien ja jatkuvasti lisääntyvien tietomassojen keruuta, analysointia ja esittämistä tilastotieteen ja tietotekniikan avulla. Big Datan käsittelyn ja hallinoinnin tarve tulee lisääntymään tulevaisuudessa kun IoT ja teollinen internet laajenee entisestään.

#### **Digitalisaatio**

Digitalisaatio on yleistermi, joka liittyy murroksen kokonaisuuteen. Termillä voidaan viitata liiketoiminnan sisällä oleviin disruptoihin innovaatioihin, jotka muokkaavat vanhoja liiketoimintamalleja uudentaisiksi.

#### **Disruptio**

Disruptiolla tarkoitetaan uudenlaisen innovaation aiheuttamaa perinteisiä liiketoimintamalleja hajottavaa kehitystä. Hyvänä esimerkkinä esimerkiksi Spotify musiikkiteollisuudelle, Uber henkilökuljetusalalle ja AirBnB asumiselle.

#### **Jakamistalous**

Liiketoimintamalli, jossa yritys tai liiketoimintaansa tukeva taho jakaa omistamiensa resursseja muiden toimijoiden käyttöön korvausta vastaan. Kyseisessä mallissa on tarkoitus minimalisoida yksikkökustannus, jotta palvelu tai tuote saadaan jaettua mahdollisimman laajalle.

#### **Koneoppiminen**

Koneoppimisen termillä tarkoitetaan koneiden kykyä laskea ja käsitellä algoritmien tuomaa dataa, siten että kyetään ennustamaan tilastoja.

**Liiketoiminnan digitalisointi**

Termi käsittelee perinteisten teollisuuksien ja toimialojen liiketoimintakonseptien innoivointia siten että se määrätietoisesti muokataan hyödyntämään digitaalisia toimintoja ydinprosessien tehostamiseksi. Kyseessä strategisen ytimeä ulospäin ohjautuva kokonaisvaltainen muutos. Tahtotilana pysyä muutosnopeuden mukana ja luoda avoin ja verkostomainen kokonaisuus.

**Olosuhdeanturointi**

Olosuhdeanturoinnilla tarkoitetaan sen hetkisen tilan suureiden mittaamista. Suureita voivat olla mm. lämpötila, kosteus ja paine-erot. Antureita voidaan sijoittaa rakenneosien sisälle, huoneistokohtaisesti sisätiloihin, kiinteistön rakenteisiin tai rakennuksen ulkopuolelle. Saadulla vertailevalla datalla voidaan selvittää rakennuksen rakenneosien trendikäyrien muutoksia ja ennakoimaan mahdollisia tulevia korjaustarpeita, sekä tuottamaan dataa mm. parempien elementtiratkaisujen tekemiseksi.

**Robottiikka**

Robottiikka on valmistavaan teollisuuteen liitetty termi, jossa laitteiden automatisointi on vapauttanut ihmistyövoiman käyttöä.

**Tekoäly (AI)**

Tekoäly termistä voidaan käyttää myös termiä keinoäly. Tekoälynä toimii jokin tietokoneohjelma, joka kykenee dataa hyödyntäen päättämään tehtävien toimien suorittamista johdonmukaisesti.

**Teollinen internet**

Fyysisten laiteosien yhdistämistä älykkäisiin prosesseihin, Big Dataan ja analytiikkaan pääasiallisena tarkoituksena parantaa teollisuuden prosesseja. Sekoitetaan useasti IoT:n kanssa, mutta kyseinen termi kohdistuu enemmän teollisuustoiminnan tehostamista kuvaavaksi.

(Kielitoimiston sanakirja, n.d.)

### 3.2 Perinteiset teknologiat ja yritykset digitalisaation kynnyksellä

Digitalisaatio on monelle ihmiselle yhä melko kaukainen käsite. Sanasta digitalisaatio on muodostunut viime aikoina eräänlainen trendisana, josta puhutaan runsaasti moneen teknologiseen toimintaan liittyen. Digitalisaatiosta on muodostunut käsite, joka muokkaa käsitystämme prosessoida ja ymmärtää liiketoimintoja sekä liiketoiminnan eri vaiheita. Teknologian kehittyessä hurjaa vauhtia ollaankin monessa perinteisessä teknologiassa ja yrityksessä hieman jännittyneitä murroksen mahdollisista muutoksista. Muutoksen ja sen nopeus ovat tuomassa sukupolvien välille jopa aiempaa enemmän haasteita, koska vanhentuneet aiempien sukupolvien hyväksi todetut työkalut ja menetelmät eivät käy jatkossa enää kilpailukykyisen yrityksen toimintamalleihin. Perinteisten teknologioiden, yritysten ja toimialojen ollessa perintäistä hierarkiaa toteuttava, tuottaa se tulevaisuudessa rutkasti haasteita yrityksille, toimialoille, henkilöstölle ja vallalla oleville käsityksille markkinoista. Markkina-asemaansa ylläpitävä ja parantava yritys on tulevaisuudessa oltava kykeneväinen murtamaan hierarkkisia esteitä, luomaan yhtiön sisälle läpinäkyvää vuoropuhelua, sekä hajauttamaan päätöksentekoprosessia toimintaympäristön eri tasoilla. Erilaisista haasteista huolimatta tulee tiedostaa että digitalisaation kautta tapahtuva murros on väistämätön tosiasia. Digitalisaation vastustaminen väkisin voi aiheuttaa sen että yritys voi menettää suuria markkinoita ja tilaisuuksia uusille liiketoiminnoille ja yrityksille. (Hämäläinen, V., Maula, H. & Suominen, K. 2016, 21; Ilmarinen & Koskela 2015, 15-16.).

Digitalisaation täydellisen ja yksiselitteisen määritelmän löytäminen on mutkikasta, termiä käytetään monesti esimerkkien kautta ja se vaikeuttaa termin käyttöä yksiselitteisissä tilanteissa. Median luomien mielikuvien kautta termistä on muodostunut monenlaisia miellelyhtymiä eri ihmisille ja yrityksille. Uudenlaisten toimintamallien ravistelevat voimat muovaavat markkinoita ja aiheuttavat runsaasti pelkoa työpaikkojen ja ammattien menettämisestä, tämä onkin yksi suurimmista digitalisaatioon liittyvistä uhkakuvista. Perinteisillä aloilla voidaan kokea vahvaa ahdistusta koko muutoksesta, ja tämä tulee myös vaikuttamaan runsaasti

digitalisaation vastaanottamiseen ja käsittelyyn. Termiä kohtaan syntyneen ahdistuksen voittamiseksi uuden asian opetteleminen ja sisäistäminen tulee olemaan entistä tärkeämpää kokonaisuuden käsittelemisen kannalta. (Kielitoimiston sanakirja: Digitalisaatio, n.d.)

Digitalisoitumisen taustalla on ollut hyödykkeiden, esineiden ja palveluiden muuttaminen analogisesta digitaalseksi. Hyvä esimerkki tästä on siirtyminen lankapuhelimista matkapuhelimiin. Markkinatilanteiden kiihtyminen ja asiakkaiden vaativuuden lisääntyminen lisää melkoisesti paineita tuottaa palveluita ja tavaroita yhä ketterämmin. Yrityksen muuttaminen digitaalseksi on yritykselle aina haastava ja ainutlaatuinen prosessi. Tavaratalojen kiihtynyt muuttaminen verkkokaupoiksi ja erilaisten äänitallenteiden vieminen suoratoistopalveluihin ovat selkeitä digimurrokseen liittyviä digitalisoitumisen esimerkkejä. Yrityksestä ja toimialasta riippuen, voi digitalisaatio ja digitalisoiminen tarkoittaa hyvinkin erilaisia lopputuloksia. Ohjelmistoteollisuudessa uudenlaiset kehitysaskleet voivat mullistaa globaalisti markkinoita, kun taas hoiva- ja vanhuspalveluiden digitalisoiminen voi tehostaa yksittäisiä prosesseja äärimmilleen. Kehitysaskleiden aikaansaamat tulokset ja murrokset ovat mittaroitavissa eri vaikuttavuustasoilla, joita ovat mikro- ja makrotasojen murrokset. (Ilmarinen & Koskela 2015, 26-27).

### 3.3 Digitalisaation aikaansaamat murrokset

Markkinoille on digitalisaation myötä muodostunut runsaasti uudenlaisia ennennäkemättömiä liiketoimintamalleja. Syntyneet muutokset voivat olla lineaarisia, jolloin muutosta kohti edetään pienin askelein. Muutos voi tapahtua myös portaitaisesti, jolloin päädytään muuttamaan totuttuja toimintamalleja ja toimintatapoja hyvinkin radikaalisti kilpailukyvyyn ja tehokkuuden ylläpitämiseksi. Kokonaisuudessaan muutoksen tuulet tulevat pyyhkäisemään yhteiskunnan jokaisen eri osa-alueen halki, jolloin rinnakkaiset murrokset voivat myötävaikuttaa toisiinsa hyvinkin radikaalisti. Uusien toimintaympäristöjen tuleminen markkinoille kiihdyttää myös kilpailijoita ja ali-

hankintaketjuja. Murrosten tarkastelu tapahtuu ainakin kolmella eri tasolla: asiakaskäyttäytymisessä, teknologisessa ja markkinoiden murroksessa. (Ilmarinen & Koskela 2015, 59-60)

### **Asiakaskäyttäytymisen murros**

Asiakaskäyttäytymisen murros esittäytyy selkeinten asiakkaiden tiedonhankintaan ja -käsittelyyn liittyvässä toiminnassa. Asiakkaiden entistä tietoisempi palveluiden ja tuotteiden hinta- ja laatusuhteiden vertailu eri hakukanavien kautta luo käyttäytymiseen hektisyyttä toimittajan puolelta. Olemassa olevien selainten, applikaatioiden ja internetin ollessa jokaisen kädenulottuvilla mobiilisti ovat vastinajat pienentyneet todella radikaalisti viimeisen kymmenen vuoden aikana. (Ilmarinen & Koskela 2015, 53-54.). Asiakkaiden tietoisuuden lisääntyessä on lieveilmiönä samalla lisääntynyt kerätyn tiedon virheellisyys. Tiedon määrän ja käsittelyn suhteen on tiedon kriittinen tulkitseminen noussut yhä tärkeämpään asemaan.

Asiakasmurroksessa voidaan ihmiset jakaa kolmeen eri alaryhmään: Diginatiivit, digiimmigrentit ja digiresistentit. Diginatiiveiksi kutsutaan 1980-vuoden jälkeen syntyneitä Y- ja Z-sukupolven edustajia, jotka ovat kasvaneet tietoyhteiskuntaan nuoresta pitäen. Diginatiiveille digitaalinen ja analoginen elämä on havaittavissa yhtenä yhteisenä kenttänä. Diginatiivien mediankäyttötottumukset eroavat selkeinten vanhemmista sukupolvista muun muassa digipalveluiden käyttäjinä. Digi-immigrantit ovat opetelleet tietokoneiden, mobiililaitteiden ja erilaisten digitaalisten laitteiden käytön vasta aikuisiällä ja heille digitaaliset palvelut täydentävät kokonaisvalikoimaa markkinoilla tarjolla olevista palveluista ja tuotteista. Digiresistentit ovat jättäytyneet osittain tai kokonaan digitalisaation ulkopuolelle. Ulosjättäytymisen syynä voi olla osamattomuus, motivaation puute tai digitalisaation tarpeettomana pitäminen. (Ilmarinen & Koskela 2015, 53-58; Hämäläinen ym. 2016, 94-95.).

Asiakaskäyttäytymisessä on havaittavissa asiakaslähtöisyyden voimakas nouseminen yhä korkeampaan asemaan, jossa asiakas itse sanelee millä tavalla hän palvelua haluaa. Ketteryyden ja palvelukanavien optimoinnin lisäksi myös tehostaminen on



noussut palveluntarjoajille yhdeksi tärkeimmistä kilpailuvalteista palvelujen ja tuotteiden tuottamisen suhteen. Asiakkaiden käyttäytyminen on siirtynyt voimakkaasti välittömään palvelemiseen, jossa palveluiden ja tuotteiden saamisen tulee tapahtua mahdollisimman lyhyellä aikavälillä. Digitalisaation kautta Suomalaiset kuluttajat ovat liittyneet kansainväliselle toimintakentälle palveluntuottajien keskiöön, jossa palveluiden tilaaminen ja käyttäminen on kilpailutettu ja tehostettu niin tehokkaasti, että se menee paikallisuuden ohi markkinoilla. Paikallisuuden merkityksen väheneminen näkyy asiakkaiden ostamistottumusten muutoksena, mutta se samalla avaa monille yrityksille mahdollisuuksia laajentaa omia markkinoita ja asiakastuntoa. Paikallisuuden merkityksen väheneminen on myös saanut aikaan osassa väestöä halua vaa- lia paikallisuutta enemmän, vaikka tämä onkin vielä verrattain marginaalista kokonaistilanteeseen nähden. Suomalaiset yritykset ovat olleet ulkomaille suuntautuvassa kaupankäynnissä ja tuotteistamisessa vielä melko maltillisia ja varovaisia, mutta trendi on kääntymässä kasvunäkymien suhteen positiivisemmaksi. Murroksista voidaan asiakaskäyttämisen murrosta pitää murroksista ajavimpana, koska se pakottaa yrityksiä muuttamaan omaa toimintaansa oleellisesti kilpailukykyyn säilyttämisen vuoksi. (Ilmarinen & Koskela 2015, 57-58.).

### **Teknologinen murros**

Teknologista murrosta voidaan mieltää murroksista eniten mahdollistavana. Teknologista murrosta on tapahtunut pyörän keksimisestä Roomalaisiin akvedukteihin ja sähkön valjastamisesta lähtien, mutta nykyisellään kehitystyö ja verkostojen kehittyminen on mahdollistanut poikkitieteellisen kehitystyön äärimmilleen. Langaton tiedon- siirto ja internet on mahdollistanut ennennäkemättömän tehokkaan datan hallin- noimisen ja siirtämisen. Laitteiden tehokkuuden ja älykkyyden lisääntyessä, kyetään tuottamaan palveluita sekä tuotteita huokeammin, tehokkaammin ja ripeämmin. Teknologian aallokossa monet käyttöjärjestelmät ovat muuttuneet käyttäjäystävälli- semmiksi palautteen pohjalta, ja tämä on auttanut luomaan uudenlaisia palveluliike- toimintamalleja. Avoimen lähdekoodin käyttö on tuonut laajempaa kehittäjäyhteisön tukea, joka mahdollistaa sekä parantaa useiden toimijoiden kehitystöiden näkyvyyttä

ja järjestelmän käytettävyyttä. Tietotekniikan saralla pilvipalvelualustat ovat yleistyneet ja saattaneet useat palvelut ja ohjelmistot käyttäjille käytettäväksi ilman kopioiden fyysistä omistamista, esimerkkinä tästä ovat mm. Netflix, Viaplay, Deezer ja Spotify suoratoisto-ominaisuuksineen. (Ilmarinen & Koskela 2015, 59-60.). Teknologia itessään on useisiin nykypäivän tarpeisiin riittävä ja mahdollistava, mutta suurimmaksi ongelmaksi muodostuu kaupallistamiset, liiketoimintamallit sekä tieto- ja yksityisyyden suojat. Datan omistajien ja datasta johdettujen sovellusten omistajien selvittäminen on pääasiallinen syy hidastamassa kehitystyötä.

### **Markkinoiden murros**

Digitalisaation aikaansaamat markkinoiden murrokset tuovat kansainväliset kilpailijat paikallisten yritysten kanssa yhteiselle markkina-alueelle yli maarajojen. Suurimmat kansainväliset toimijat ovat helposti lähestyttäviä ja tuovat palvelut ja tuotteensa myös toimialueensa kieliryhmälle. Euroopan Unionin yhtenevä lainsäädäntö ja luottokorttimaksamisen yleistymisen laskevat kynnystä ostaa globaaleilta toimijoilta tuotteita. Murroksen yksi aikaansaava voima on uusien palvelukokonaisuuksien kehittäneiden toimijoiden uudenlainen ja aggressiivinen liiketoimintamalli. Uusien ja ketterien yritysten kyky muodostaa uudenlaisia liiketoimintamalleja on monesti ylivoimainen vakiintuneiden yritysten rinnalla. Vakiintuneella toimijalla on usein pelissä paljon enemmän menetettävää kuin uudella yrityksellä. Kyky tuottaa ketteriä ja kustannustehokkaita ratkaisuja uudenlaisella ajattelulla vanhoihin ongelmiin on riskialtista, mutta onnistuessaan myös palkitsevaa. (Ilmarinen & Koskela 2015, 69-70.). Uusien yritysten tuottama palvelu toimii monesti keihäänkärkenä ja uudenlaisena ajatuksena perinteisiin ongelmiin. Globaalisti on havaittavissa uusia liiketoimintamuotoja tarjoavia pienyrityksiä yhä enenevässä määrin, koska riskirahoittaminen ja enkelisijoittaminen ovat tällä hetkellä nousussa. Uudet aggressiiviset yritykset pakottavat vakiintuneita yrityksiä kehittämään omaa tuote- ja palvelukatalogiaan enenevässä määrin yhä ketterämpään suuntaan, joka omalta osaltaan murtaa yritysten sisäisiä johtamisjärjestelmiä. Suomalaiset yritykset ovat olleet viime vuosina vielä melko varpaillaan ulkomaille suuntautuvassa bisneksessä, mutta ulkomailta saatujen

positiivisten tulosten kautta trendi on hiljalleen kääntymässä enemmän ulkomaankaupan suuntaan. (Hämäläinen ym. 2016, 90-92; Ilmarinen & Koskela 2015, 66).

Digitalisaation markkinoiden ympärille aiheutunut kuohunta aiheuttaa sen, että sääteily tulee jatkuvasti uusien kehitystoimien perässä. Markkinoiden hektisyys suosii aggressiivista ja idearikasta ympäristöä, jossa kyetään luomaan liki tyhjästä uusien kilpailijoiden tuloksena uudenlaisia palvelumuotoja. Markkinoiden voidaan olettaa muuttuvan yhä hektisemmäksi lähitulevaisuudessa. (Ilmarinen & Koskela 2015, 66).

### 3.4 Suomen digitalisaatio

Suomalaiset ovat internetin käytössä maailman kärkimaita suhteutettuna väkilukuun, iso osa käytöstä tapahtuu tänä päivänä älypuhelimella tai tabletilla. Käyttö on edelleen tasaisessa nousussa, vaikkakin myös perinteinen tietokoneella käytettävä internet pitää myös pintansa. Internetin välityksellä hoidetaan nykyään yhä enenemissä määrin hankintoja omalle kotitaloudelle, käytetään yhteisöpalveluita kuten Facebook, LinkedIniä ja Twitteriä, sekä viestitään runsaasti WhatsAppilla ja Snapchatilla. Kokonaisuudessaan edellä mainittujen sovellusten käyttäminen on syrjäyttänyt ison osan perinteisistä toimista kivijalkamyymälöiden, postin ja asiakaspalvelun sijasta. Yhä useampi käyttäjä kerää helppouden vuoksi dataa myös omaan elämäänsä liittyen, kuten aktiivisuusrannekkeiden ja liikuntasovellusten avulla. (Tilastokeskus. 2017. Digitalisaatio ja BKT – Miten digitalisaatio näkyy taloustilastoissa. Viitattu 24.2.2020.)

Teollinen internet on kasvattanut viime vuosina muiden medioiden lailla suosiotaan. Teollinen internet on antureiden, sensoreiden, verkkoon kytkettyjen koneiden ja laitteiden, sekä niiden kanssa verkostoituneiden palvelujen ja liiketoimintojen yhteen muodostama kokonaisuus. Verkkoon kytkettyjen laitteiden arvioiminen on hankalaa, mutta joidenkin arvioiden mukaan niitä on maailmassa yli 25 miljardia. Kasvu muodostuu pääsääntöisesti erilaisten sensoreiden ja älykkäiden laitteiden kytkeytymisestä internettiin. Teollisesta internetistä on puhuttu paljon ja siltä odotetaan paljoa Suomalaisen kilpailukyvyyn säilyttämisen suhteen kansainvälisillä markkinoilla, tämän

myötä muun muassa Tekes investoi runsaasti teollisen internetin kehityskohteisiin, ja Hallituksen kiinteistö- ja rakennusalan KIRA-digi -hanke on yksi suurimmista meneillään olevista hankkeista. (Businessfinland, julkaisut. 2017.)

### 3.5 Asioiden internet (IoT), Big Data ja keinoäly

Asioiden ja esineiden internet, eli Internet of Things (IoT) on kokoelma erilaisista laitteista ja sensoreista, joiden avulla kyetään muodostamaan oma erillinen tai jaettu tietoverkko. Tietoverkossa eri mittarit voidaan yksilöidä, jolloin tiedetään mistä osasta kokonaisuuteen tuodaan dataa. Suuremmassa mittakaavassa myös sensoreiden osasta muodostetuista kiinteistökokonaisuuksista voidaan luoda erillisiä mittareita. (Keränen, J. 2016. 7-10.).

Tietoverkkoon sisään tulevasta moninaisesta sensoridatasta syntyy Big Dataa, jonka analyysilla ja käsittelyllä kyetään saamaan trendejä ennustavia kuvaajia, sekä muutujia. Dataan liittyvässä käsittelyssä on oltava tarkkana, jotta löydetään hyödyllinen tieto turhasta tiedosta. Tiedonsiirto ja varastointi on analysoinnin ohella avainasemassa, jotta kaikki tarvittava data saadaan käsiteltäväksi. Tiedon varastointiin on vahvasti kehitetty erilaisia pilvipalveluita, johon tietoa saadaan helposti ja reaaliajassa. Pilvellä tarkoitetaan käytännössä erillisen palvelimen verkostoa, johon pääsee käsiksi erilaisilla päätelaitteilla. Pilvipalveluiden hyötyinä voidaan pitää niiden tuomaa käyttö- ja käytettävyyssvarmuutta, sekä tietoturva. (Keränen, J. 2016. 7-10.).

Tietoverkkoihin sisään tulevaa Dataa voidaan hyödyntää monella eri tavalla tilanteesta ja järjestelmästä riippuen. Datan omistamisesta tulee tätä kautta äärimmäisen tärkeää ja yksi markkinoiden luomisen perusedellytyksistä. Raakadatan, sekä raakadatasta jalostetun tiedon omistamisesta ja myymisestä voi muodostua kokonaan erillisiä uusia markkinoita, joita hyödyntämällä voidaan parantaa mitattavien kohteiden elinkaarta, toimivuutta ja jatkojalostusta. Kehitys- ja elinkaariajattelun näkökulman lisäksi tekoälyn ja koneoppimisen hyödyntäminen ja kehittäminen voivat nousta uudella tavalla esille toimien edetessä. (Keränen, J. 2016. 7-10.).

## 4 Sisäilmaongelmien nykytilanne, korjaustarpeet ja velkaantuminen

### 4.1 Sanasto

#### **Altiste**

Mitattavissa oleva suure, joka voi olla fysikaalinen, biologinen tai kemiallinen

#### **Altistuminen**

Ei tarkoita sairastumista, mutta voi johtaa siihen.

#### **EPS**

Eriste, joka on valmistettu paistetusta polystyreenimuovista. Eriste käy useaan erilaiseen käyttökohteeseen talonrakentamisessa ja infrarakentamisessa.

#### **Home**

Rihasieniä, jotka lisääntyvät suvuttomasti itiöiden avulla. Kasvavat tavallisesti materiaalien pinnoilla, eikä niiden olemassaolo vaikuta rakennusmateriaalin lujuusominaisuuksiin.

#### **Kuntoarvio + PTS**

Sisältää rakenne-, LVI- ja sähkötekniikan arvioinnin kiinteistön eri rakenteille ja järjestelmille. Pitkätähtäimen suunnitelman tarkoituksena on kertoa milloin ja miten olisi määrä suorittaa suositeltavia korjaustoimenpiteitä kiinteistössä. Kuntoarvio on aistinvarainen ja rakennetta rikkomaton tarkastusmenetelmä ja se suoritetaan pääsääntöisesti suurempiin kiinteistöihin.

#### **Kuntotarkastus**

Kuntotarkastuksessa määritellään rakenteille ja kiinteistön järjestelmille aistinvaraisella tarkastuksella korjaustarpeet ja niiden kuntotaso. Tarkastus suoritetaan ISO 9001 -sertifioidun laatujärjestelmän sekä KH 90–000394-suoritusohjeen mukaisesti.

#### **Kuntotutkimus**

Rakennusosan tai rakennusosakokonaisuuden kunnon tai toimivuuden sekä korjaustarpeen selvittämistä systemaattisesti eri vauriotapojen suhteen käyttäen erilaisia tutkimusmenetelmiä

**Painesuhteet, paine-ero**

Kiinteistön sisä- ja ulkoilman rakenteiden eri osien välinen ilmanpaine-ero. Mitattava suure ilmoitetaan pascaleina (Pa)

**PUR**

Lyhenne polyuretaanista, kyseessä umpisoluinen kertamuovista tehty lämmöneristelevy. Polyuretaani voi olla myös tiivistysvaahdon muodossa.

**Suhteellinen kosteus RH%**

prosenttiluku, joka ilmaisee, kuinka paljon ilmassa on vesihöyryä siihen nähden, mitä kyseisessä lämpötilassa voi olla verrattuna kyllästyspitoisuuteen.

**Tavoitetasot**

Tavoitetasolla kuvataan kiinteistön sisäpuolisten tilojen tavoitearvoja sisäilmaa koskien. Tavoitetason saavuttamiseksi on tärkeää keskittyä suunnittelussa ja rakentamisessa ennakointiin mm. taloteknisten järjestelmien ja materiaalivalintojen suhteen.

**Toksiinit**

Mikrobien tuottamia terveydelle haitallisia yhdisteitä.

**U-arvo  $W/m^2 \cdot K$** 

Jatkuvuustilassa rakennusosan läpäisevän lämpövirran tiheys, kun rakennusosan eri puolilla vallitsee yksikön suuruinen lämpötilaero

**4.2 Korjauskannan nykytilanteen katsaus**

Valtioneuvoston kanslian julkaisussa 10/2019, Sisäilma ja terveys, todetaan että merkittävä osa suomalaisista kokee tai on kokenut saaneensa oireita sisäilmasta elämänsä aikana. Oireet vaihtelevat pääsääntöisesti lievistä kohtalaisiin ja on monien arvioiden, sekä Haastattelututkimusten mukaan yksi suurimmista ympäristöterveysongelmista maassamme. Kuntien omistamissa ja käyttämissä rakennuksissa ilmenee merkittäviä sisäilmaongelmia 5-18% rakennusten kokonaisneliömäärästä. (Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2019:59 - Sisäilma ja terveys, 4)

Tutkimusten mukaan merkittävimpiä sisäilmaongelmakohteita ovat kuntien omistamissa peruskouluissa ja lukioissa 17,9%, päiväkodeissa 11,0%, toimistorakennuksissa 13,7% ja sosiaali- ja terveystoimien rakennuksissa 13,0% rakennusten kokonaisneliö-

määrästä. (Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2019:59 - Sisäilma ja terveys, 29) Monissa tutkimuksissa on todettu, että eri toimijoiden välillä vaaditaan enemmän yhteistyötä ja uusia keinoja ongelmien ratkaisemiseksi.

Valtioneuvoston kanslian julkaisussa otettiin huomioon Suomen ja Ruotsin kuntien välisiä otantoja. Tutkimusten mukaan sisäilmaongelmien esiintyvyydet olivat verrattain lähellä toisiaan haastattelututkimusten mukaan. Eroavaisuuksia havaittiin eri maiden sisäilmaongelmien syissä. Suomessa koettiin tekniset ongelmat paljon Ruotsia suuremmaksi syyksi, kuten muun muassa puutteellinen ilmanvaihto. (Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2019:59 - Sisäilma ja terveys, 28-31) Ongelmia on kuntatasolla saatu vähennettyä rakennuskannan ajankohtaisella huoltamisella ja teknisiin käyttöihin pohjautuvalla korjausrakentamisella, tämän lisäksi ilmanvaihtojärjestelmien oikeanlainen käyttäminen, huoltaminen ja säännöllinen puhdistaminen olivat merkittäviä toimenpiteitä sisäilman laadun pitämiseksi riittävällä tasolla. (Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2019:59 - Sisäilma ja terveys, 44-45) Kiinteistöistä löytyy runsaat määrät dataa, mutta datan käsittelyssä ja tarkastustoimien säännöllisyydessä havaittiin vielä runsaasti kehittämistarvetta.

#### 4.3 Sisäilman ongelmat ja vaikuttavuus

Sisäilmaongelmat eivät useiden tutkimusten mukaan yksinomaan riipu kosteusvaurioista tai homeista. Tehtyjen tutkimusten pohjalta noin 10% sisäilmaongelmista johtuu rakenteiden kosteusvaurioista (Hyvä sisäilma -suositukset. Sisäilmayhdistys. 2019.) Ilman laadun tarkastelussa vaikuttavia tekijöitä ovat mm. materiaalien ja puhdistusaineiden päästöt sisätiloissa, ulkoilman laatu, ihmisten määrä ja toiminta, sekä ilmastoinnin tehokkuus tai tehottomuus. Muita sisäilmaa heikentäviä syitä ovat tilojen käyttötarkoitusta vastaamattomat käyttömuodot, sekä käyttäjien aiheuttamat syyt kuten siisteystaso ja muu toiminta. Sisäilmaan liitettäviä laadullisia havaintoja ovat myös lämpötila, kosteus, ilmapirrat ja melu. (Sundman-Digert & Reijula. 2004.)

**Sisäilmaa heikentäviä tekijöitä voivat olla seuraavat:**

- *vetoisuus tai vedon tunne*
- *tunkkaisuus*
- *korkeat tai matalat huonelämpötilat*
- *vaihtelevat huonelämpötilat*
- *kuiva sisäilma*
- *epämiellyttävät hajut*
- *kosteuden tiivistyminen pintarakenteille tai ikkunoiden huurtuminen*
- *erilaiset melun lähteet*
- *jo syntynyt oireilu*

**Sekä epäpuhtaudet kuten:**

- *mikrobit*
- *radon*
- *formaldehydi*
- *hiilimonoksidi*
- *ammoniakki*
- *hiukkaset*
- *pölypunkit* (Hyvä sisäilma -suositukset. Sisäilmayhdistys. 2019.)

Sisäilmasta puhuttaessa voi oireiluun vaikuttaa etenkin työpaikoilla kuulo- ja huhupuheet. Näkyvän vaurion ilmaantuminen rakenteiden sisäpinnoille voi aiheuttaa käyttäjissä vahvan reaktion, etenkin sellaisessa tilassa, jossa on aiemmin havaittu huoneilman tunkkaisuutta tai riittämätöntä ilmanvaihtoa. (Putus, 2018.) Mikäli työntekijä kärsii puutteellisesta sisäilmasta työpaikallaan, voi se aiheuttaa työnantajan puolelta runsaasti kustannuksia sairaslomien ja työtehokkuuden laskemisen puolesta.

#### 4.4 Työnantajan vastuut ja velvoitteet sisäilma-asioissa

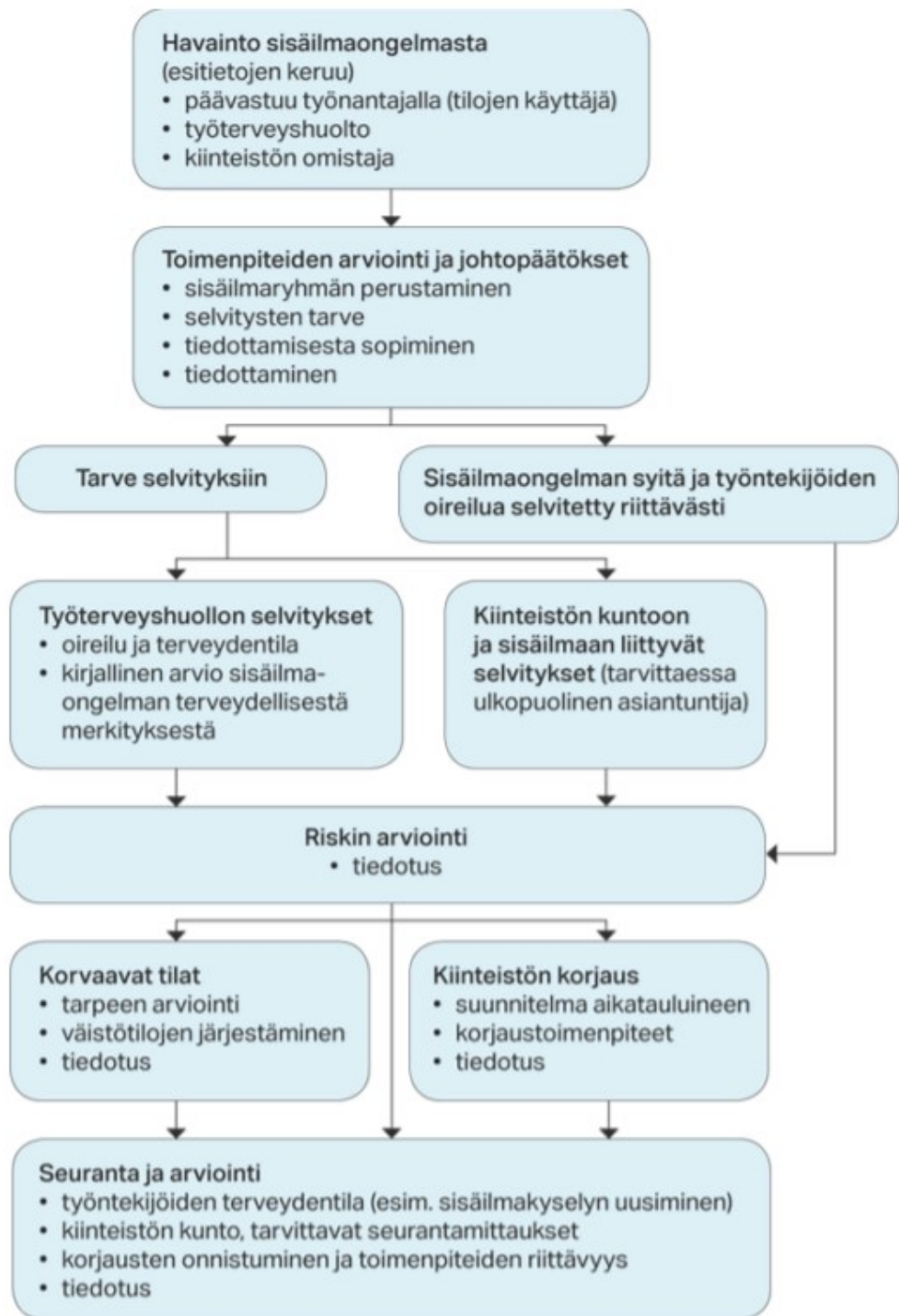
Työturvallisuuslain 738/2002 8 § mukaan työnantajalla on velvoite huolehtia työntekijän turvallisuudesta ja terveydestä työympäristössä ja työpaikoilla (ks. kuvio 1).

Työnantajan velvollisuuksia ovat mm. seuraavat asiat:

- *käyttää työntekijöiden oireilujen työperäisyyden selvittämisessä työterveyshuoltoa tai muuta terveydenhuollon asiantuntijaa.*
- *ratkaista yhdessä työterveyshuollon kanssa, ketkä työntekijät mahdollisesti voivat ja millä edellytyksillä jatkaa turvallisesti työskentelyä kyseisissä työtiloissa.*



- *estää altistuminen sellaisilta työntekijöiltä, jotka eivät voi työskennellä työtiloissa sairastumatta, kunnes asiantuntijan tekemin selvityksin tai mittauksin on todettu, että altistumista aiheuttaneet tekijät on poistettu.*
- *selvittää luotettavasti ja kattavasti rakennuksen kunto ja sen vaikutus sisäilman laatuun, esimerkiksi rakennukseen liittyvät riskirakenteet, kosteusvauriot, ilmanvaihtojärjestelmän kunto ja puhtaus ja pintamateriaalien kunto.*
- *suunnitella korjaukset huolellisesti ja ottaa suunnittelussa huomioon toimet, joilla turvataan terveelliset työskentelyolosuhteet rakennustyöntekijöille sekä muille korjaustyön aikana tiloissa työskenteleville, jos korvaavien tilojen käyttö ei ole mahdollista – esimerkiksi pölyn, melun ynnä muiden leviäminen estetään asianmukaisella osastoinnilla ja riittävällä alipaineistuksella.*
- *toteuttaa korjaukset suunnitelman mukaisesti.*
- *huolehtia tilojen tehokkaasta loppusiivouksesta.*
- *seurata yhteistyössä työterveyshuollon kanssa tehtyjen korjaustoimenpiteiden riittävyttä ja vaikutusta työntekijöiden terveydentilaan. (Ketosalo. 2014.)*

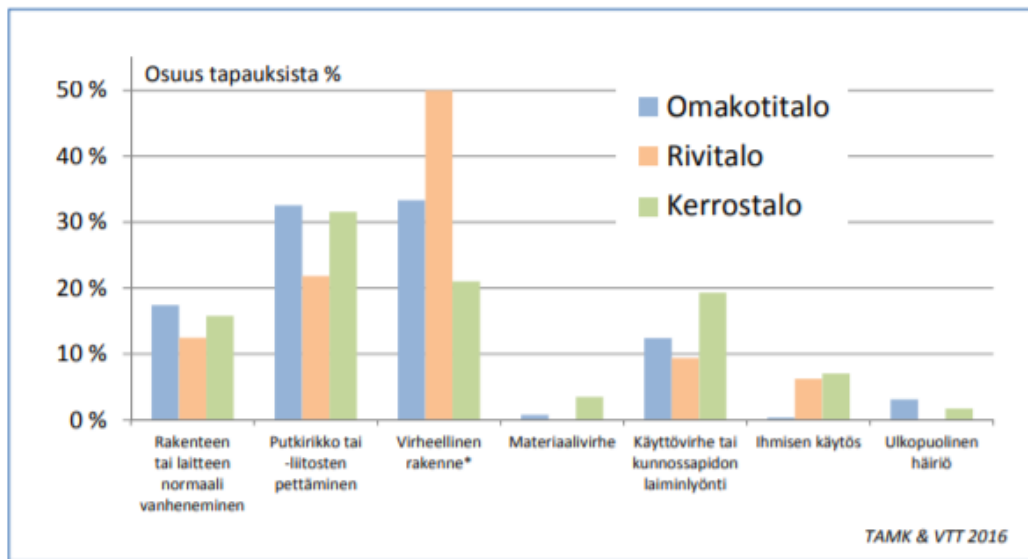


Kuvio 1. Sisäilmaongelmien käsittelykaavio (Työsuojelu n.d.)

#### 4.5 Rakennuskannan nykytilanne, vauriotarkastelu ja tulevat korjaustarpeet

Sisäilmaongelmaisia ja kosteusvauriollisia kiinteistöjä on käsitelty lukuisissa eri tutkimuksissa vuosien varrella. Tutkimuksia on suoritettu valtioneuvoston asettamien tutkimusryhmien ja useiden muiden eri tahojen toimesta. Rakennuskannan suhteen on tutkimuksissa tunnistettu useita ongelmia, joista yhdeksi tärkeimmistä on noussut kosteusongelmat ja niihin puuttuminen ennen sisäilmaongelmien mahdollista muodostumista. Rakennusaikaisen kosteuden hallinta on nostanut päätään uudisrakentamisen puolella voimakkaasti viimeisen kymmenen vuoden aikana. Rakennusaikaisen kosteuden ehkäisemiseksi on luotu erilaisia kuivaketju-, tarkastus- ja suojaustoimenpiteitä, joiden tarkoitus on saattaa kiinteistö turvalliseen tasapainotilaan rakennuksen valmistumisen aikana ja jälkeen. (Nippala & Vainio 2016, 5.; Haahtela, T. & Reijula, K. 1997.)

Kosteusvaurioiden suurimmaksi syyksi on tutkimuksissa todettu putkirikot ja putkistoihin liittyvät liitokset, toiseksi suurimmaksi syyksi osoittautui nykytietämyksen mukaisesti virheelliset rakenteet kuten puutteelliset kosteuseristeet, aluskatteiden puuttuminen, salaojitukseen liittyvät puutteet ja alapohjien kapillaarisen vedennousun estävien maa-ainesten olemattomuus tai puutteellisuus. (Nippala & Vainio 2016, 6-9.).



Kuvio 2. Kosteusvaurioon johtavien syiden osuudet kiinteistöissä (Nippala & Vainio 2016, 7, alkuperäinen lähde TAMK & VTT)

Kosteusvaurioiden ja niiden kustannusten välttäminen tai vähentäminen on tutkimuksissa todettu olevan mahdollista noin puolessa kaikista vahingoista. Ennaltaehkäiseviä toimenpiteitä ovat voineet olla mm. pesukoneiden liitosten tarkastaminen, jääkaappien sulattaminen useammin, viemäritukosten avaaminen, sadevesijärjestelmien putsaaminen ja putkistojen suojaaminen jäätymiseltä. (Nippala & Vainio 2016, 7-8). Mielenkiintoiseksi tutkimuksen tekee siinä, että puolet vahingoista, joita ei olisi voinut nykytoimilla välttää käyttäjien ja omistajien puolelta ovat mm. piilossa rakenteiden sisällä, joita kyettäisiin välttämään ja vähentämään kiinteistöjen anturoinnilla, sekä toimivalla raportointi- ja seurantajärjestelmällä.

Taulukko 1. Kosteusvaurioiden luokittelu

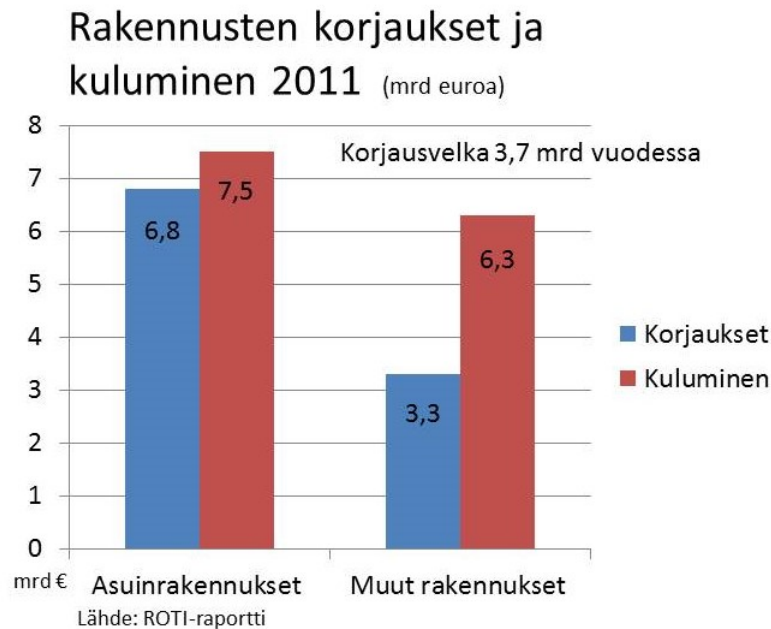
Kosteusvaurion syy	Esimerkkejä	Omistaja/asukas olisi voinut välttää kosteusvaurion, % tapauksista
Materiaalivirhe	Vesi- ja viemärijohtojen syöpyvät, halkeamat	0 %
Ulkopuolinen ennakoimaton tapahtuma	Kaukolämpö-, viemäri- tai vesijohtoverkostosta purkautunut vesi	0 %
Ihmisen käytös, sairauskohtaus	Auki jätetty hana, nukahdettu suihkuun, sairauskohtaus suihkussa, huolimattomuus asennustöissä	70 %
Kunnossapidon laiminlyönti, käyttövirhe	Tukos kattokaivossa, vesikourussa, syöksytörvessä, lattiakaivossa. Vuotoihin reagoitu viipeellä. Jää tai sulamisvesi on aiheuttanut tulvan katolla.	95 %
Putkirikko tai putkiliitoksen pettäminen	Putki rikkoontunut. Putken ja laitteen tai kalusteen (jakotukki, hanat, WC-kalusteet, lämminvesivaraaja) liitos pettänyt.	20 %
Virheellinen rakenne (nykytietämyksen mukaan)	Ikkunoiden virheellinen pellitys, aluskatteen puuttuminen, korvausilman saanti puuttunut, salaojitus puuttunut, alapohjan alla kapillaarinen kiviaines. Huolimattomat läpiviennit. Kosteuseristyksen puuttuminen vuoden 2000 jälkeen valmistuneesta kohteesta.	80 %
Rakenteiden ja laitteiden kuluminen, vanheneminen tai vaurioituminen	Rikkoontunut pinnoite, rakenne tai laite (muovimatto, lattiakaivo, kattokaivo, astianpesukone, jääkaappi). Kosteuseristyksen puuttuminen ennen vuotta 2000 valmistuneesta rakennuksesta.	15 %

Lähde: TAMK & VTT (Nippala & Vainio 2016, 9)

#### 4.6 Rakennuskannan korjausvelka ja valtiovelka

Sisäilmaongelmien yleisyyden lisäksi suurena huolenaiheena on myös rakennuskannan nykyinen korjausvelka. Korjausvelka ja kiinteistökannan rapistuminen ilmenee muun muassa huonona sisäilmana ja rikkoontuvina vesijohtoina. ROTI 2019-raportin mukaan Kiinteistö- ja Rakentamisala on 83% koko suomen kansallisvarallisuudesta, 15% bruttokansantuotteesta ja 35% kokonaisenergiankulutuksesta. Kiinteistökannan ikärakenteellinen ongelma ja riittämättömät investoinnit ovat suorassa korrelaatioissa sisäilmaongelmien kasvuun ja yleisyyteen. Tutkimusten mukaan rakennetun ympäristön kunnossapidon laiminlyönti maksaa vuosittain 3,4-5,7 miljardia euroa. (ROTI-raportti 2019) Laiminlyötyjen korjausten arvioitu euromäärä on rakennusteollisuuden mukaan 30-50 miljardia euroa, rakennuskannan kokonaisarvon ollessa noin 350 miljardissa eurossa. (ROTI-raportti. 2019.) Taulukossa 2 esitetään valtionvelan ja

bruttokansantuotteen käyrä, joka esittää vahvaa euromääräisen velan kasvamista. Taulukossa 3 esitetään kotitalouksien asuntolaina- ja yhtiölainakantoja, jotka ovat myös olleet runsaassa kasvussa viimeisen vuosikymmenen ajan.



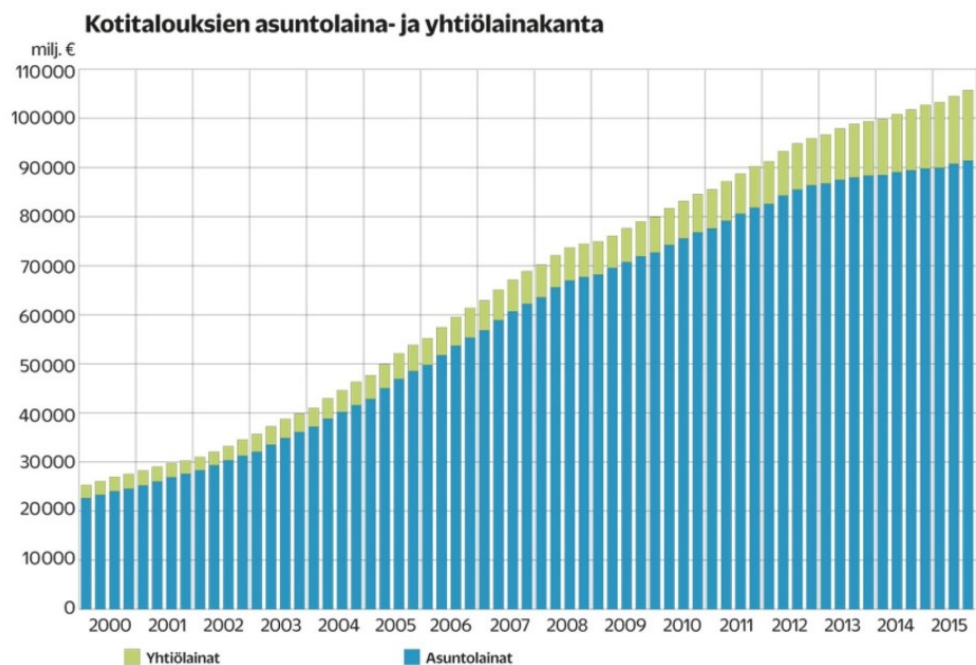
Kuvio 3. Rakennusten korjaukset ja kuluminen 2011 (ROTI-raportti. 2019.)

Kuvio 3 kertoo vuoden 2011 rakennusten korjausten ja kulumisten aiheuttamasta korjausvelasta. Valtionvelan kasaantumisen rinnastuessa osittain kiinteistökannan arvoon, on kiireellisten ja oikeaoppisten toimenpiteiden suorittaminen ensiarvoisen tärkeää. Kiinteistökannan korjaamatta jättäminen näkyy jo suuresti kiinteistökannan arvon vähenemisenä. Taulukossa 4 esitetään kuntien ja kuntayhtymien lainakantaa, joka on ollut tasaisesti nousevassa suhdanteessa vuodesta 1999.

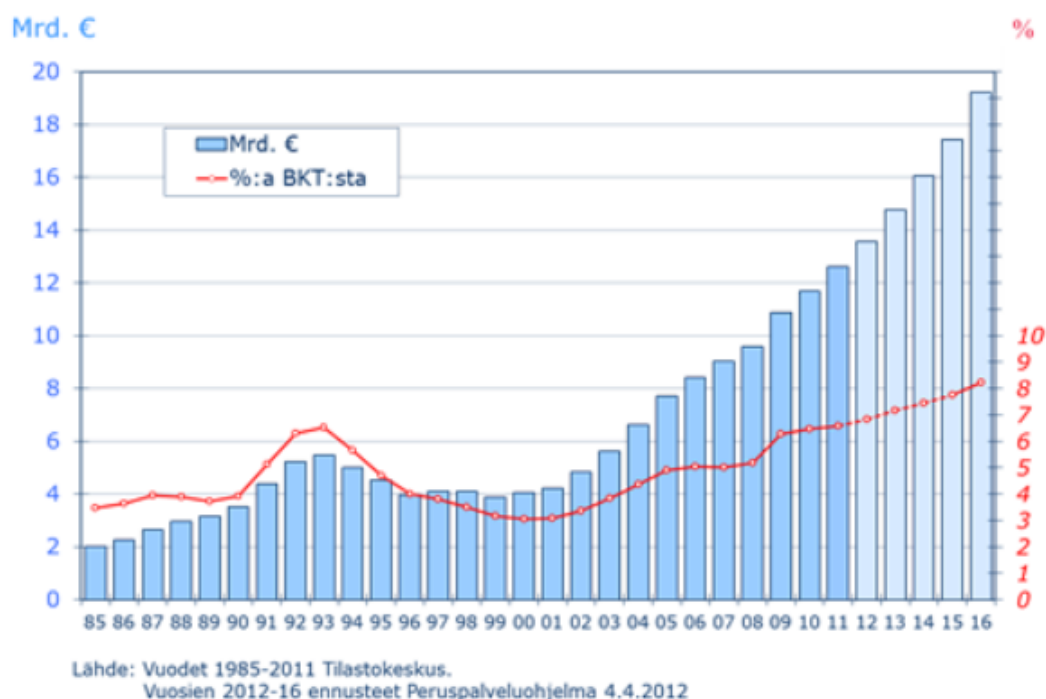
Taulukko 2. Valtionvelan ja Bruttokansantuotteen käyrä (Valtiokonttori, Valtionvelka.fi. 2018)



Taulukko 3. Kotitalouksien asuntolaina- ja yhtiölainakanta (Rakennuslehti. 2016.)



Taulukko 4. Kuntien ja kuntayhtymien lainakanta sekä rahavarat 1985-2016, mrd € (Kuntaliitto. 2018.)



#### 4.7 Rakennerratkaisut ja ilmastonmuutos

Ilmastonmuutoksen ja lisälämmöneristyksen myötä voidaan todeta riskien kasvavan tavanomaisissa vaipparakenteissa hyvinkin oleellisesti. On olemassa myös useita rakenteita, jossa muutokset eivät vaikuta merkittävästi rakenteiden oikeanlaiseen toimintaan. Rakenteiden olosuhteiden muutosten ja kosteusriskin kasvun myötä rakennerratkaisut, rakenteiden dimensiot ja toteutustavat tulevat muuttumaan jonkin verran tulevaisuudessa. Vaipparakenteiden toimivuuden varmistamiseksi tulee tulevaisuudessa valmistautua rakenteellisiin ja toteutusohjeiden muutoksiin. Betoni- ja kivi-rakenteiden kuivumiseen ja kuivuuden varmistamiseen tulee varata enemmän aikaa ja resursseja tulevaisuudessa. Rakenteiden ulkopuolisten lämmöneristeiden solu-muovieristeet vaativat tulevaisuudessa lisätarkastelua. Tulevaisuuden matalaenergiarakentaminen luo osaltaan uusia rakennerratkaisuja ja toimintatapoja. Em. toimija tulee tarkastella ajankohtaisten koulutusten ja toimintatapojen päivittämisen mukaisesti. (Vinha, T.2012 TTY, Frame-projekti)



#### 4.7.1 Vaipan ilmanpitävyys

TTY:n rakennustekniikan laitoksen Frame-projektin yhteenvedossa 2012 on käsitelty erilaisia rakenneratkaisuja, sekä ilmastonmuutoksen vaikutusta lämmöneristyksen lisäämisen kanssa vaipparakenteissa. Tutkimuksessa todettiin, että rakennuksen vaipan ilmanpitävyyden parantamisella on lähes yksinomaan positiivisia vaikutuksia, ja se on myös keskeinen edellytys kehittyvälle matalaenergiarakentamiselle. Keskeisiä hyötyjä vaipan ilmanpitävyydestä ovat

- *Erilaisten haitallisten aineiden ja mikrobien virtaus sisäilmaan vähenee merkittävästi.*
- *Kosteuden virtaus vaipparakenteeseen vähenee.*
- *Vaipparakenteiden sisäpinnat eivät jäähdy ulkoa tulevien ilmavirtausten seurauksena.*
- *Rakennuksen energiankulutus vähenee ilmanvaihdon tapahtuessa LTO:n kautta.*
- *Rakennuksen käyttäjien kokema vedon tunne vähenee.*
- *Ilmanvaihdon säätäminen ja tavoiteltujen painesuhteiden säätäminen helpottuu, mutta säätöjen tekeminen nousee entistä tärkeämmäksi.*

Tehtyjen havaintojen pohjalta on tärkeää, että riittävä ilmanvaihdon takaaminen onnistuu. (Vinha, T.2012 TTY, Frame-projekti)

#### 4.7.2 Betonijulkisivujen toiminta

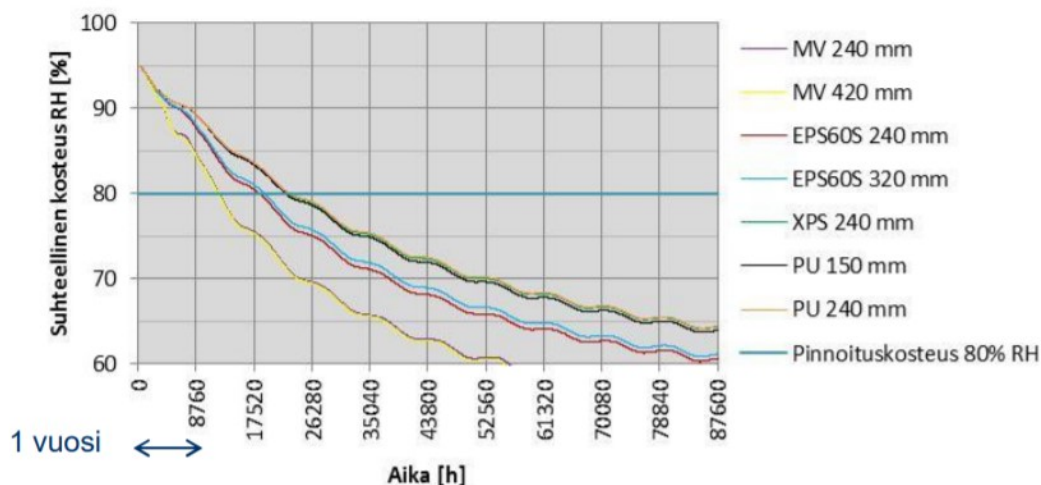
Rakennusten julkisivut suojaavat vesikaton ohella rakennusta luonnonvoimilta. Ehjä ja toimiva julkisivu mahdollistaa terveelliset sisäolosuhteet rakennuksessa ja suojaa myös muita rakennuksen sisällä olevia rakenneosia. Betonijulkisivujen kunnossapito ja oikeanlainen toiminta on yksi rakennuskantamme monista haasteista.

- *Ilmastonmuutos voi saada pakkausrapautumisvaurioita aikaan myös vanhoissa rakennuksissa tulevien vuosien aikana.*
- *Pakkasenkestävyyden osalta ei havaittu erityisiä lisävaatimuksia, mutta betonin lisähuokoistamisen suhteen on edelleen onnistuttava aina.*
- *Raudotteiden sijoittaminen normien ja toleranssien mukaisesti.*
- *Liitosten ja detaljien suhteen tulee toimivuus varmistaa erityisen huolellisesti. Em. osat ratkaisevat koko rakenteen toimivuuden.* (Vinha, T.2012 TTY, Frame-projekti)

4.7.3 Rakennusaikaisen kosteuden kuivuminen betonielementin sisäkuoresta  
Solumuovieristeitä käytettäessä sisäkuoren kuivumisaika pinnoituskosteuteen tiiviiden pintojen suhteen voi pidentää kuivumisaikaa mineraalivillaeristeeseen verrattuna. Kuivumisaikaa pidentää myös eristepaksuuden kasvattaminen kyseisessä rakenteessa. (Vinha, T.2012 TTY, Frame-projekti)

Polyuretaanieristettä käytettäessä kuivumisaika on pisin. Alumiinipinnoite lisää kuivumisaikaa, koska pinnoite estää kosteuden kuivumisen ulospäin. (Vinha, T.2012 TTY, Frame-projekti)

Taulukko 5. Suhteellisen kosteuden käyttäytyminen eri eristemateriaaleilla ajan kanssa. (Vinha, T. 2012. TTY, Frame-projekti)



#### 4.7.4 Tiiliverhottu puurankaseinä

Tiiliverhotussa puurankaseinässä homehtumisriski rakenteen ulko-osissa on erityisen suuri, koska tiiliverhoukseen kerääntynyt kosteus siirtyy sisäänpäin diffuusiolla, tästä syystä tuulensuojalevyn tulee olla hyvin lämpöä eristävä ja homehtumista kestävä. Suurta homehtumisriskiä voi esiintyä myös höyrynsulun sisä- ja ulkopuolella pystyrungon kohdalla, mikäli sisäpuolella käytetään ristikoolausta ja tuulensuojan lämmönvastus ei ole riittävä (Vinha, T. 2012. TTY, Frame-projekti)

Ilmastonmuutoksen huomioonotossa on arvioitu, että vuoden 2050 ilmastossa rakenteen U-arvo on  $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , jolloin tuulensuojan lämmönvastuksen tulisi olla vähintään  $1,6 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ . Kyseiseen arvoon pääsemiseksi riittäisi esimerkiksi 50mm mineraalivillalevy. Vuoden 2100 ilmastossa lämmönvastukseksi on arvioitu  $2,7 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ , joka vertautuu 100mm mineraalivillalevyyn (Vinha, T. 2012. TTY, Frame-projekti)

#### 4.7.5 Sisäpuolelta eristetyt massiivirakenteet

Sisäpuolelta eristettyjen massiivirakenteiden seinien toiminnan edellyttämiseksi on aina huomioitava ilmapuotopaikkojen riittävä tiiveys, jotta rakenteen sisäiset vuodot saadaan estettyä eristeen taakse. Tiiveyden lisäksi on varmistuttava riittävän höyrynsulun sijainnista eristeen lämpimällä puolella. Solumuovieristettä käytettäessä eristeen oma vesihöyrynvastus takaa riittävän höyrynsulun lämmöneristettä lisättäessä. Kevytbetonirakenteinen seinä tulee rapata riittävän hyvin, jotta viistosade ei pääse kastelemaan seinärakennetta. Massiivisten puurakenteiden, kuten hirsiseinien, saumat tulee olla tiivistettyjä esimerkiksi paisuvilla saumatiivisteillä, jotta viistosade ei pääse tunkeutumaan rakenteen sisälle. Ulkoseinärakenteen kuivuudesta on oltava varmoja, ennen sisäpuolisen lämmöneristysten ja höyrynsulun asettamista. (Vinha, T. 2012 TTY, Frame-projekti)

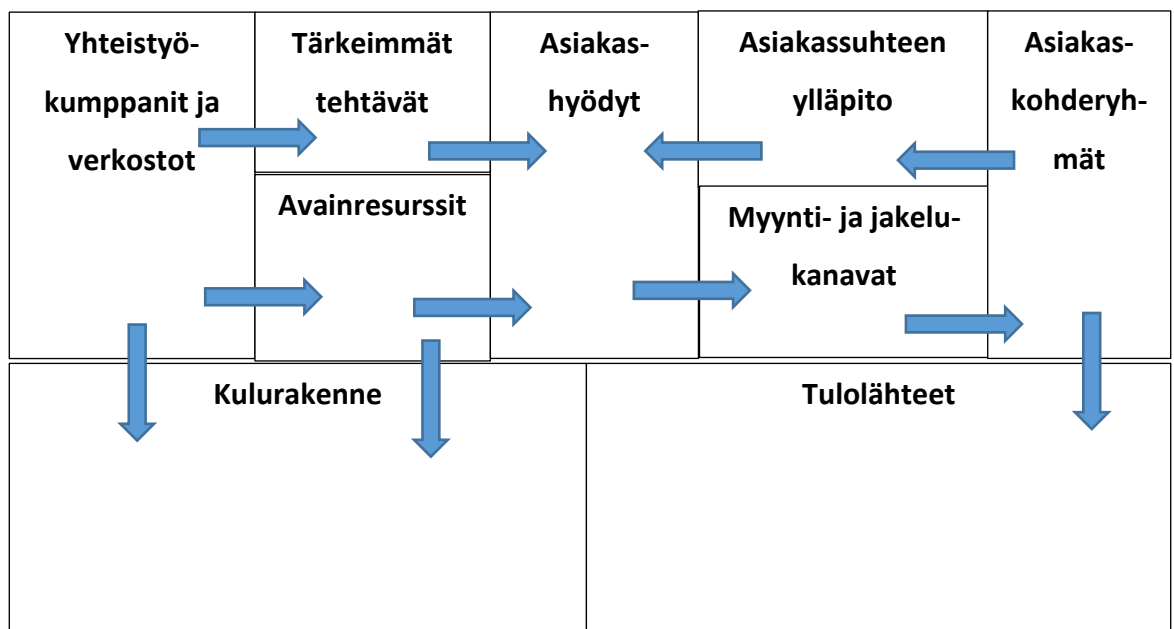
## 5 Digitaaliset palvelut ja uuden liiketoiminnan muotoilu

### 5.1 Liiketoimintamallin runko ja selvittävät asiat

Liiketoimintamallin tarkoituksena on kuvata nopeasti ja selkeästi palveluntuottavan yrityksen tai yritysten kyky löytää kohdeasiakkaat, jolle myydä lisäarvoa tuottavaa palvelua. Seuraavassa esiteltävän liiketoimintamallin runko toimii opinnäytetyön jälkeen aloitettavalle kehityshankkeelle perusrunkona. Mallin tulisi kirkastaa yrityksen sisällä ja kehitystyössä mukana oleville kumppaneille idean toimivuutta, sekä siihen liittyviä odotuksia ja sidosryhmiä. Seuraavassa käsiteltäviä asioita ja haastattelututkimuksen pohjalta on muodostettu roadmap-suunnitelma

palvelumuotoilun etenemiselle. Taulukko 6 on helpottamassa liiketoiminnassa huomioon otettavia osakokonaisuuksia. Liiketoiminnan runko pohjautuu omaan kokemukseen kehittämisestä ja tuotteistamisesta. Seuraavassa käsiteltävät asiat liiketoiminnan kehittämiseen liittyen tulee käydä palvelun kehittämisen edetessä yhteistyökumppaneiden kanssa läpi. Liiketoimintamallin runko ja roadmap voi ohjata toimintaa, mutta muokkautuu tarvittaessa keskustelujen edetessä. Uudenlaisen liiketoimintamallin luomiseksi on ensiarvoisen tärkeää selvittää ainakin seuraavia asioita:

Taulukko 6. Liiketoiminnan runkokaavio



### Yhteistyökumppanit ja verkostot

Avainkumppanit ja verkostot toimivat liiketoiminnan muotoilun pohjana. On tärkeää tiedostaa kenen kanssa lähdetään luomaan uudenlaista liiketoimintaa ja mitkä ovat eri toimijoiden roolit toiminnan edetessä. Kumppaneista tulisi selvittää ainakin seuraavat kumppanit:

- Tärkeimmät kumppanimme?
- Tärkeimmät toimittajamme?
- Mitä resursseja tarvitsisimme kumppaneiltamme?
- Mitä aktiviteetteja kumppanimme tekevät?

Digitaalisen anturointi- ja pilvipalvelumallin kumppanit ja toimijat voisivat projektin tiimoilta olla muun muassa seuraavia:

- *Loppuasiakkaat*
- *Rahoittajat*
- *Liiketoimintakonsultit*
- *Myynnin ja markkinoinnin konsultit*
- *Oppilaitokset*
- *Palvelun tuottajat*

### **Asiakasryhmät**

Asiakasryhmiä voi olla muutamia tai useita, riippuen tuotteen ja palvelun laadusta. Asiakasryhmä on tärkeää selvittää jo alussa, jotta osataan haarukoida tarveselvitykset asiakkaiden taholta. Asiakasryhmistä ja tarveselvityksistä tulisi selvittää ainakin seuraavia asioita:

- *Kenelle tuotamme arvoa, millaista se arvo voisi olla?*
- *Ketkä ovat tärkeimpiä asiakkaitamme?*
- *Millaista suhdetta asiakas meiltä odottaa?*
- *Miten asiakkaat linkittyvät liiketoimintamalliimme?*
- *Kuinka kallista suhteen hoito on?*
- *Miten aiomme suhdetta hoitaa?*

Kenelle tuote kohdennetaan ja kenelle palvelusta on suurin hyötysuhde.

- *Kiinteistökantojen omistajat ja hallinointijat*
- *SaaS-yritykset*
- *Urakoitsijat ja elementtivalmistajat*
- *Suunnitteluyritykset*

### **Asiakassuhteet**

Palvelun tuottaja hakee asiakassuhteelta kumppanuutta liiketoiminnan kehittämiseksi ja palvelun parantamiseksi. Yhteydenottojen määrä uudenlaisen palvelun suhteen ovat vähintään viikottaisia projektin alkuvaiheessa. Tuotteen ja palvelun käynnistyessä pidetään säännöllisesti yhteydenpitoa, sekä sovitaan seurantalavereita palvelun etenemisen suhteen.

### **Arvolupaus**

Arvolupaus on yrityksen lupaus tuotteen tai palvelun arvosta ja se on olennainen osa yrityksen myyntiä ja markkinointia. Arvolupaus voi edustaa tuotetta ja palvelua tai kokonaisuudessaan koko yritystä. Arvolupauksena digitaalisessa anturoinnissa voi olla urakoitsijan kyky varmistaa datavertailulla tuotteensa laatu sovitulle takuuajalle,

sekä tarjota kiinteistön omistajalle/käyttäjille työkalun kiinteistökannan ylläpitämiseksi. Arvolupaus pitää sisällään sen millaista arvoa voimme tuottaa asiakkaalle. On hyvä nähdä myös minkä ongelman ratkaisemme ja mitä tuotteita, palveluita ja ratkaisuja tarjoamme.

### **Vastuullisuus**

Miten palveluntuottajat ottavat vastuullisen liiketoiminnan huomioon omassa toiminnassaan. Rakennusteollisuudessa vastuulliseen toimintaan liitetään useasti hyvän rakentamistavan mukaiset toimet.

### **Riskit**

Alustavien riskien kartoittamista. Näitä voivat olla muun muassa rahalliset, aineelliset tai henkiset.

### **Kulurakenne**

Kulurakenne on hyvä selvittää liiketoimintamuotoilun alkuvaiheessa, jotta kyetään päättämään onko kehitystyö ja tuotteistaminen taloudellisesti kannattavaa, sekä mihin kuluihin kyetään varautumaan.

- *Tärkeimmät kulut?*
- *Mitkä resurssit maksavat eniten?*
- *Mitkä aktiviteetit ovat kalleimpia?*

Tuotteesta tai palvelusta muodostuva kokonaiskulu. Digitaalisessa anturoinnissa muodostuu ainakin seuraavista.

- *Anturityypit*
- *Asennuskustannukset*
- *Käyttö- ja huoltokustannukset*
- *Pilvipalvelu*
- *Datan analysointipalvelut*

### **Tulovirrat**

Kuten kulurakenne, tulee selvittää tulovirrat ennen projektia ja projektin edetessä.

- *Mistä arvosta asiakkaat ovat valmiita maksamaan?*
- *Kuinka paljon he nyt maksavat?*

Palvelusta saatava tulo palvelun tuottajalle, sekä asiakkaan mahdollinen kulu palvelusta ja tuotteesta.

- *Kertamaksullinen*
- *Kuukausilaskutteinen*
- *Progressiivinen laskutus*

### Kanavat

- Mikä on tehokkain tapa tavoittaa ja viestiä asiakassegmenteille?
- Kuinka tavoitamme heidät nyt?
- Kuinka kytkeydymme asiakkaan rutiineihin?

Kartoitetaan väyliä, jossa uutta tuotetta voidaan nostaa esille ja markkinoida. Pilotin onnistuessa on mahdollista nostaa näkyvyyttä mm:

- *Sosiaalinen media.*
- *Lehtijulkaisut alan lehdissä ja paikallislehdissä.*
- *Alan seminaareilla.*
- *Asiakkaiden kutsumista seuraamaan palvelun ja tuotteen toimivuutta.*

### Selviteltäviä asioita

- *Kiertotalous*
- *Puurakentaminen ja sen kehitys*
- *Hiilijalanjälki*
- *Sisäilmaongelmat*
- *Dataohjattu ilmanvaihto*
- *Toimivat älykäs pilvialusta*

**Mitä sopimuksessa tulisi laatia järjestelmän tuottajan ja palvelun ostajan kannalta.**

- *Kuka omistaa syntyneen datan ja miltä osin sitä saa käyttää?*
- *Palvelumallin viimeistelty kuvaus*
- *Palvelun hinta ja veloitusperusteet*
- *Datan säilytys ja prosessointi*
- *Datan jatkokäyttö*
- *Yksityisyyden suoja (GDPR)*

## 6 Tutkimuksen toteutus

### 6.1 Haastattelun tavoite ja toteutus

Haastattelun ja kyselyn toteutti ulkopuolinen taho Ecovisor Oy. Ulkopuoliseen ta-  
hoon päädyttiin siitä syystä, että haastattelun suorittaisi opinnäytetyön ja projektin  
ulkopuolinen toimija, joka valvoisi suoritettavan haastattelun luotettavuutta ja kar-  
toittaisi myös mahdolliset toimijat ja asiakkaat suunniteltavan järjestelmän ulkopuo-  
lelta. Haastattelututkimus tehtiin osana Jyväskylän Ammattikorkeakoulun toteutta-  
maa ja Euroopan Aluekehitysrahaston päärahoittamaa hanketta BIND – Bioinnovaati-  
oiden edistäminen.

Opinnäytetyöhön ja suunniteltuun liiketoimintaan liittyen suoritettiin tarvekartoitus-haastattelu rakennusten kunnon seuraan tarkoitettuun digitaaliseen analysointijärjestelmään liittyen. Tavoitteena oli saada lisätietoa rakennusten kunnon seurantaan tarkoitettun digitaalisen analysointijärjestelmän kehittämiseksi. Kartoitusta varten laadittiin haastattelu, jolla selvitettiin rakennusliikkeiden, isännöintiyritysten ja omakotiliiton näkemykset digitaalisen järjestelmän tarpeellisuudesta, järjestelmävaatimuksista, käyttökohteista, kustannustasosta, datapalvelun maksuhalukkuudesta sekä kiinnostus yhteistyöhön järjestelmän kehittämiseksi. Kysymykset hyväksytettiin toimeksiantajalla ja haastateltava kohderyhmä sovittiin yhdessä. Kartoitusta toteutettiin sähköisellä kyselyllä ja puhelinhaastatteluilla helmi-maaliskuussa 2020. Tavoitteena oli saada n. 20 vastausta. Kysely lähetettiin 65 rakennusalan toimijalle. Kyselystä lähetettiin kaksi muistutusviestiä viikon välein.

## 6.2 Tulokset & vastaajat

Sähköiseen kyselyyn saatiin viisi vastausta. Lisäksi muutama oli vastannut vain ensimmäiseen kysymykseen, mutta niitä ei otettu huomioon, koska yhteystietoja ei ollut jätetty. Neljä poistui postituslistalta. Kartoitusta täydennettiin puhelinhaastatteluilla. Puhelimitse tavoitettiin 12 henkilöä: 7 rakennusliikkeen edustajaa, 3 isännöitsijää ja 2 pientalo-omistajien edustajaa. Postituslistalta poistuneita ei yritetty tavoittaa. Tulokseksi saatiin 17 vastausta.

Taulukko 7. Kyselyyn vastanneiden määrät ja roolit haastattelutulosten pohjalta

	Sähköinen kysely	Puhelin- haastattelu	Vastaukset yht.	Poistui postituslistalta
Rakennusliike	5	7	12	4
Isännöitsijä	0	3	3	
Pientalo-omistajat	0	2	2	
			17	



### 6.3 Vastaukset

Vastauksissa oli havaittavissa jonkin verran hajontaa. Yhteneviä kantoja löytyi rakennusliikkeiden puolelta, sekä isännöitsijöiden ja pientalo-omistajien puolelta. Rakennusliikkeiden osalta suhtautuminen uusiin järjestelmiin ja niiden kehittämiseen oli isännöitsijöitä ja pientalo-omistajia myönteisempää. Rakennusliikkeiden puolelta oli myös tehty hieman vastaavanlaisia kokeiluja analysointijärjestelmän tiimoilta. Monen rakennusliikkeen edustajan mielestä toimivan järjestelmän käyttöönotolla on kiire ja moni oli kiinnostunut yhteistoiminnasta ja rahoittamisesta järjestelmän tiimoilta.

#### 6.3.1 Digitaalisen analysointijärjestelmän tarpeellisuus?

**Rakennusliikkeistä** suurin osa koki järjestelmän tarpeelliseksi. Anturointi ja mittaaminen on tullut eteen mm. vaatimuksena elinkaarihankkeiden tarjouspyynnöissä. Järjestelmää eivät kokeneet tarpeelliseksi omakotitalorakentaja, puuelementtitoimittaja eikä rakentaja, joka oli tehnyt mittausanturointia ja seuranta tutkimusmielessä. Yksi ei osannut sanoa kantaansa, mutta vastaajalla oli kuitenkin kokemusta vastaavasta palvelusta ja oli kiinnostunut tutkimaan asiaa. Kolme yritystä jätti vastaamatta jatkokysymyksiin.

Taulukko 8. Digitaalisen analysointijärjestelmän tarpeellisuus haastattelutulosten pohjalta

Koetteko digitaalisen analysointijärjestelmän tarpeelliseksi?	Rak.	Isänn.	Omak.	Yht.	%
Kyllä, koemme sen erittäin tarpeelliseksi.	7	0	0	7	41 %
Kyllä, koemme sen tarpeelliseksi, mutta emme ajankohtaiseksi.	1	0	0	1	6 %
En osaa sanoa	1	0	2	3	18 %
Ei, emme koe sitä tarpeelliseksi	3	3	0	6	35 %
	12	3	2	17	100 %

**Isännöintipalveluja** tarjoavat yritykset puolestaan eivät olleet lainkaan kiinnostuneita asiasta eivätkä kokeneet järjestelmää tarpeelliseksi. Heidän mielestään asia kuuluu rakentajan vastuulle. Isännöitsijät eivät halunneet vastata jatkokysymyksiin.

**Pientalo-omistajien** edustajat suhtautuivat asiaan epäillen, eivät osanneet tai halunneet ottaa asiaan kantaa. He kokivat analysointipalvelun lähinnä rahastuskeinoksi eivätkä nähneet palvelun tuovan lisäarvoa vaan että se olisi uusi sovellus/palvelu muiden jo olemassa olevien appien joukossa. Vastasivat jatkokysymyksiin. Digitaalinen analysointijärjestelmä herätti kysymyksiä analysointipalvelun hyväksyttävyydestä ja tietoturvallisuudesta. Usean vastanneen mielestä tarvitaan tietoa mihin muihin tarkoituksiin dataa hyödynnettäisiin ja kuka sitä pääsisi käyttämään.

### 6.3.2 Järjestelmälle asetetut vaatimukset vastaajien näkökulmasta

Digitaalista anturointijärjestelmää kohtaan muodostui useita vaateita vastaajien puolelta. Moni vastaajista näki erityisen tärkeäksi muun muassa helpon asennuksen ja helppokäyttöisen käyttöliittymän, järjestelmän tulisi olla käyttäjäystävällinen ja tilaajan tarpeisiin sopiva. Tilaajapuolella nousi esille lisäarvon näyttämisen helppous. Järjestelmää kohtaan nousi myös tarpeita sen mahdollisesta huollettavuudesta ja rajapinnoista muihin järjestelmiin. Monen mielestä järjestelmästä tulisi olla helppo saada tietoa ulos ja tietojen tulisi olla graafisesti ja visuaalisesti yksinkertaisessa muodossa. Mitattavien suureiden osalta betonin lämpötila- ja kosteusmittaus nousi tärkeäksi, etenkin pinnoitettavuuksien selvittämisen puolesta.

### 6.3.3 Järjestelmästä saatava mahdollinen hyöty vastaajien näkökulmasta

Järjestelmää kohtaan tulleet hyödyt koskivat suurelta osin mittauksen luotettavuuden avulla saatavia lisämyyntimahdollisuuksia. Työmaan ajantasainen seuranta ja betonivalujen kosteusseuranta kiinnostivat myös suuresti kyselyyn vastanneita rakennusliikkeitä. Eräs vastaaja nosti työmaan ajantasaisen seurannan ja ohjauksen vähentävän oleellisesti rakentamisaikaa, sekä mahdollisuutta jaksottaa ja nopeuttaa päällystämistöitä. Useat vastanneet nostivat esille, että tarjouspyynnöissä on veloitettu valvomaan rakentamisen aikaista mittauksia, etenkin elinkaarihankkeissa ja julkisessa rakentamisessa.

### 6.3.4 Lisäarvoajattelu järjestelmään liittyen

Asiakkaille tuotettavaa lisäarvoa tarkastellessa voisi rakentamisaika nopeutua hallitusti ja valvotusti. Jatkuvien mittaustulosten jakaminen sähköisesti muun muassa työmaan valvojille, pääurakoitsijalle ja aliurakoitsijoille toisi rakentamisesta entistä läpinäkyvämpää ja sujuvampaa. Dokumentointi olisi myös mahdollista toteuttaa mittaustulosten pohjalta entistä paremmin. Useita vastaajia kiinnosti energiansäästömahdollisuudet, sekä taloteknisten järjestelmien älykäs ohjaaminen rakenneosista saatavien datavirtojen pohjalta. Järjestelmän avulla myös loppukäyttäjä voisi varmistua rakenteiden kunnosta myös valmistumisen jälkeen. Rakentamisen elinkaaren korjaustarpeet voisivat myös tarkentua huomattavasti reaaliaikaisen ja todennettujen mittausten pohjalta.

### 6.3.5 Oleellisin ja kiinnostavin mittausaikaväli järjestelmään liittyen

Oheisen taulukon 8 pohjalta on havaittavissa lievää hajontaa, mutta pääsääntöisesti vastaajat haluaisivat digitaalisen järjestelmän kattavan koko rakennuksen elinkaaren jatkuvalla mittauksella. Tärkeäksi muodostui asiasta sopiminen sopimuksissa rakentajan kanssa. Mahdollisen sisäilmaepäilyn yhteydessä olisi mahdollista suorittaa tarkistusmittauksia 1-4 viikon periodeilla.

Taulukko 9. Mittausaikaväli haastattelutulosten pohjalta

<b>Millainen mittausaikaväli olisi teille oleellisin ja kiinnostavin?</b>	<b>kpl</b>	<b>%</b>
Rakennuksen koko elinkaari, jatkuva mittaus	5	50 %
Ensimmäiset 10 vuotta, jatkuva mittaus	1	10 %
Vuositarkastusten yhteydessä, ajoittainen tarkistusmittaus	1	10 %
Omistajan tai asukkaiden vaihtuessa / myynti- ja ostotilanteet, jatkuva tai ajoittainen tarkistusmittaus	1	10 %
Muu aikaväli	2	20 %
	10	

### 6.3.6 Rakennusmateriaalien valinta mittaus- ja analysointijärjestelmää varten

Betonin kosteusmittaus korostui vastauksissa. Kysymykseen saatiin 9 vastausta, joissa kaikissa mainittiin järjestelmän olevan tarpeellinen betonille. 56 % vastasi järjestelmän olevan tarpeellinen kaikille materiaaleille. Sisäilman tarkkaileminen nousi betonin lisäksi oleelliseksi tiedoksi vastaajien kesken.

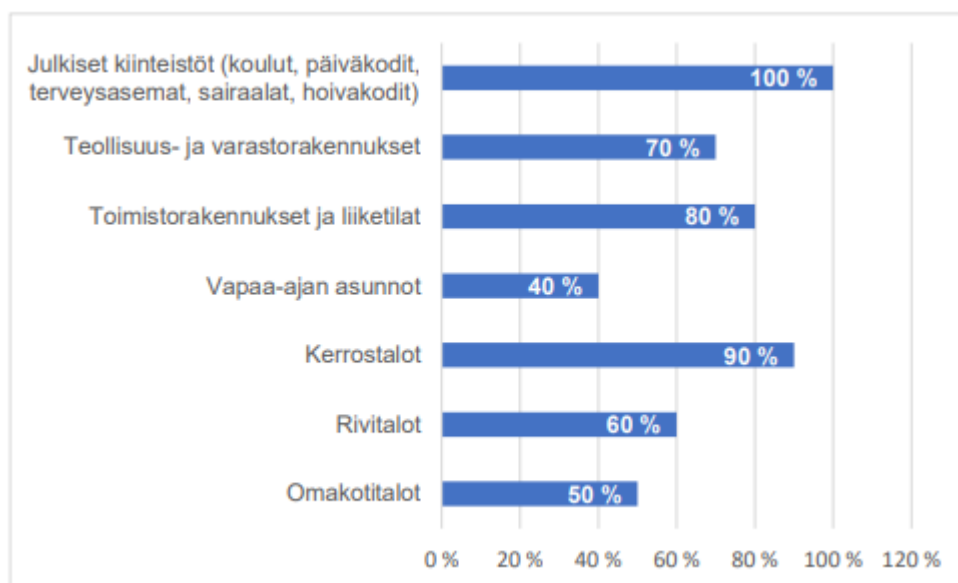
### 6.3.7 Järjestelmälle soveltuvat kohteet

10 vastaajaa, joista kaikkien mielestä järjestelmä olisi tarpeellinen uudisrakennuskohteisiin, 40 %:n mielestä tarpeellinen myös korjausrakennuskohteisiin. Korjausrakennuskohteissa lattiarakenteet, pala- ja ylälaattapalkistot ovat kriittisiä kohteita. Kosteiden tilojen tarkasteleminen nousi tärkeäksi uudis- ja korjausrakennuskohteissa.

### 6.3.8 Järjestelmälle soveltuvat talotyypit

10 vastaajaa, joista 40 % vastasi kaikille rakennuksille (valintana monta vaihtoehtoa). Useat vastaajat näkivät kaikki rakennukset järjestelmän käyttökohteeksi. Ohessa olevan taulukon 9 mukaan kaikki vastanneet näkivät julkiset kiinteistöt tärkeäksi kohde-ryhmäksi järjestelmälle. Isoksi ongelmaksi vastaajien kesken löytyi tilojen vääränlainen käyttö, joka altistaa ongelmille, näitä voivat olla muun muassa ilmanvaihdon puutteellisuus ja lämpötilavaihtelut. Kellarilliset ja tasakattoiset ovat erään vastaajan mielestä alttiimpia korjaustarpeille, kun taas maanpäällisrakenteiset nähdään turvallisemmaksi oikein käytettyinä.

Taulukko 10. Anturijärjestelmän käyttökohteiden valinta haastattelutulosten pohjalta



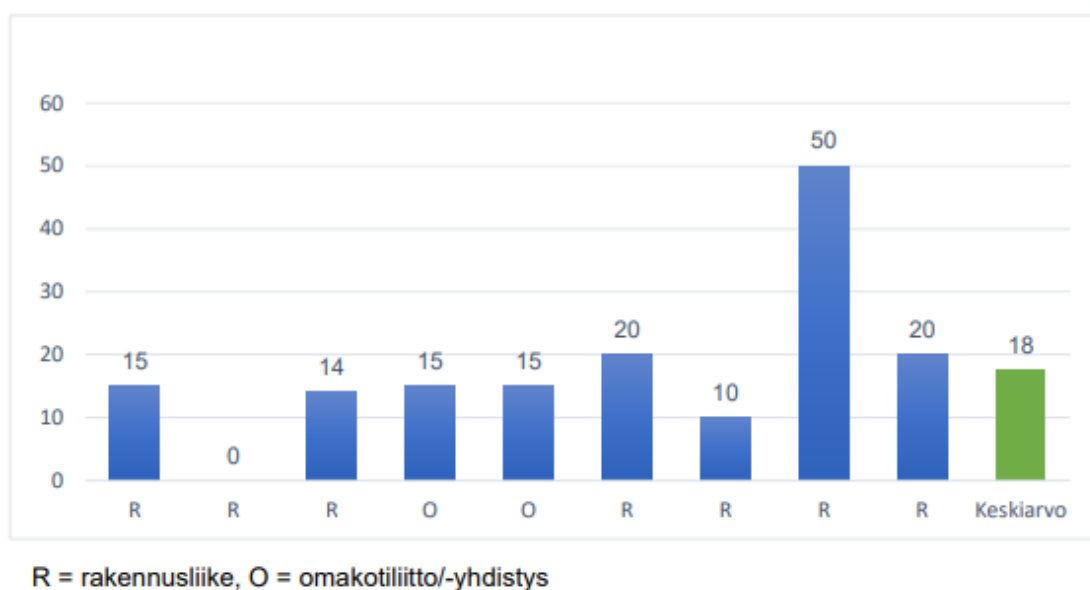
### 6.3.9 Anturointijärjestelmän investoinnit kokonaisrakennuskustannuksista

9 vastaajaa, joista kaikkien mielestä investointi järjestelmään saisi lisätä rakennuskustannuksia alle 5 %. Erään vastaajan mukaan kerrostalossa investointi järjestelmään saisi aiheuttaa enintään 1,5 %:n lisäkustannuksen. Vastaus perustuu kokemukseen anturointi- ja mittauskokeilusta. Toinen vastaaja oli sitä mieltä, että kustannus saisi olla n.1000€ - 2000€ luokkaa per kerrostalo. Äärimmäiseksi hintakatoksi nähtiin 5000€ per kerrostalo. Anturien suhteen hintakatoksi nostettiin erään vastaajan toimesta 10€ per anturi.

### 6.3.10 Datapalvelun hinnoittelu €/kk

Oheisen taulukon 10 mukaisesti keskiarvoksi muodostui 18€/kk datapalvelun hinnaksi. Hinnan suhteen oli havaittavissa hieman hajontaa, mutta tärkeäksi kohdaksi nousi se, että järjestelmän olisi luotava lisäarvoa asiakkaille, josta hinta voisi muodostua.

Taulukko 11. Hinnan muodostuminen haastattelutulosten pohjalta



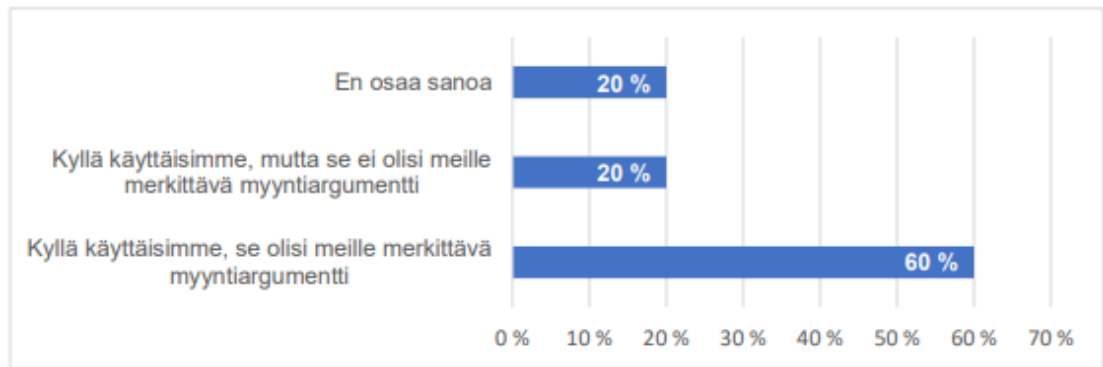
### 6.3.11 Investoinnin takaisinmaksutapa

Vastaajien kesken tuli tämän kysymyksen kohdalla hieman hajontaa ja mielestäni kysymystä ei ehkä ymmärretty täysin oikein. Investoinnin takaisinmaksumenetelmä ja investoinnin tuotto prosenttimenetelmä jäi vielä hieman avonaiseksi vastausten jälkeen. Vastaajien mielestä investoinnin tulisi maksaa itsensä takaisin tilaajan lisäarvon kautta. Osan mielestä kustannuksien tulisi olla marginaalisia, eikä takaisinmaksun nähty olevan edes relevantti. Erään vastaajan mielestä tulisi tarkastella asiakkaan mahdollisia säästöjä, jotka voivat olla esimerkiksi vesikattovuototilanteessa 10.000 – 100.000 väliltä.

### 6.3.12 Anturointi ja mittaaminen myyntiargumentteina

10 vastaajaa kokonaisuudessaan. Rakennusliikkeet käyttäisivät anturointia ja mittaamista myyntiargumenttina, ja suurimmalle osalle se olisi merkittävä. Omakotiliiton edustajat eivät osanneet ottaa asiaan kantaa. Taulukon 11 mukaisesti vastaajista 60% käyttäisi anturointia ja mittaamista merkittävänä myyntiargumenttina. Vastaustulos ja vastausprosentti ovat mielestäni rohkaisevia digitaalisen järjestelmän tiimoilta.

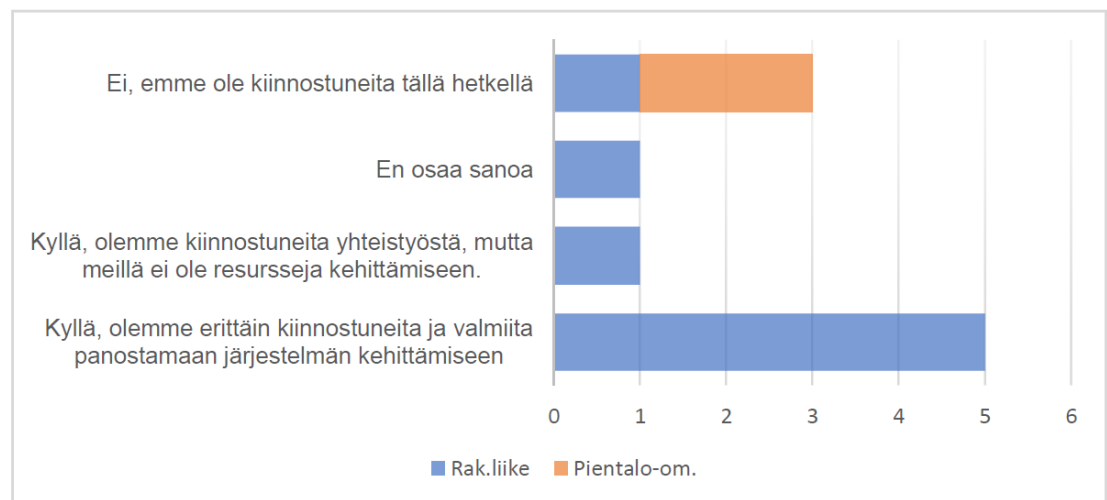
Taulukko 12. Myyntiargumentin muodostuminen haastattelutulosten pohjalta



### 6.3.13 Kiinnostus yhteistyöstä järjestelmän kehittämisestä ja panostamisesta siihen

10 vastaajasta suurin osa rakentajista olisi kiinnostunut panostamaan järjestelmän kehittämiseen ja tuotteistamiseen. Vastausprosentti on tässäkin mielestäni äärimmäisen rohkaiseva ja kertoo suuresta tarpeesta tässä opinnäytetyössä ideoidulle järjestelmälle.

Taulukko 13. Kiinnostuksen jakaantuminen haastattelutulosten pohjalta



## 6.4 Data-analyysin toteutus

Langaton mittausjärjestelmä toteutettiin Ouman Wireless- mittausjärjestelmän avulla. Järjestelmällä saadaan mitattua kiinteistöjen lämpötiloja ja kosteuksia, valittuun kiinteistöön kytkettiin myös paine-eroantureita neljä kappaletta.

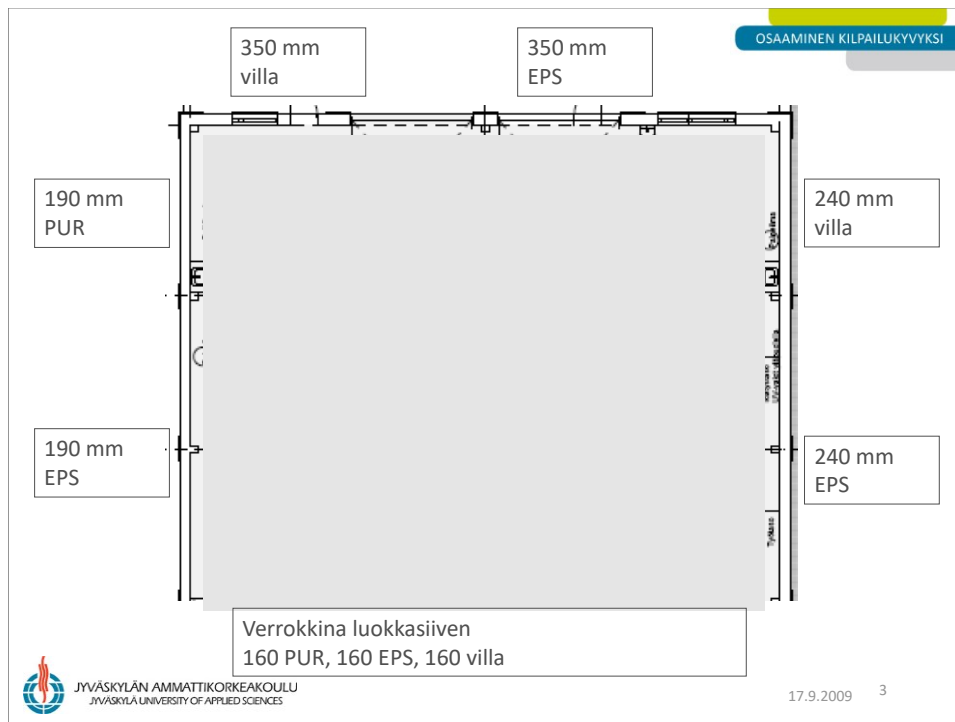
### 6.4.1 Kohdetietoja

SSYP Kiinteistöt rakennutti JAMK Biotalousinstituutille tilat Saarijärven Tarvaalaan vuonna 2010. Kiinteistöstä haluttiin tutkimuskohde: rakentamisessa käytettiin erilaisia teräsbetonisia seinärakenteita, joissa oli erityyppisiä lämmöneristeitä: kivivilla, EPS-eriste (polystyreeni) ja polyuretaanieriste. Betonisten seinäelementtien sisään asennettiin rakennusvaiheessa lämpötila- & kosteusanturit, joilla kerättiin kaksi vuotta dataa muun muassa seinärakenteista ja lattiarakenteista.

Saarijärvellä sijaitseva pilottirakennus on rakennettu yhdeksästä erilaisesta ulkoseinätyypistä ja kullekin näistä tyypeistä on suoritettu olosuhdeanturointia jo aiemman opinnäytetyön muodossa. Rakennetyypeistä kolme täyttää vuoden 2007 lämmöneristysmääräykset, neljä rakennetyypistä täyttää vuoden 2010 lämmöneristysmääräykset ja kahdessa rakennetyypissä on 2010 lämmöneristemääräyksiä paremmat rakenteet. Eistemateriaaleina on käytetty mineraalivillaeristettä, sekä PUR- ja EPS-eristeitä. Mineraalivillaeristeiset seinärakenteet on varustettu tuuletusurilla. PUR- ja EPS-eristeisissä ulkoseinärakenteissa ei tuuletusuria ole olemassa. Ainoan poikkeuksen tekee yksittäinen EPS-eristeinen rakennetyyppi, jossa tuuletusurat löytyvät.

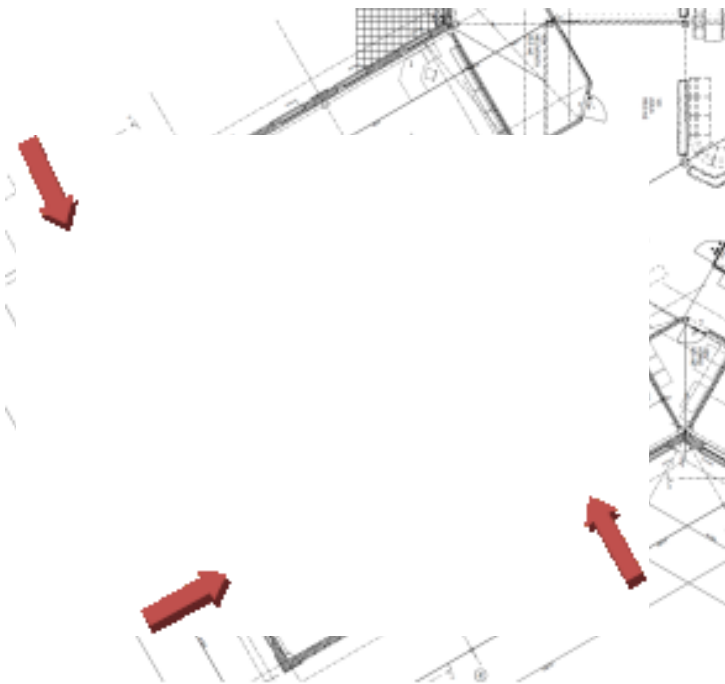
Koerakentamissiiven betoniseinissä on käytetty erilaisia seinävahvuuksia ja erilaisia eristemateriaaleja. Lyhenteenä käytetty EPS on paisutettua polystyreenimuovia (expanded polystyrene), jota käytetään kestäväyytensä ja lämmöneristäväyytensä ansiosta lattia- ja alapohjaeristeenä, seinäeristeenä ja kattoeristeenä sekä routasuojauksena. Vastaavasti PUR tarkoittaa polyuretaania. Seinävahvuudet ja paksuudet käyvät ilmi liitteestä 1. (Sauranen, T.)



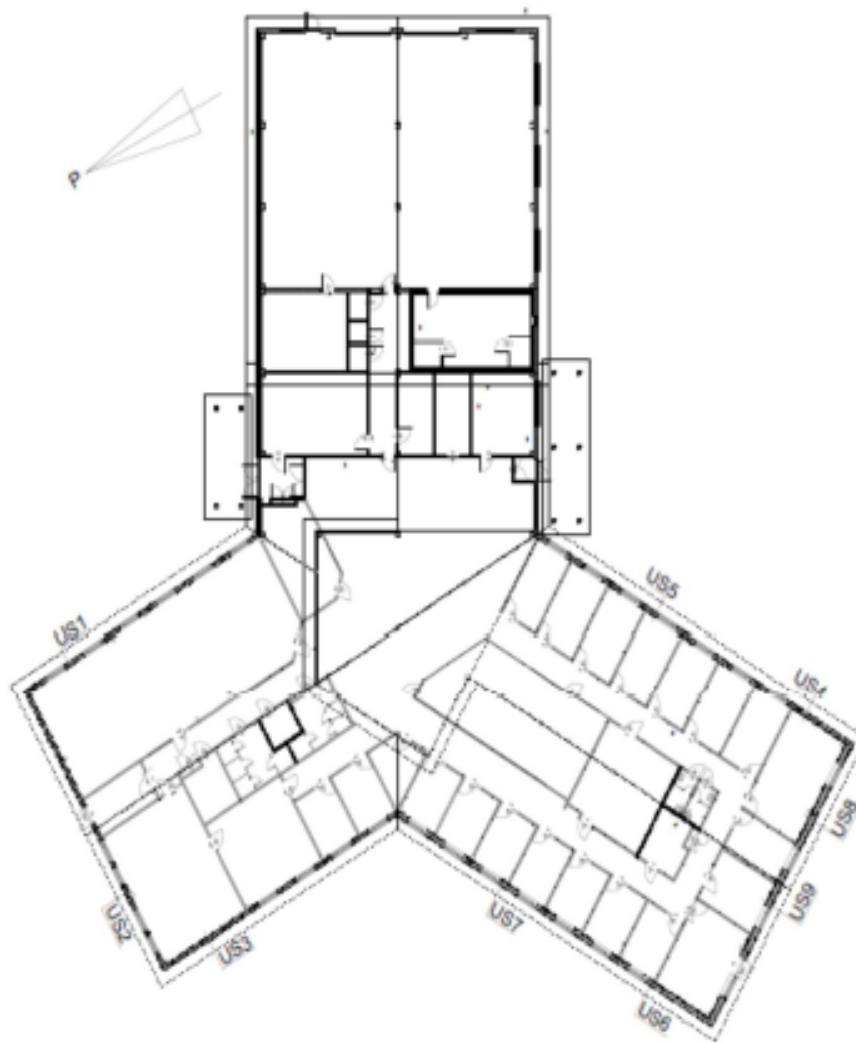


Liite 1. Koerakentamissiiven seinävahvuudet ja eristemateriaalit. (Sauranen, T.)

Lämpötila- kosteusantureiden sijoituspaikat ja määrät on päätetty yhdessä yrityskumppaneiden kanssa. Seiniin sijoitettavia lämpötila-kosteusantureita tulee olemaan yhdeksässä erilaisessa seinärakenteessa. Seinärakenteet on kuvattu tarkemmin liitteessä olevissa elementtikuvissa. Luokkasiiven linjat oikealta vasemmalle; 160 PUR, 160 EPS, 160 villa (Sauranen, T.)



Liite 2. Lämpötila- kosteusantureiden sijoituspaikat seinärakenteissa ylemmässä kuvassa koerakentamissiipi ja alemmassa kuvassa luokkasiipi. (Sauranen, T.)



Liite 3. Rakennuksen pohjakuva, josta selviää rakennetyyppien sijainnit.

Rakennetyyppi	Eriste	U-arvo, W/m <sup>2</sup> *K	Eristeen paksuus	Ulkokuo- ren pak- suus	Sisäkuo- ren pak- suus	Ilman- suunta
US1	Villa (tuule- tusurat)	0,24	160	70	80	Itä
US2	EPS	0,24	160	70	80	Pohjoinen
US3	PUR	0,17	160	70	80	Länsi
US4	PUR	0,14	190	70	100	Kaakko
US5	EPS (tuu- le- tusurat)	0,17	190	70	100	Kaakko
US6	Villa (tuule- tusurat)	0,16	240	70	100	Luode
US7	EPS	0,16	240	70	100	Luode
US8	Villa (tuule- tusurat)	0,11	350	70	100	Lounas
US9	EPS	0,11	350	70	100	Lounas

Taulukko 14. Rakennetyypit ja ilmansuunnat

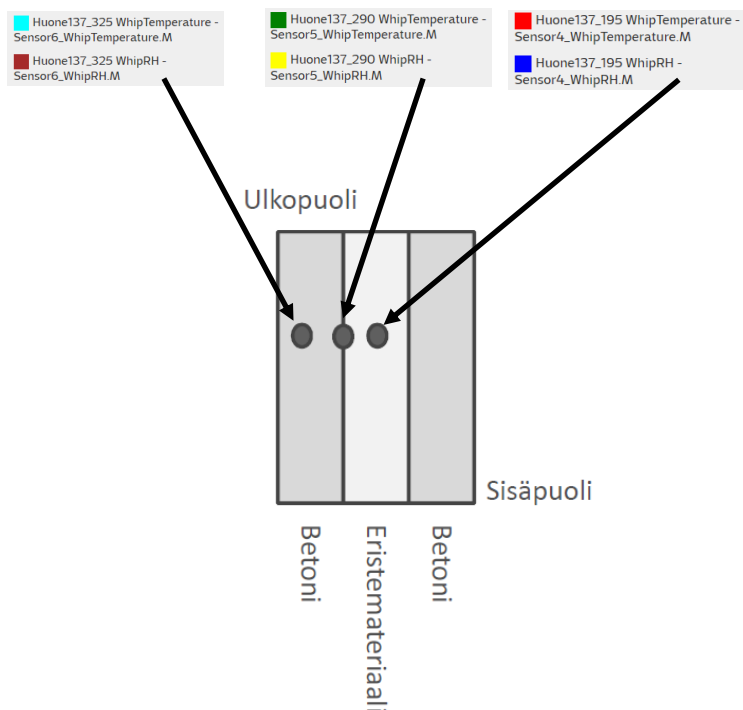
Huoneen nro	Mittalinjan nimi	Seinäeristeen laatu	Seinäeristeen paksuus, mm	Seinäeristeen lämmön- läpäisykerroin, W/m <sup>2</sup> *K	Ulkokuoren paksuus, mm	Sisäkuoren paksuus, mm
145	190 EPS	Tuuletusuritettu EPS, lamda declared 0,030	190	0,17	70	100
142	190 PUR	Polyuretaani, 0,024	190	0,14	70	100
141	350 villa	Tuuletusuritettu mineraalivilla, Paroc COS, 0,036	350	0,11	70	100
139	350 EPS	EPS, 0,036	350	0,11	70	100
137	240 villa	Tuuletusuritettu mineraalivilla, Paroc COS, 0,036	240	0,16	70	100
134	240 EPS	EPS, 0,036	240	0,16	70	100

118	160 PUR	Polyuretaani, 0,024	160	0,17	70	80
120	160 EPS	EPS, 0,036	160	0,24	70	80
122	160 villa	Tuuletusuritettu mineraalivilla, Paroc COS, 0,036	160	0,24	70	80

Taulukko 15. Seinäeristemateriaalit ja määrät eri mittalinjojen kohdalla.

### 6.4.2 Anturien asennus

Lämpötila-kosteusantureita asennetaan kuhunkin seinäpaksuuteen kolmeen eri syvyyteen, n. 3 cm elementin ulkopinnasta, eristeen ja betonin ulkorajapintaan sekä eristeen keskivaiheille. Antureitten asentamista varten seiniin porataan reiät ja laite-  
taan tarvittavat putket (RT 14-10675). Tarkempi sijoittelu käy ilmi liitteestä 4.



Liite 4. Lämpötila-kosteusantureiden sijoittaminen betonielementteihin syvyyssuunnassa

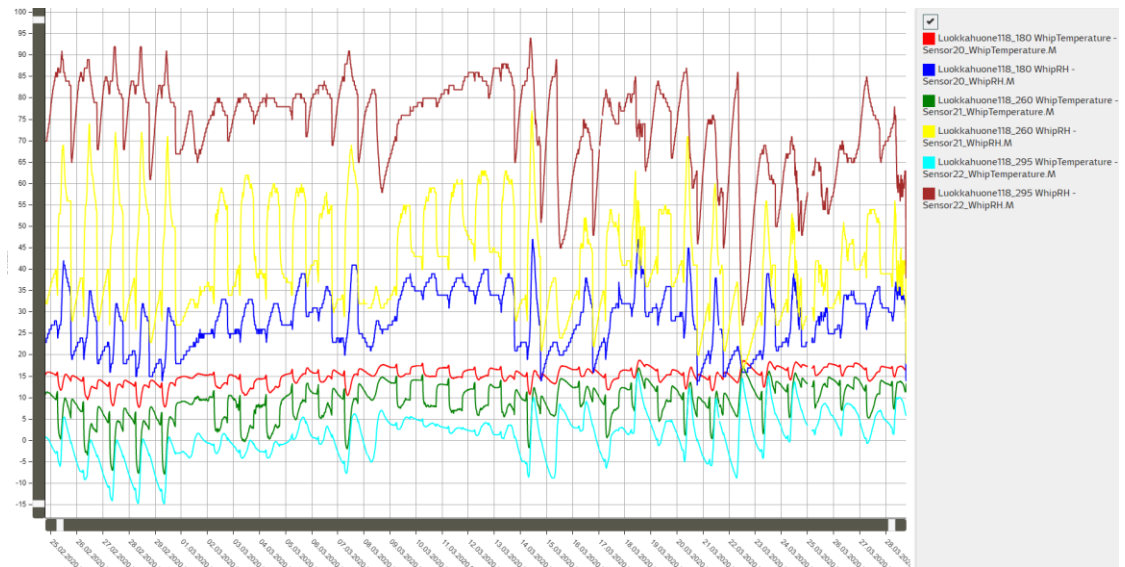
### 6.4.3 Mittausdata-aineiston esittely

Vuoden 2020 mittaus aloitettiin helmikuun 25.päivä ja sen mittaus jatkuu tois-  
taiseksi. Kuvaajissa esitelty ajanjaksot 25.2 & 27.2 eteenpäin riippuen alkumittauk-  
sesta ja niiden arvoista. Seuraavassa esiteltävät tulokset on jaoteltu kohdekohtaisesti  
n. 1kk (24.2.2020-28.3.2020) mittausjaksolle, sekä 1 viikon (21.3.2020-28.3.2020)  
mittausjaksolle. Kyseisenlainen esitystapa osoittaa selkeästi arvojen vaihtelua. Paine-  
erojen suhteen valitsin mittausjaksoksi n.1kk (26.2.2020-28.3.2020) mittausjakson, 1  
viikon mittausjakson (21.3.2020-28.3.2020), viikkoa lyhyemmän mittausjakson  
(25.3.2020-28.3.2020) ja viikonlopun mittausjakson sisältäen torstain ja maanantain

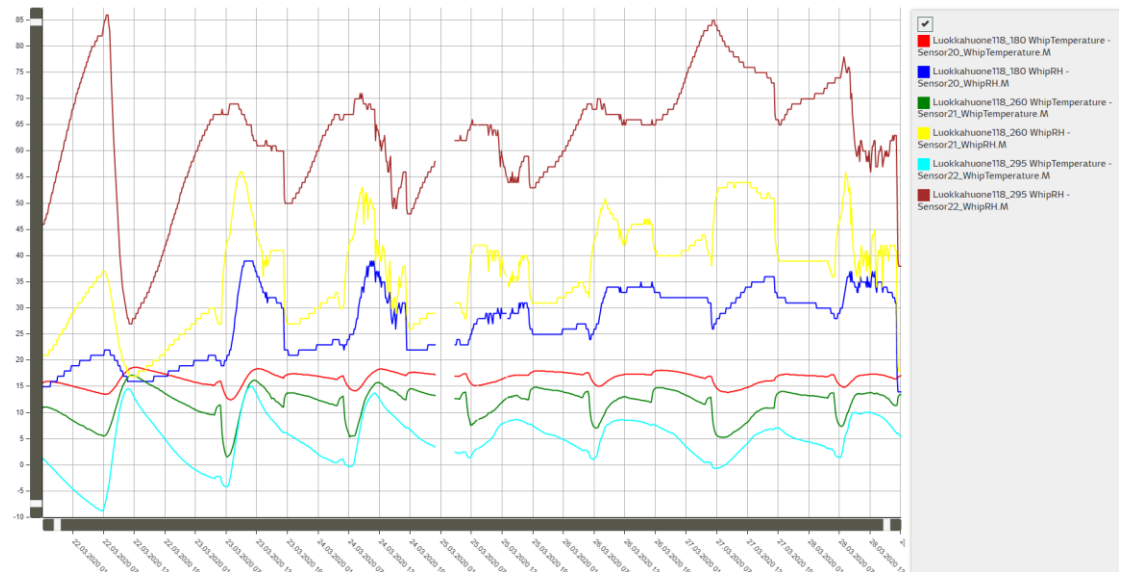
(19.3.2020-23.3.2020). Viikonlopun valitsin siitä syystä, että nähdään kuinka ilmanvaihtokoneiden pienentäminen viikonlopuksi vaikuttaa paine-erojen suhteen rakenteen toimivuuteen. Eristetilaa mitattaessa seuraavissa vuoden 2020 kuvaajissa sininen viiva osoittaa eristetilan suhteellista kosteutta (rH%) ja punainen viiva eristetilan lämpötilaa. Em. viivat edustavat vuoden 2011 mittaustuloksissa eristetilan antureita "Y1", jotka ovat osoitettuina tämän vuoden mittausten alapuolella.



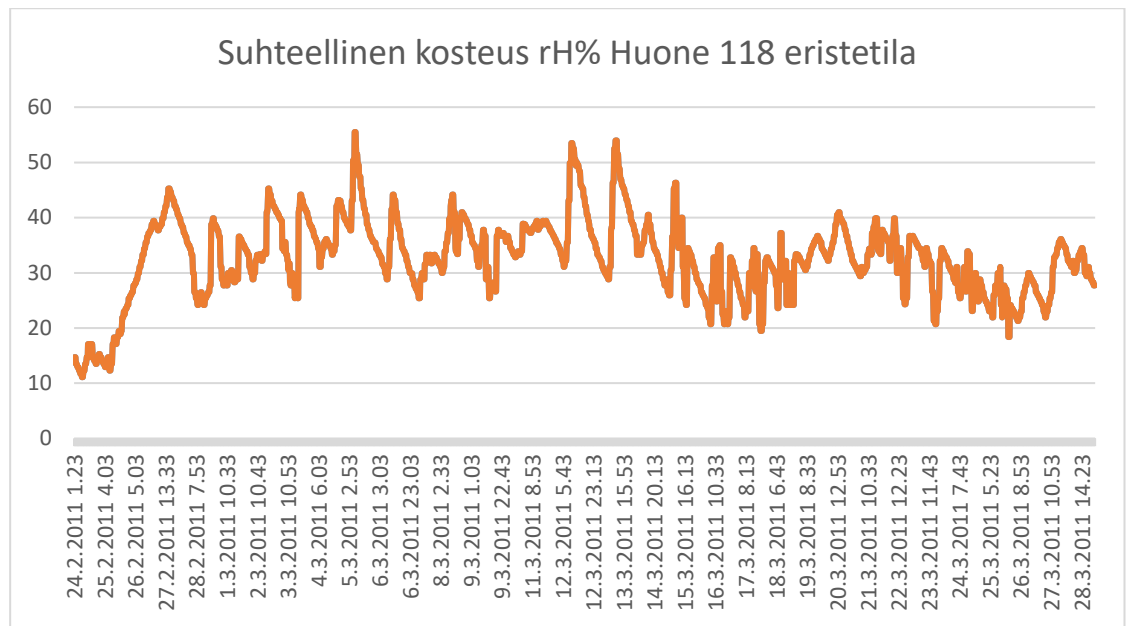
**US3 (160 PUR) - Luokkahuone 118 (kosteus- & lämpötilamittaus 24.2.2020-28.3.2020)**



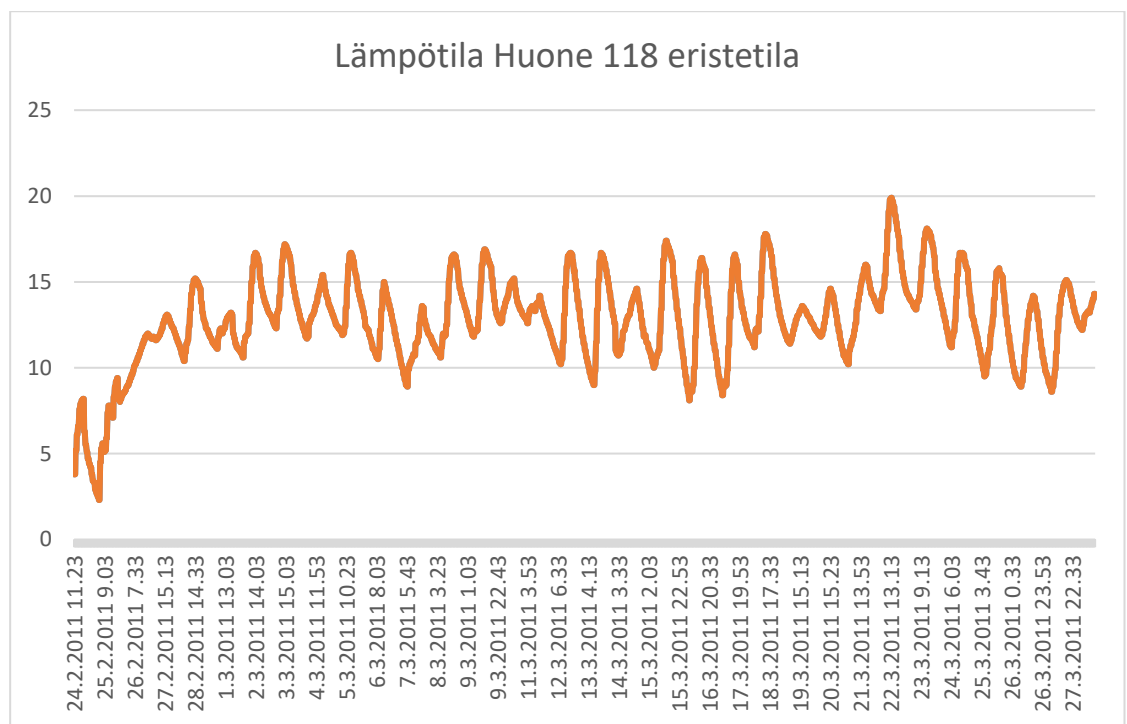
**US3 (160 PUR) - Luokkahuone 118 (kosteus- & lämpötilamittaus 21.3.2020-28.3.2020)**



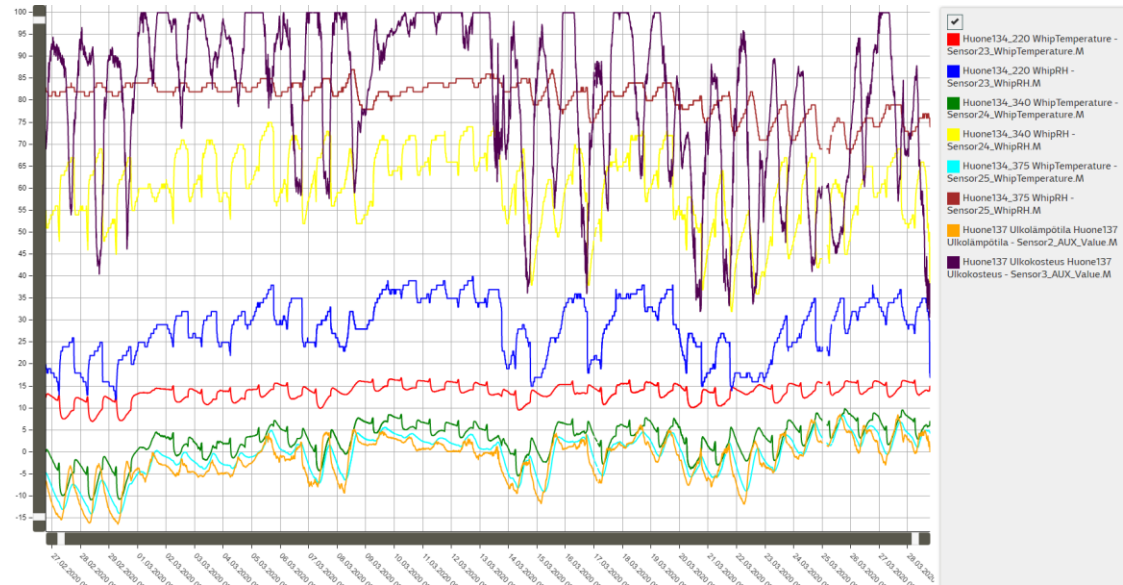
**US3 (160 PUR) - Luokkahuone 118 (kosteusmittaus 24.2.2011-28.3.2011)**



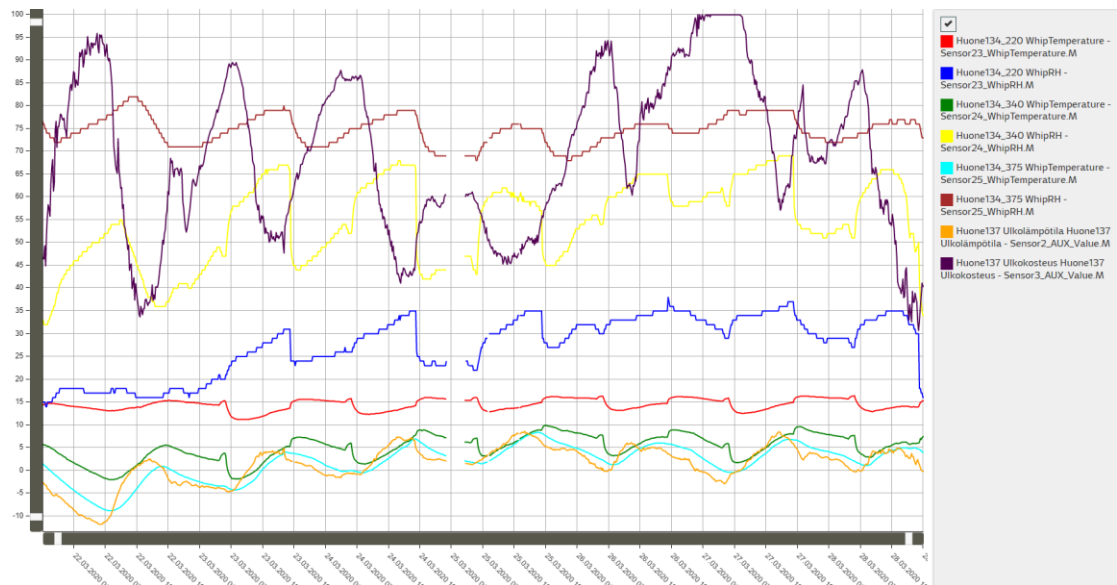
**US3 (160 PUR) - Luokkahuone 118 (lämpötilamittaus 24.2.2011-28.3.2011)**



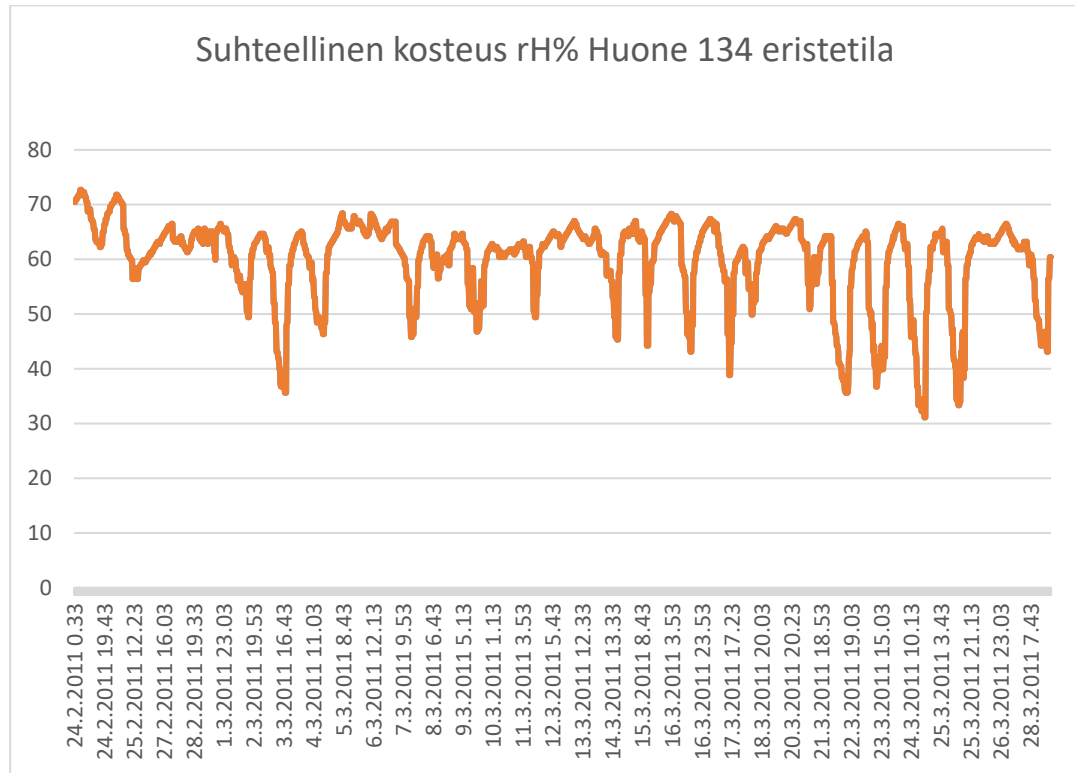
### US7 (240 EPS) - Luokkahuone 134 (kosteus- & lämpötilamittaus 26.2.2020-28.3.2020)



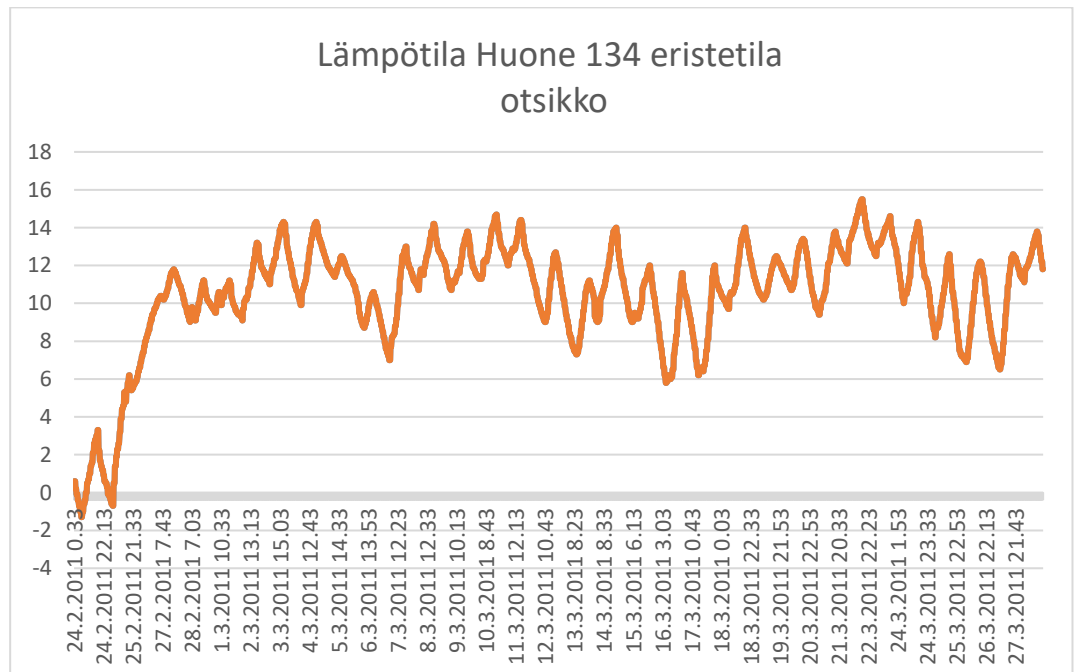
### US7 (240 EPS) - Luokkahuone 134 (kosteus- & lämpötilamittaus 21.3.2020-28.3.2020)



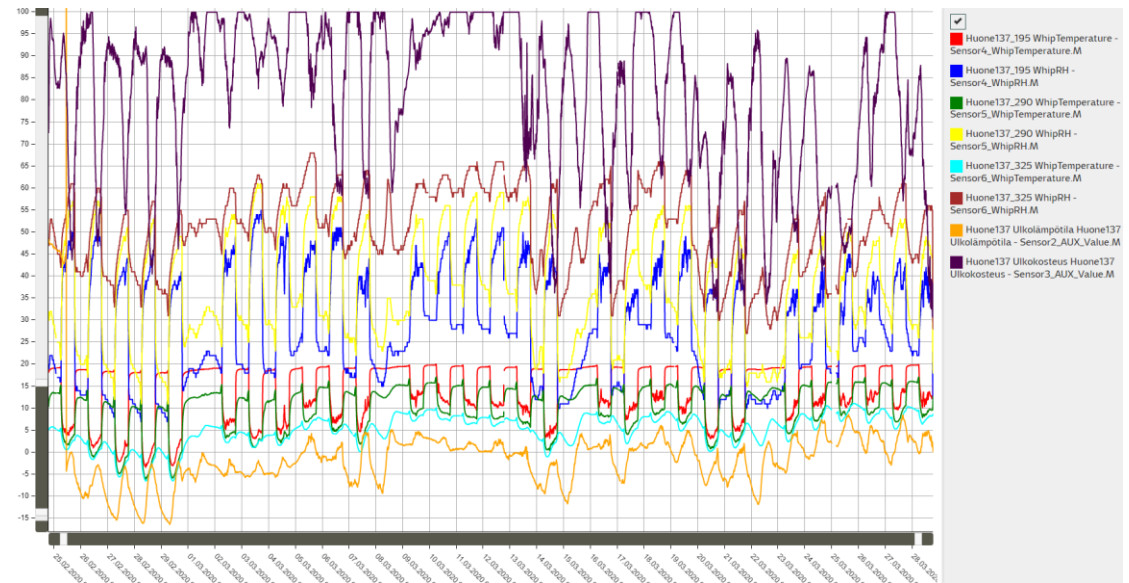
**US7 (240 EPS) - Luokkahuone 134 (kosteusmittaus 24.2.2011-27.3.2011)**



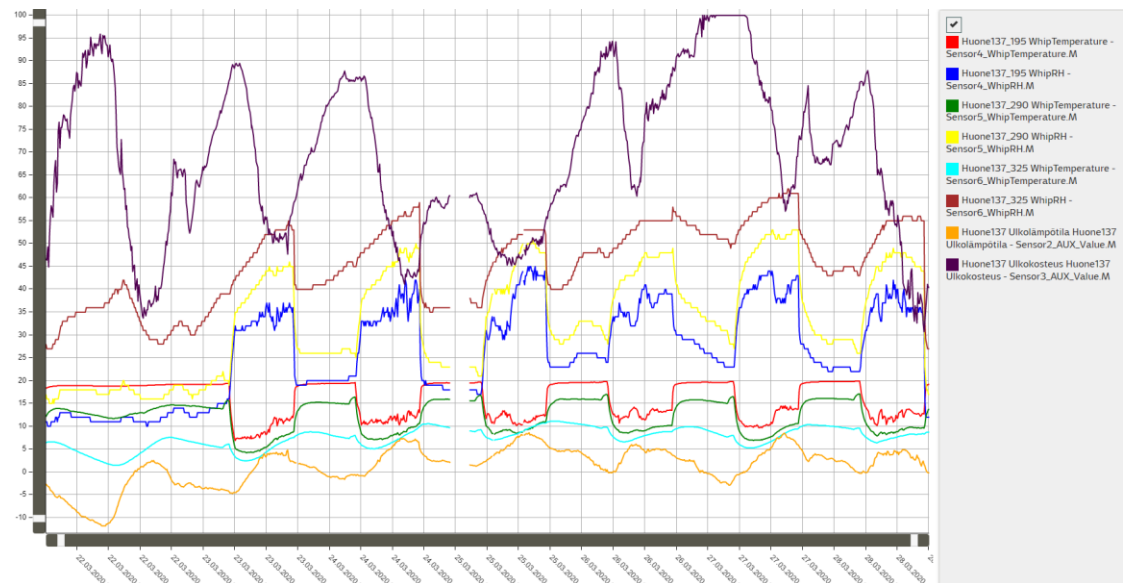
**US7 (240 EPS) - Luokkahuone 134 (lämpötilamittaus 24.2.2011-28.3.2011)**

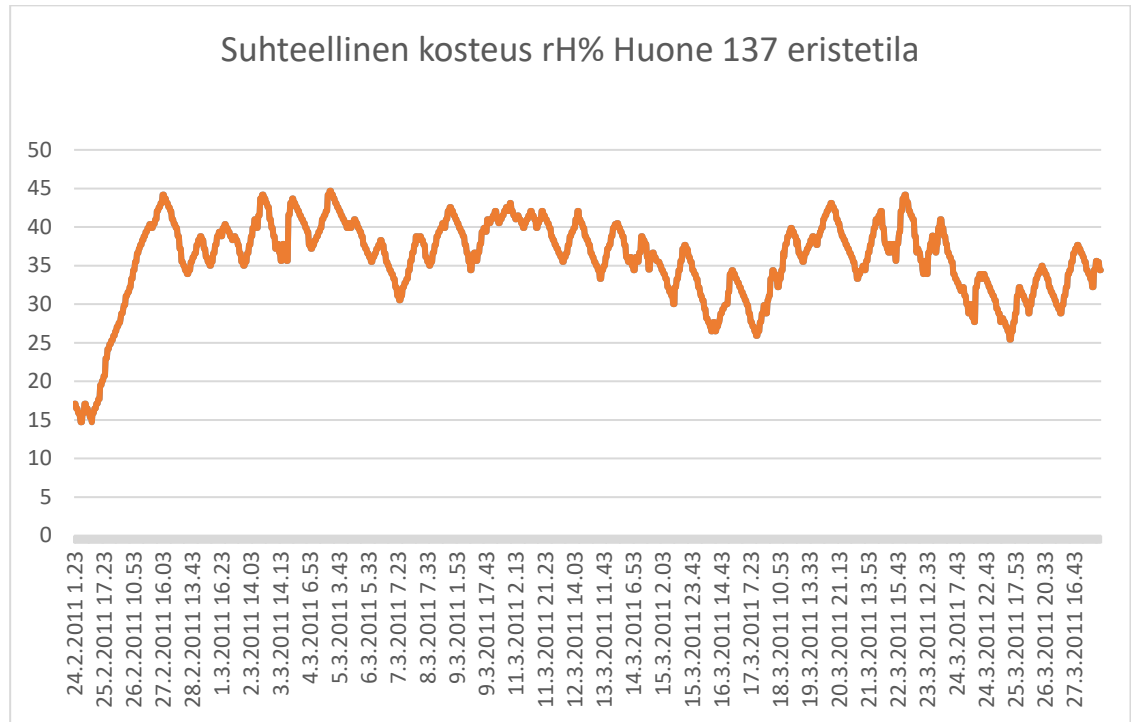
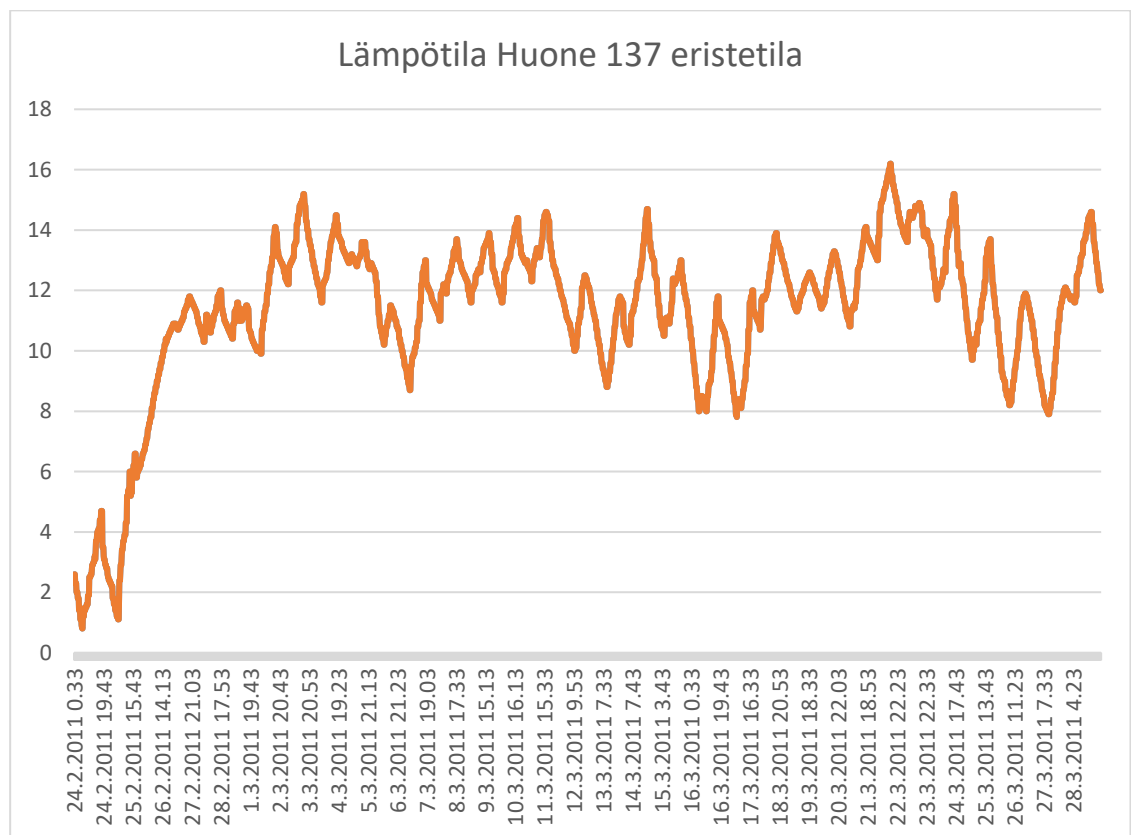


**US6 (Mineraalivilla 240) - Luokkahuone 137 (kosteus- & lämpötilamittaus 24.2.2020-28.3.2020)**

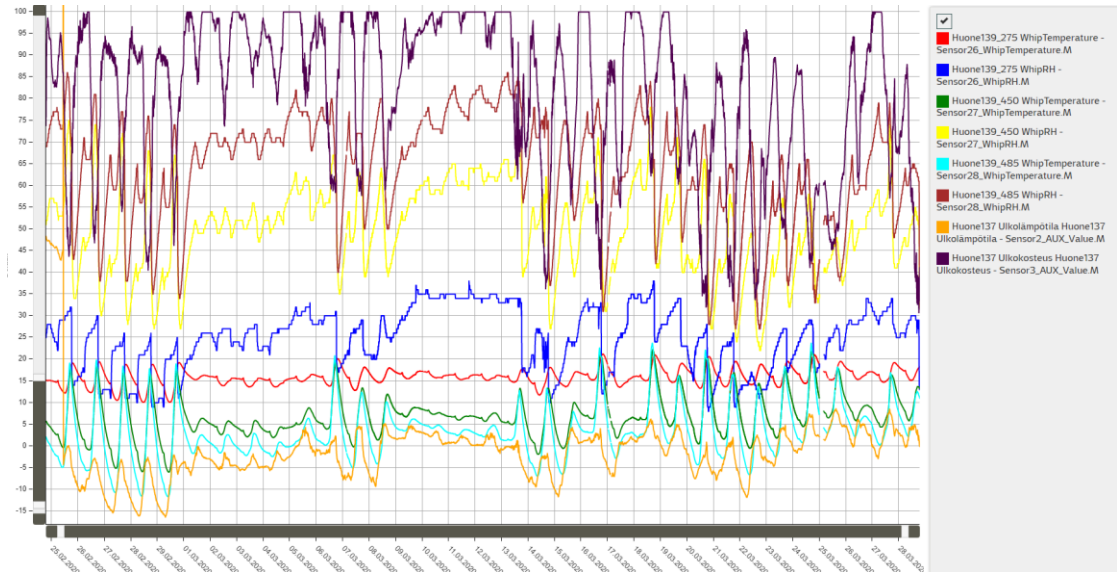


**US6 (Mineraalivilla 240) - Luokkahuone 137 (kosteus- & lämpötilamittaus 21.3.2020-28.3.2020)**

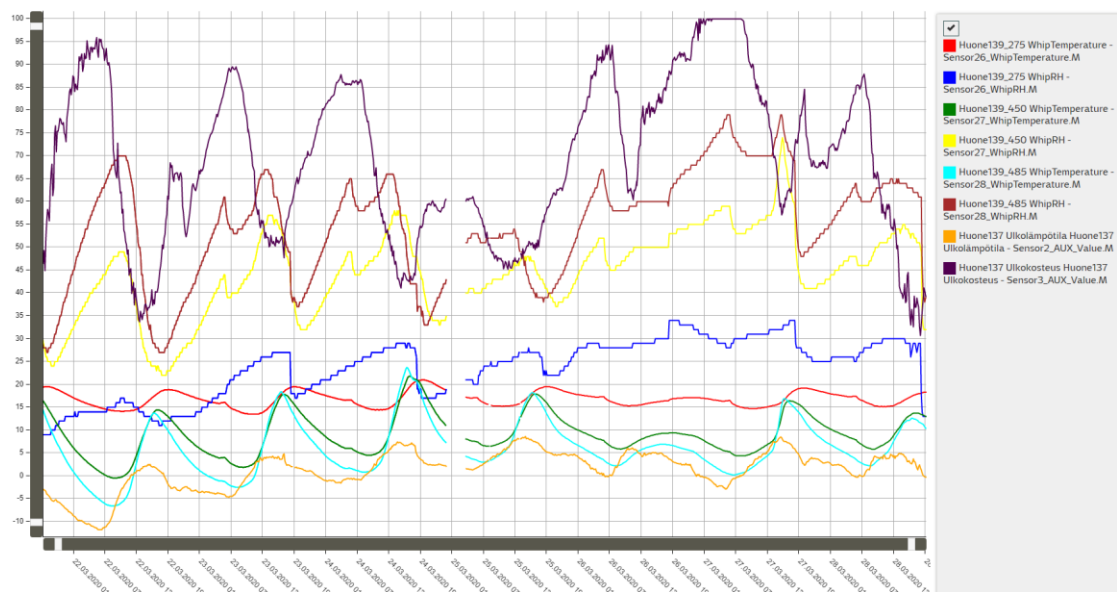


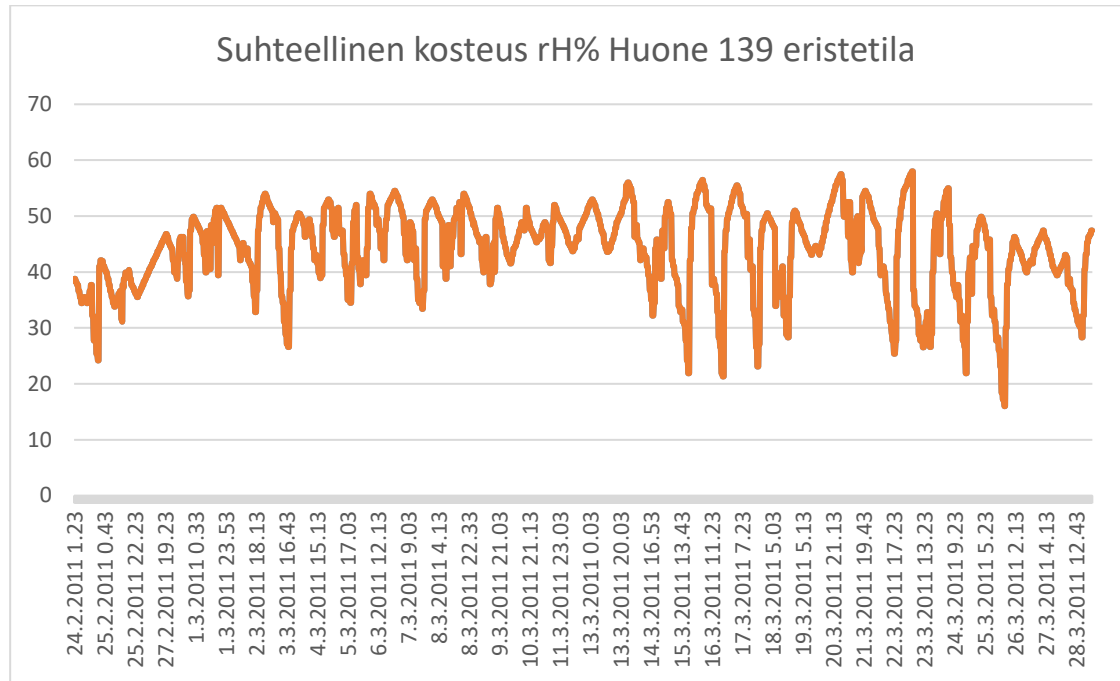
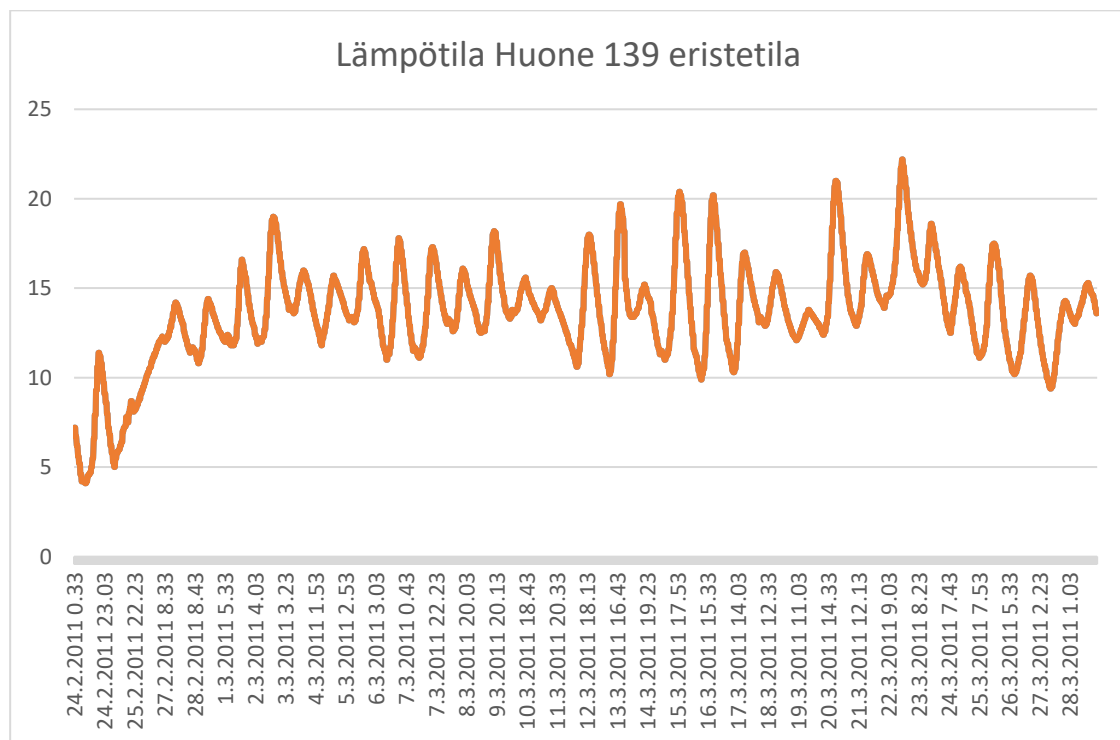
**US6 (Mineraalivilla 240) - Luokkahuone 137 (kosteusmittaus 24.2.2011-28.3.2011)**

**US6 (Mineraalivilla 240) - Luokkahuone 137 (lämpötilamittaus 24.2.2011-28.3.2011)**


### US9 (350 EPS) - Luokkahuone 139 (kosteus- & lämpötilamittaus 24.2.2020-28.3.2020)



### US9 (350 EPS) - Luokkahuone 139 (kosteus- & lämpötilamittaus 21.3.2020-28.3.2020)



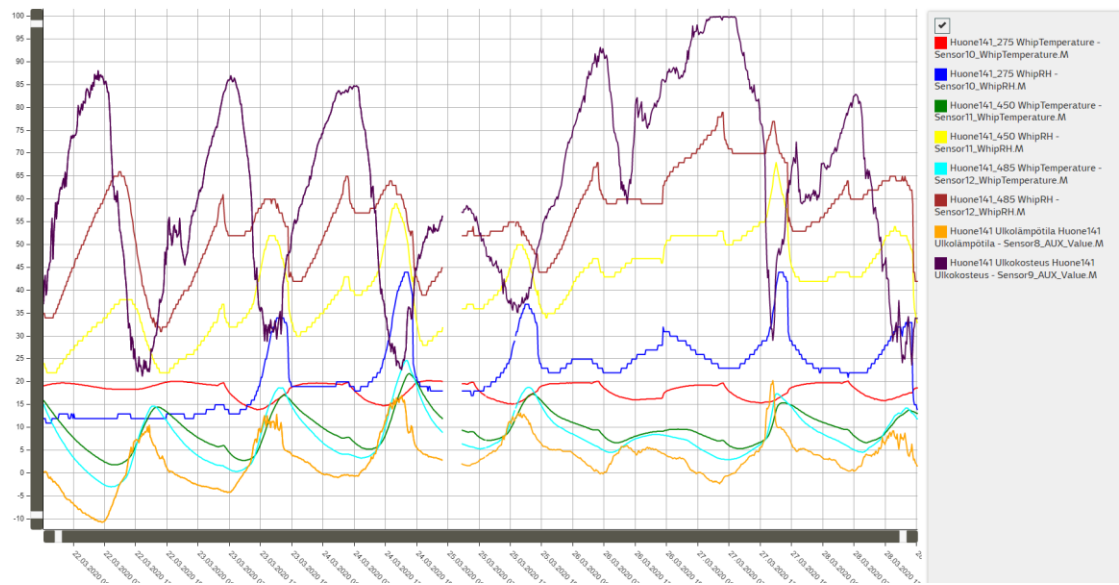
**US9 (350 EPS) - Luokkahuone 139 (kosteusmittaus 24.2.2011-28.3.2011)**

**US9 (350 EPS) - Luokkahuone 139 (lämpötilamittaus 24.2.2011-28.3.2011)**




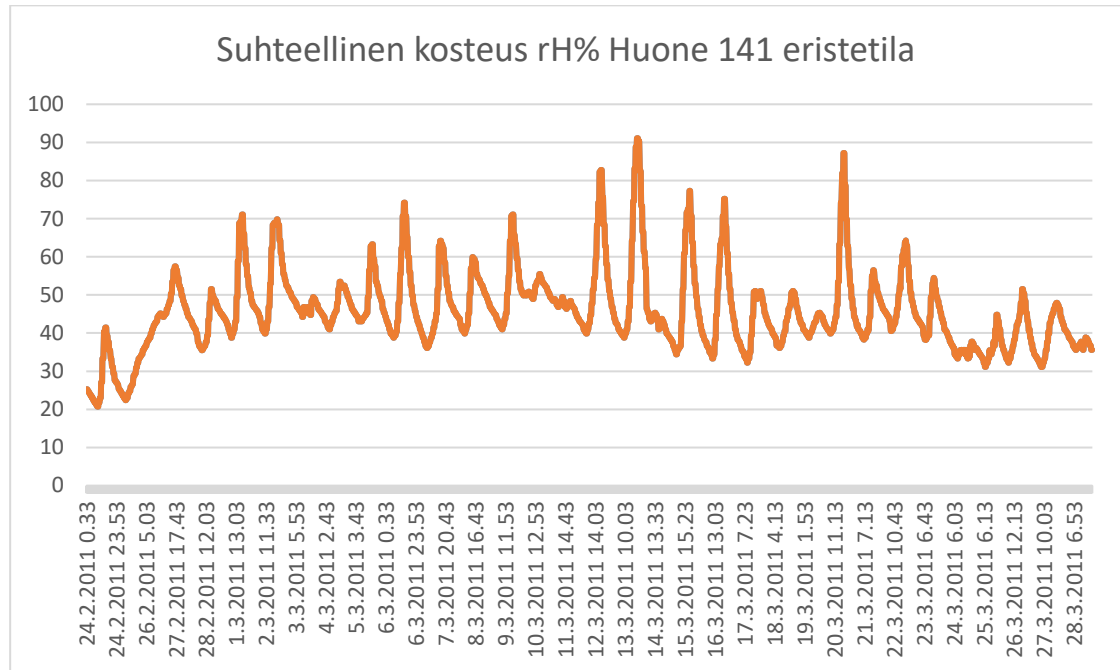
**US8 (Mineraalivilla 350) - Luokkahuone 141 (kosteus- & lämpötilamittaus 24.2.2020-28.3.2020)**



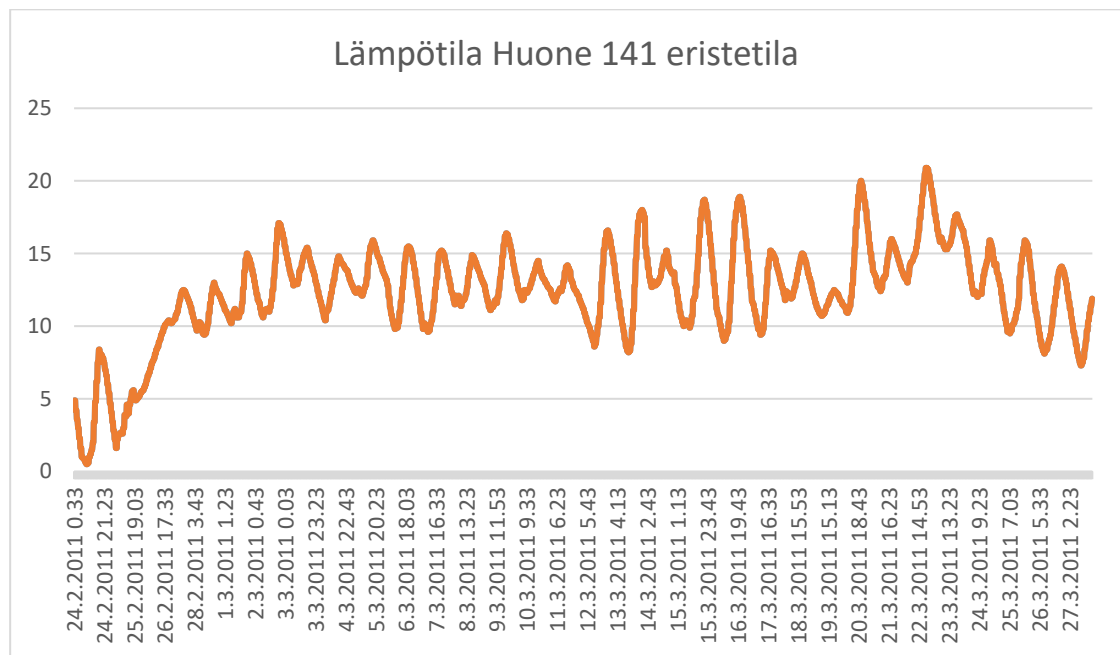
**US8 (Mineraalivilla 350) - Luokkahuone 141 (kosteus- & lämpötilamittaus 21.3.2020-28.3.2020)**



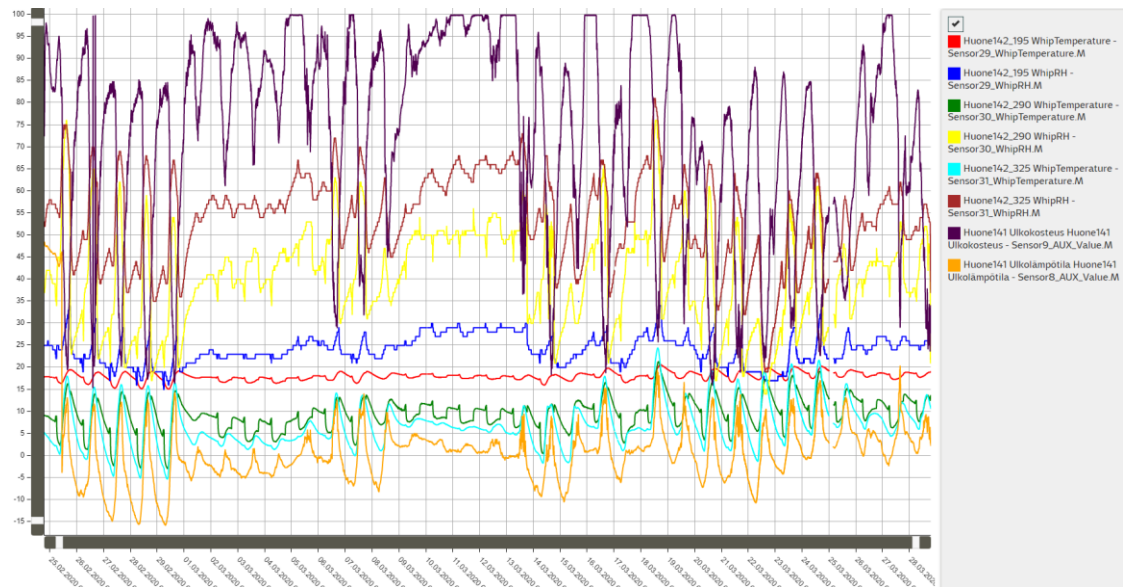
**US8 (Mineraalivilla 350) - Luokkahuone 141 (kosteusmittaus 24.2.2011-28.3.2011)**



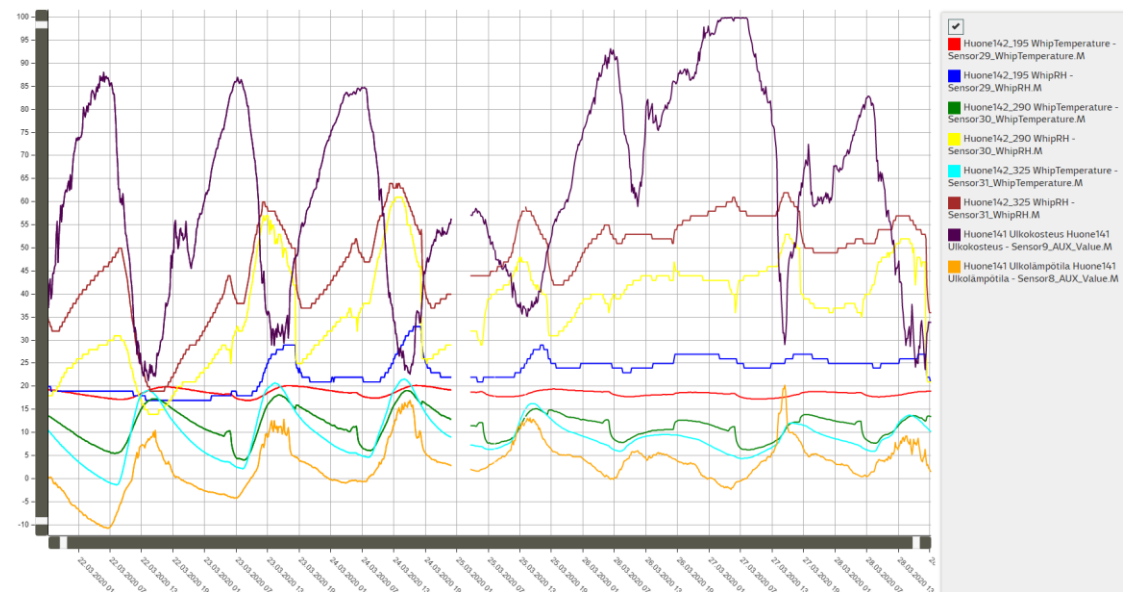
**US8 (Mineraalivilla 350) - Luokkahuone 141 (lämpötilamittaus 24.2.2011-28.3.2011)**



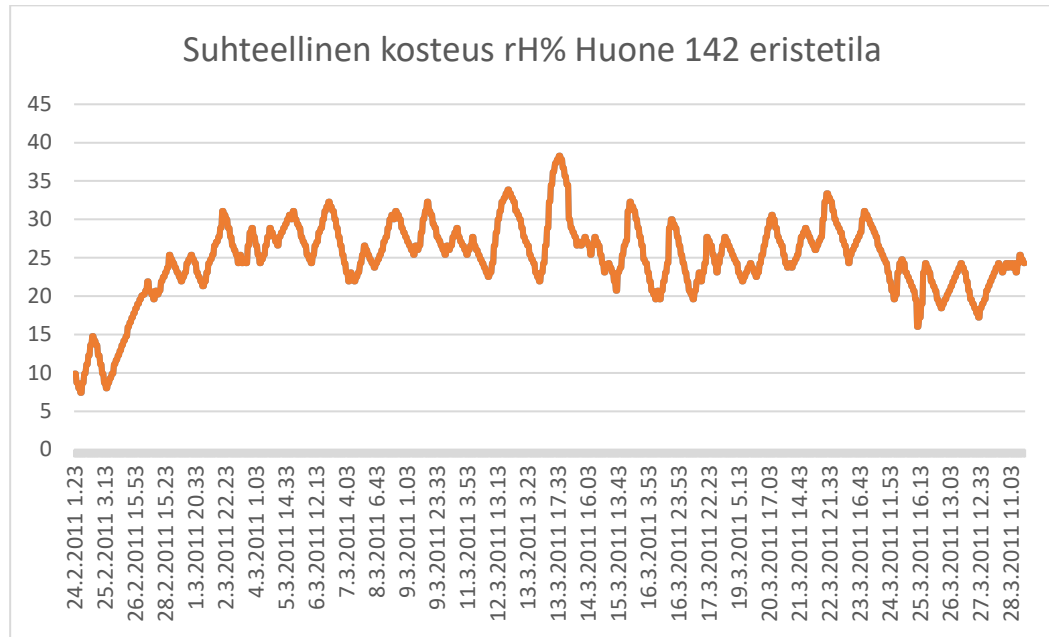
**US4 (PUR 190) - Luokkahuone 142 (kosteus- & lämpötilamittaus 24.2.2020-28.3.2020)**



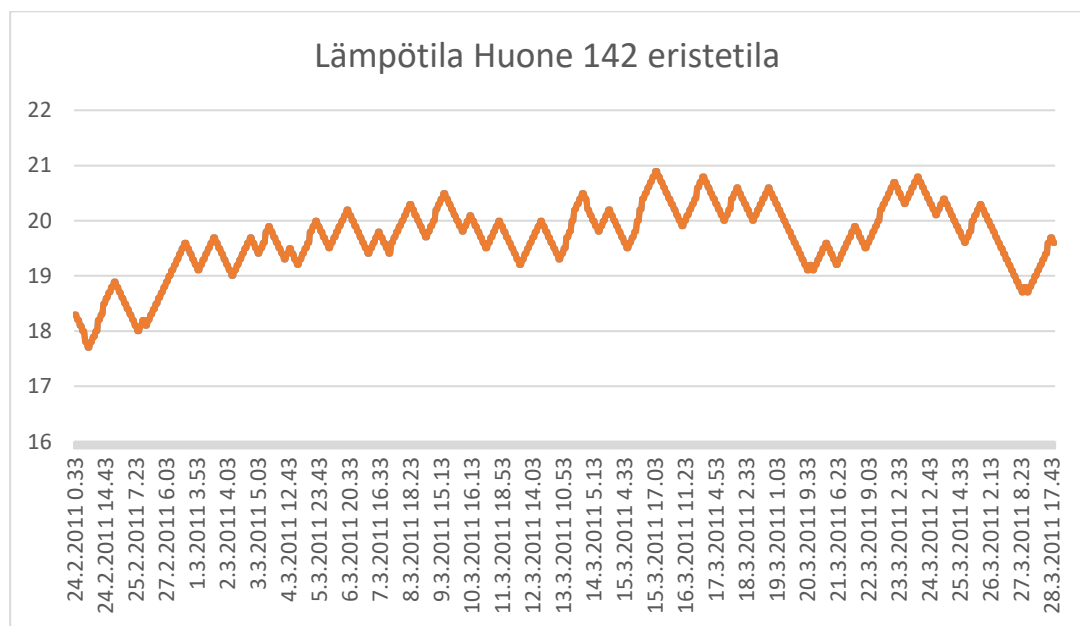
**US4 (PUR 190) - Luokkahuone 142 (kosteus- & lämpötilamittaus 21.3.2020-28.3.2020)**



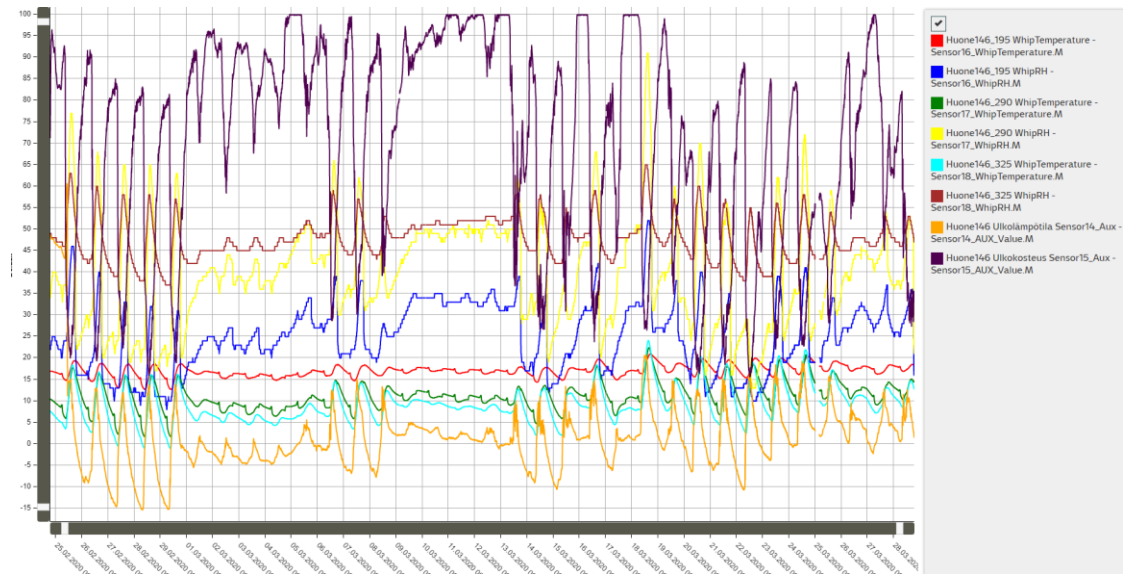
**US4 (PUR 190) - Luokkahuone 142 (kosteusmittaus 24.2.2011-28.3.2011)**



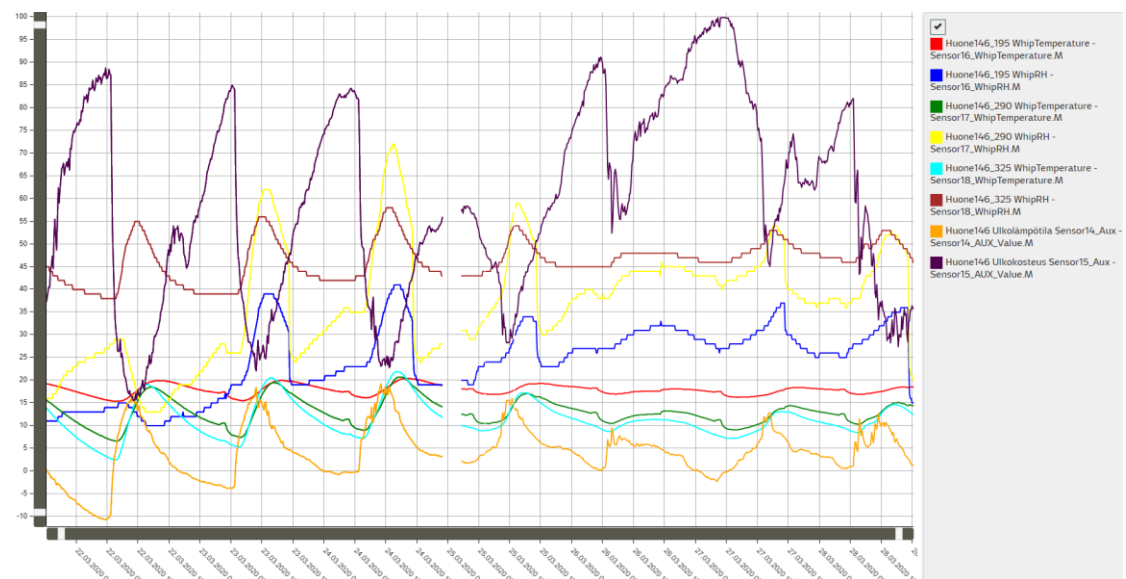
**US4 (PUR 190) - Luokkahuone 142 (lämpötilamittaus 24.2.2011-28.3.2011)**



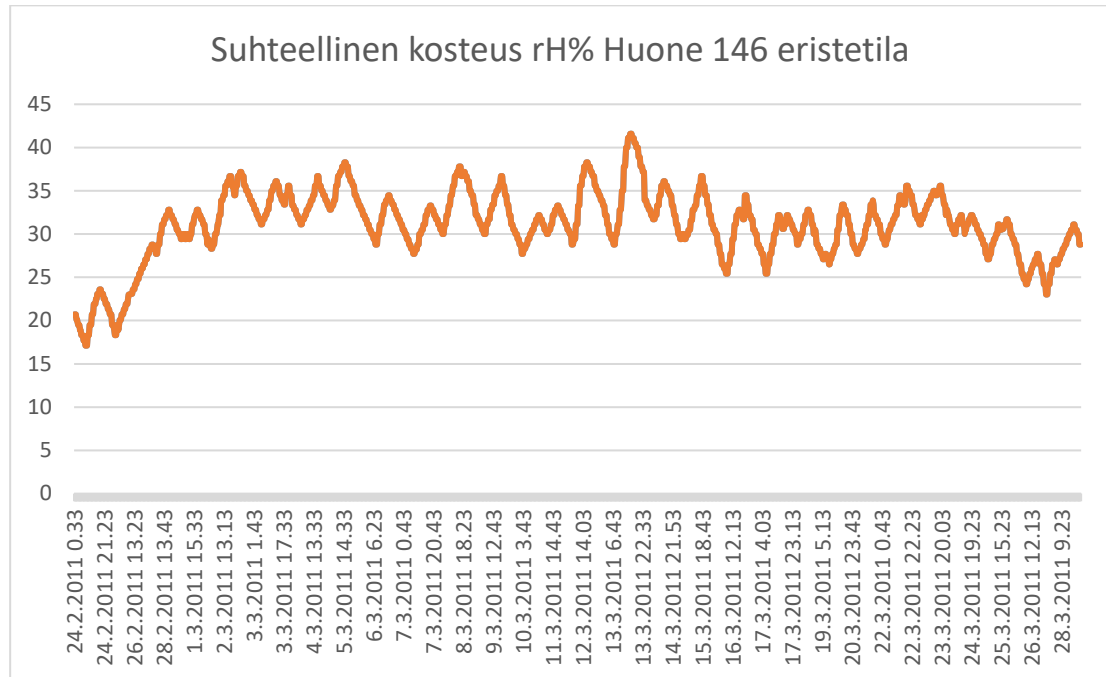
### US5 (EPS 190) Luokkahuone 146 (kosteus- & lämpötilamittaus 24.2.2020-28.3.2020)



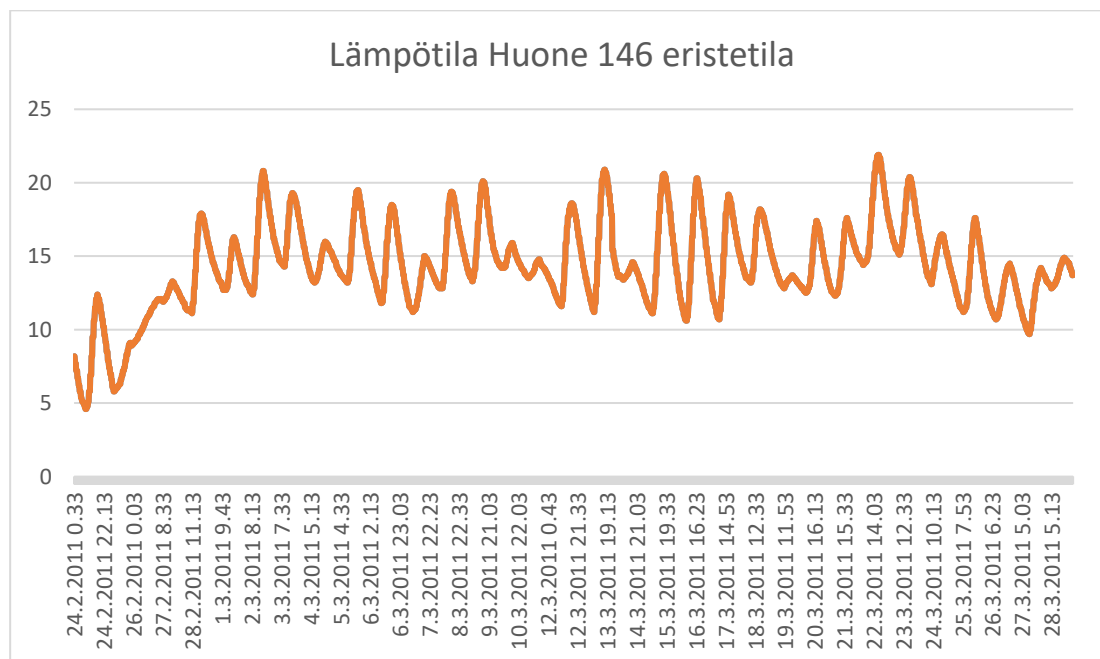
### US5 (EPS 190) Luokkahuone 146 (kosteus- & lämpötilamittaus 21.3.2020-28.3.2020)



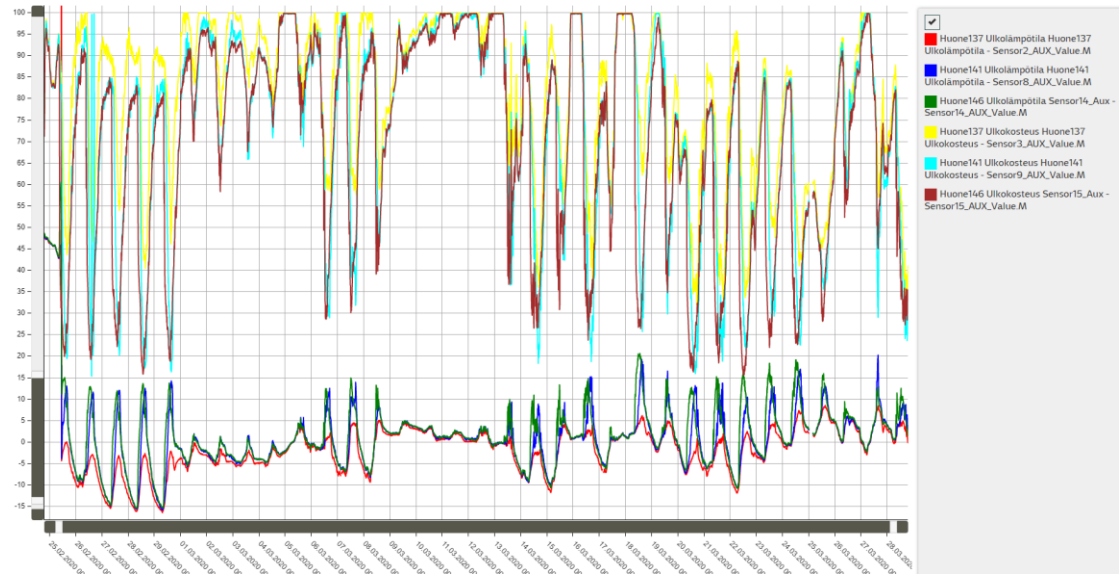
**US5 (EPS 190) Luokkahuone 146 (kosteusmittaus 24.2.2011-28.3.2011)**



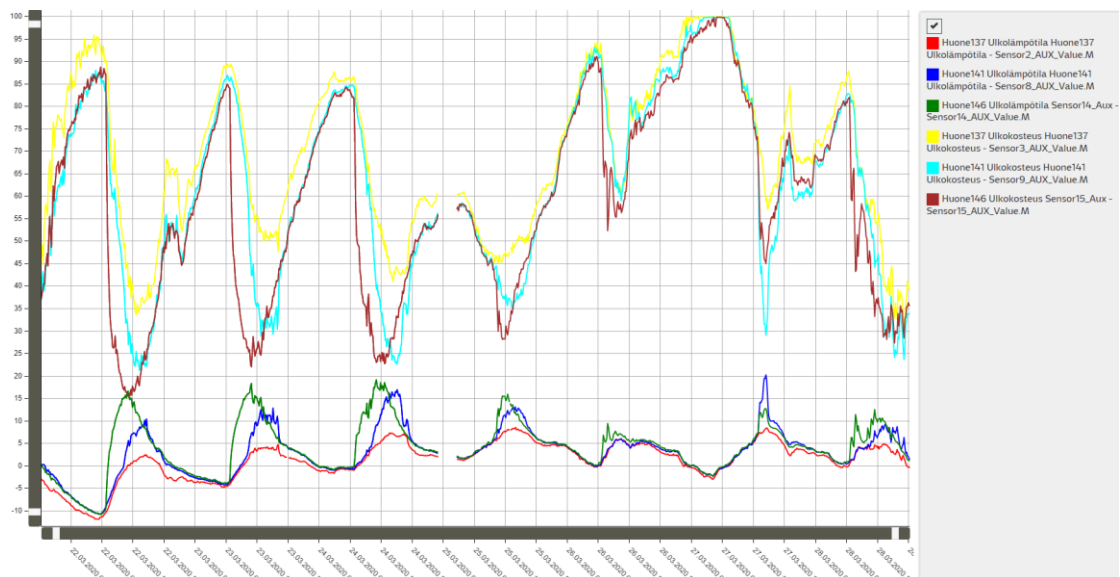
**US5 (EPS 190) Luokkahuone 146 (lämpötilamittaus 24.2.2011-28.3.2011)**



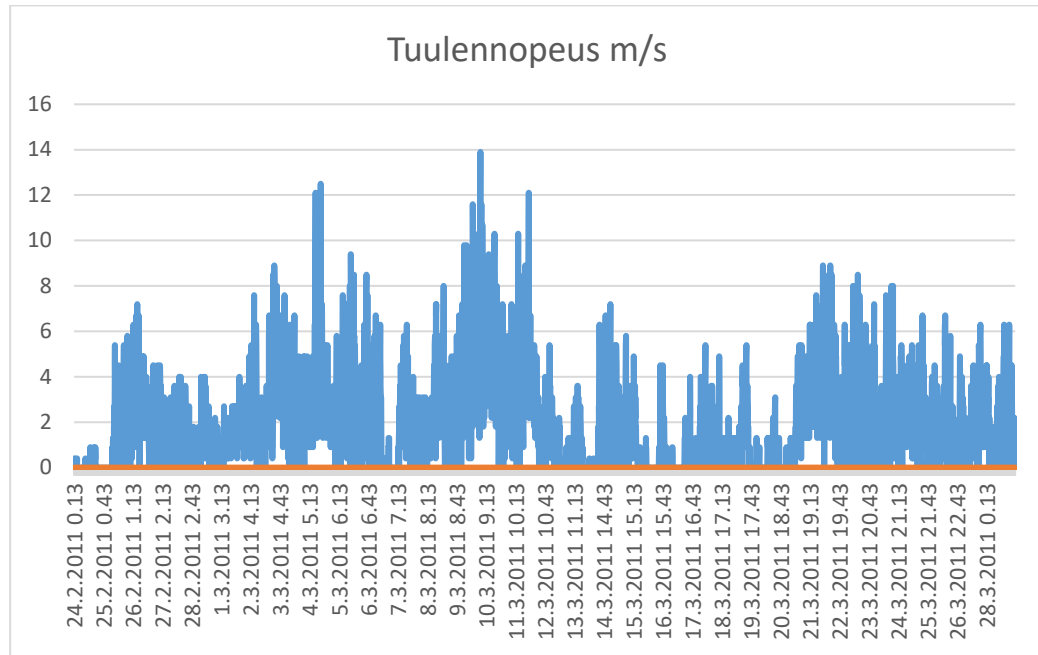
### Ulko-olosuhteet (kosteus- & lämpötilamittaus 24.2.2020-28.3.2020)



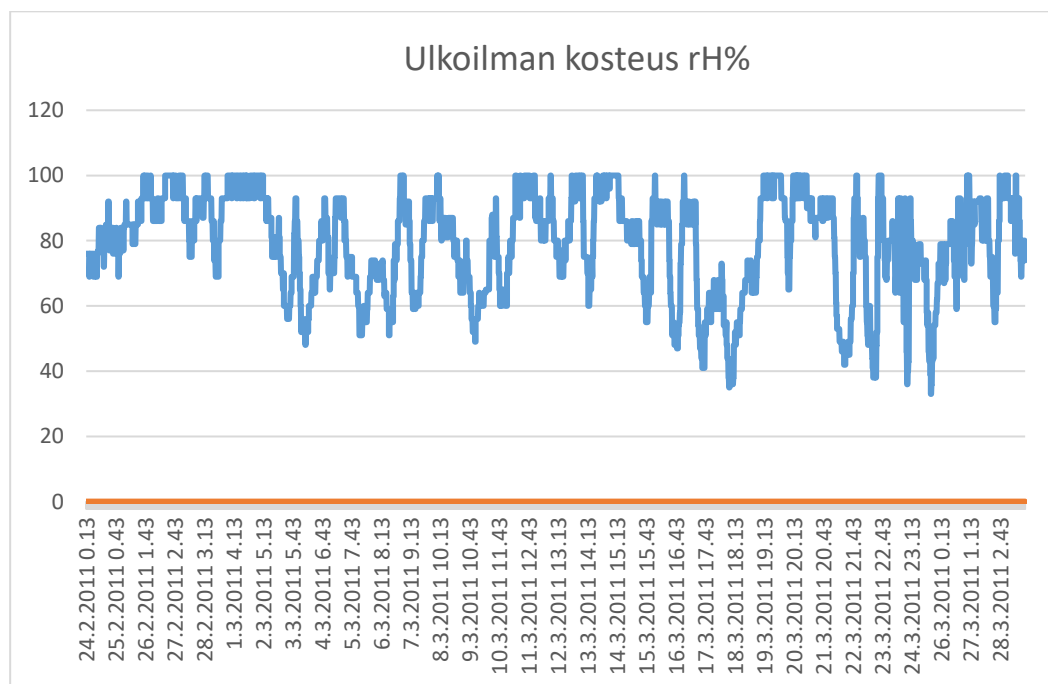
### Ulko-olosuhteet (kosteus- & lämpötilamittaus 21.3.2020-28.3.2020)



### Tuulennopeus (24.2.2011-28.3.2011)

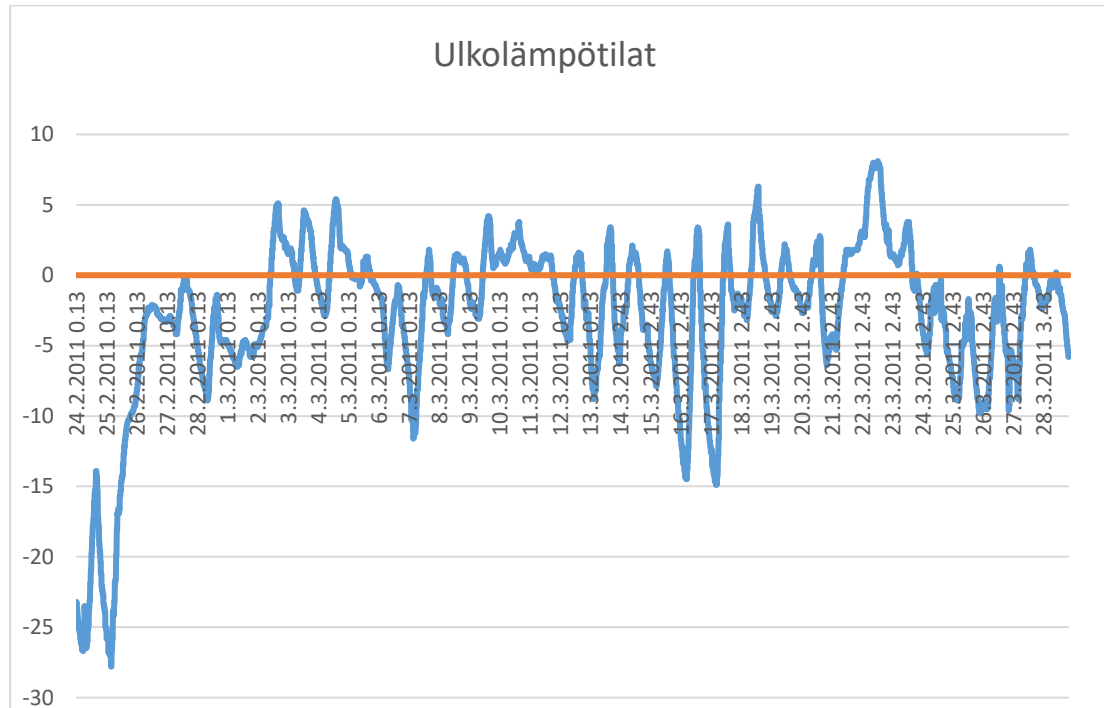


### Ulkoilman kosteus rH% (24.2.2011-28.3.2011)

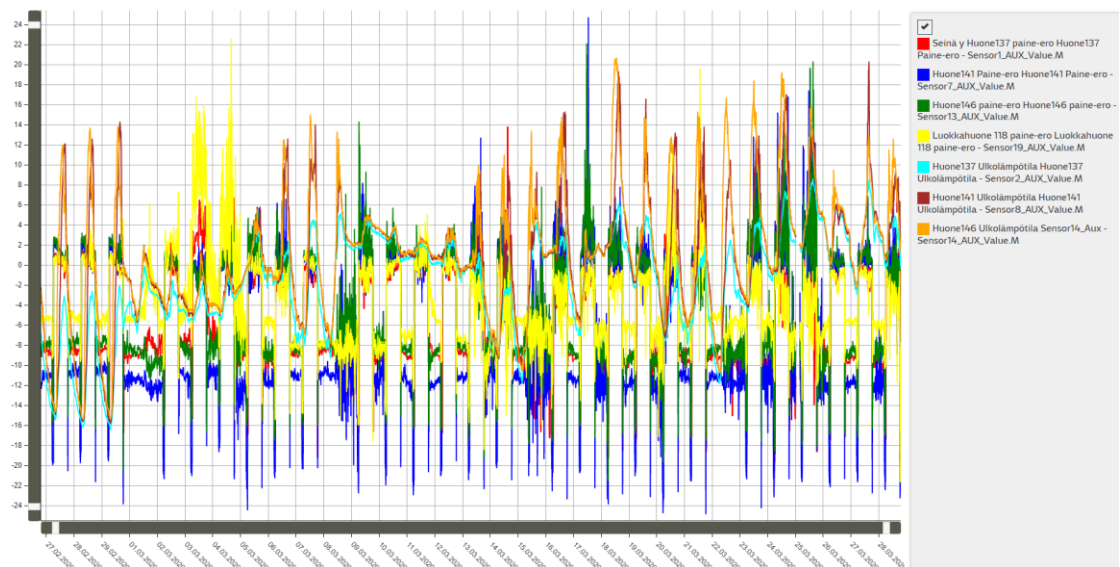




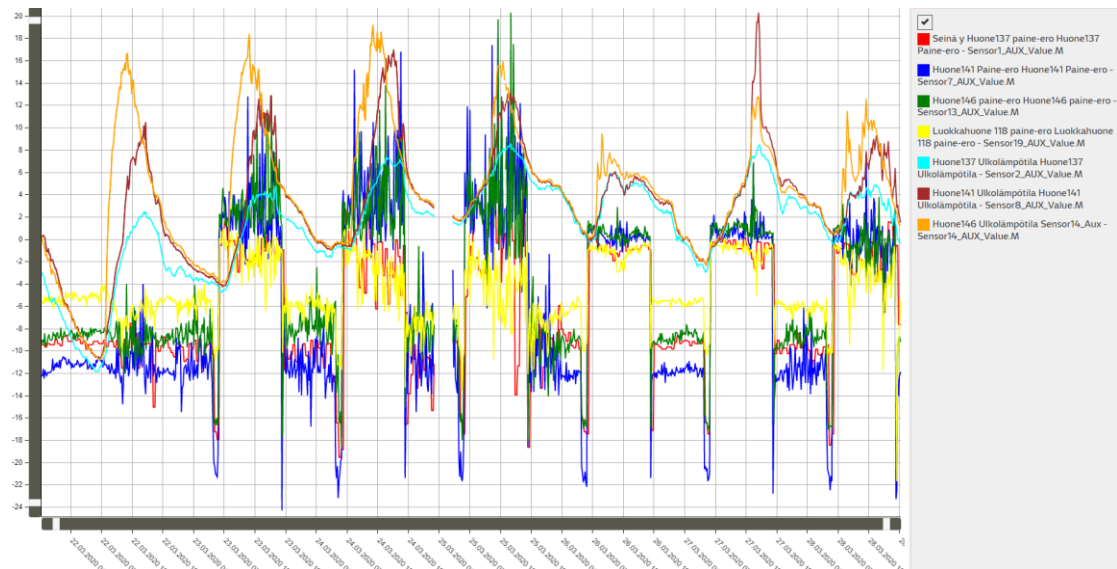
### Ulkoilman lämpötila (24.2.2011-28.3.2011)



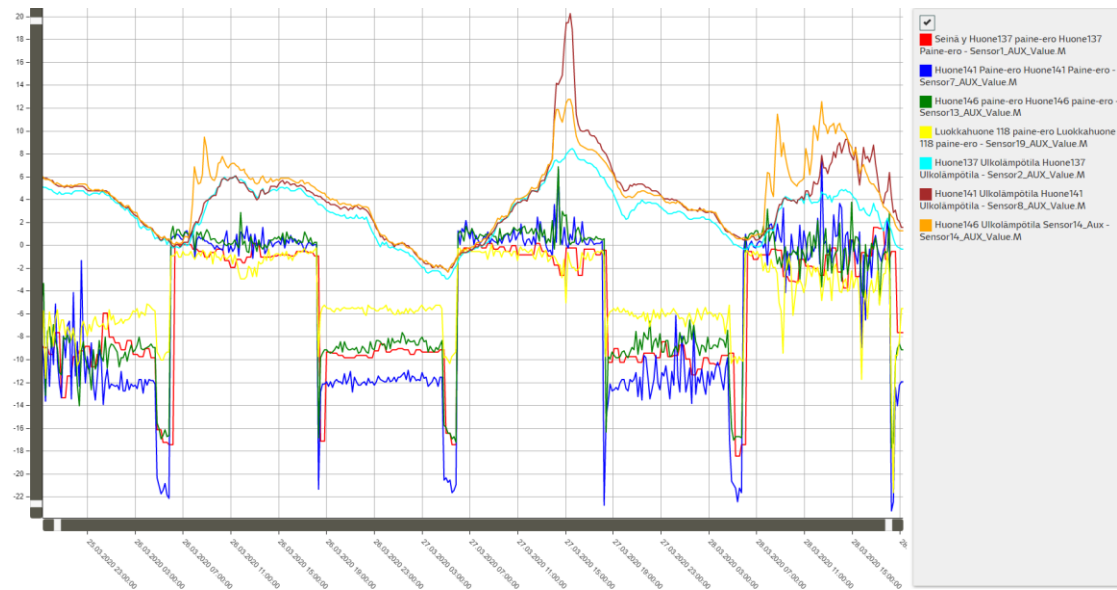
### Paine-erot luokkahuoneissa 137, 141, 146 & 118 ja ulkolämpötilat huoneissa 141 & 146 (paine-eromittaus 26.2.2020-28.3.2020)



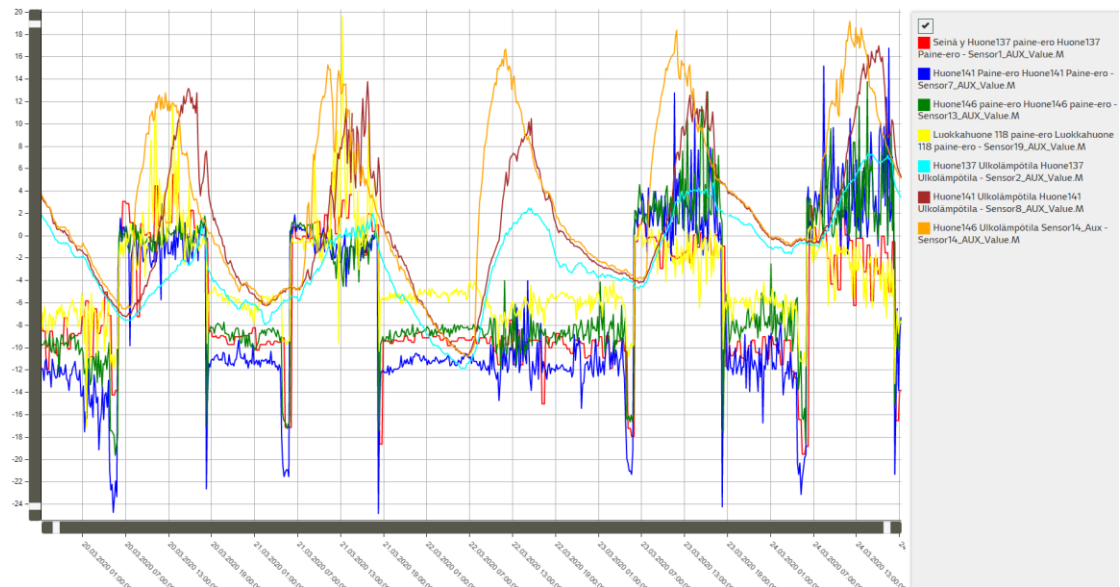
Paine-erot luokkahuoneissa 137, 141, 146 & 118 ja ulkolämpötilat huoneissa 141 & 146 (paine-eromittaus 21.3.2020-28.3.2020)



Paine-erot luokkahuoneissa 137, 141, 146 & 118 ja ulkolämpötilat huoneissa 141 & 146 (paine-eromittaus 25.3.2020-28.3.2020)



Paine-erot luokkahuoneissa 137, 141, 146 & 118 ja ulkolämpötilat huoneissa 141 & 146 (paine-eromittaus 19.3.2020-24.3.2020 vkl ajalta)



#### 6.4.4 Käyttöjärjestelmän laitteiston teknisiä tietoja

Tukiasema WL-BASE	
Kotelo	ABS-muovia
Käyttöalue	0°C...+50 °C
Suojausluokka	IP20
Mittausväli asennustilassa	10 sekuntia
Mittausväli normaalitilassa	aseteltavissa (1-240 min)
Mitat	90 x 70 x 59 mm

Asennus	DIN-kiskoon kiinnitettävä
Käyttöjännite	24 VAC / 5,5 VA tai 20...30 VDC / 3W Jos jännite on 10-20 VDC niin AO-lähtö ei toimi oikein
Virrankulutus täydessä toiminnassa	12VDC 160mA 24VDC 85 mA 24VAC 210mA
Yhteensopivat OUMAN-säätimet	C203 S203 H23 EH-203 (vaatii erillisen Modbuskortin) EH-201/L (vaatii erillisen Modbuskortin)
Liittyminen kenttäväylätasolla/alakeskustasolla	Modbus RTU Modbus TCP

<b>Lämpötila-anturi / Reitittävä lämpötila-anturi WL-TEMP-RH</b>	
Kotelo	ABS-muovia
Käyttöalue	0°C...+50 °C
Suojausluokka	IP20
Lämpötilan mittaustarkkuus alueella +10...60 °C Mitta-alue	± 0,3°C -30...100 °C

Kosteuden mittaustarkkuus alueella 20...80%rH Mitta-alue	± 3%rH 0...100%rH
Ulkoinen kytkentäliitin (AUX) <b>Lämpötila</b> Mittausalue Mittaustarkkuus <b>0-10VDC</b> Mittausalue Tarkkuus	-30 °C ...+50 °C ±0,3 °C  skaalattavissa 0,5% / 50mV
Virtalähde, kun toimii mittausanturina Virtalähde, kun toimii reitittimenä (Suositus 5 VCD. Korkeammilla jännitteillä anturi lämpenee, eikä mittaustulos ole luotettava)	2 x AA-paristot 5...24VDC
Paristojen kesto, kun anturi ei toimi reitittävänä anturina Energizer L91 Ultimate Lithium 3100 mAh: 15min mittausvälillä 60 min mittausvälillä	9,5-15 vuotta 12-20 vuotta
Ulkoinen virtalähde (toiminta reitittävänä lämpötila-anturina)	5VDC
Mitat	90 x 96 x 26
Asennus	Pinta-asennuksena

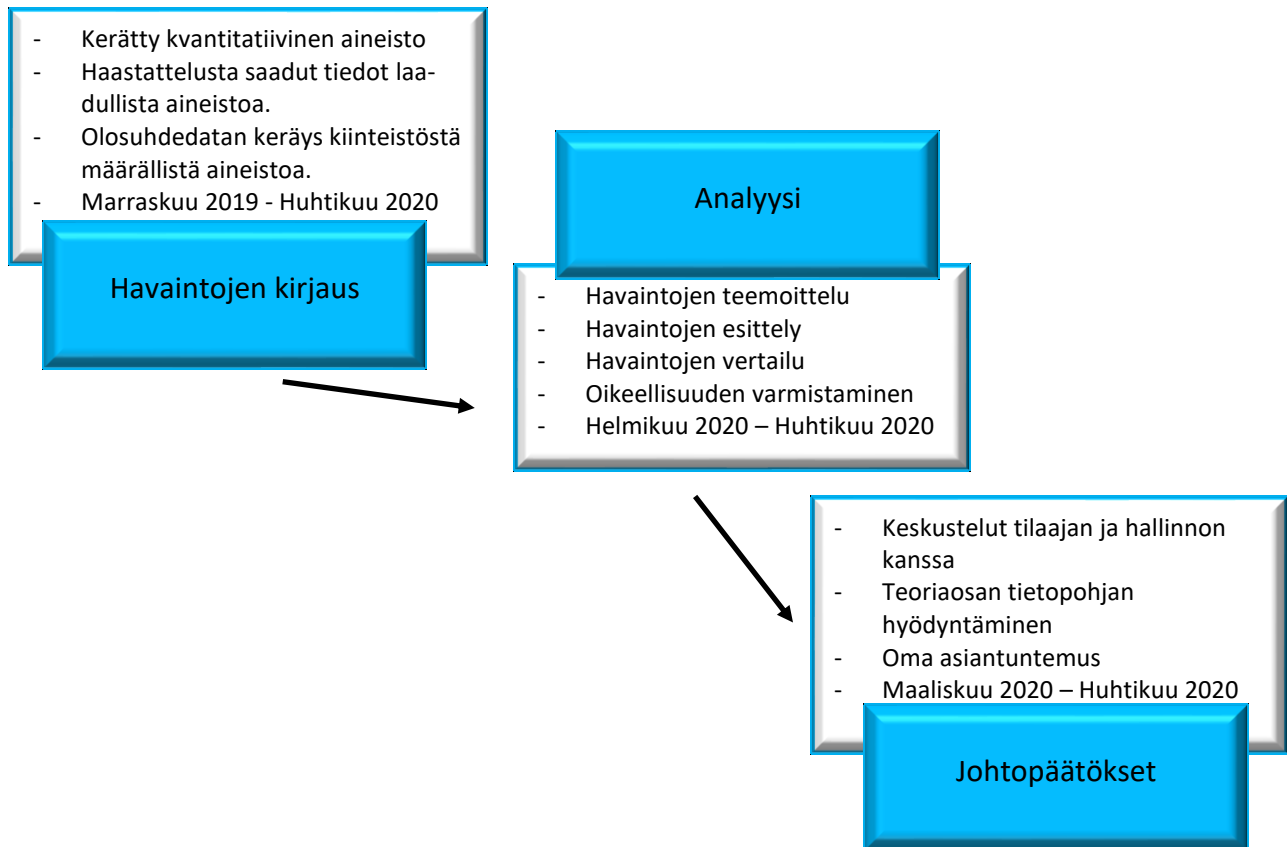
<b>Ouman Mbus-Modbus (Väylämuunnin)</b>	
Käyttölämpötila	0...+60 °C
Varastointilämpötila	-20...+80 °C
Kosteusraja	25...90%rH
Käyttöjännite	12-48VDC ± 10%
Virrankulutus	<3,5W, MBUS Shortcut <7,5W
Ruuviliittimet	Kiristysmomentti Max 0,5Nm
Johtimien koko	Max 1,5mm <sup>2</sup>
Mitat	17,5 x 90 x 58mm
Paino	60g
Suojausluokka	IP20
Hyväksynnot	CE

#### 6.4.5 Järjestelmän pilvipalvelu ja etävalvonta

Pilottikohteessa käytettävä järjestelmä saadaan kytkettyä internet-ympäristöön. Järjestelmän avulla kyetään muun muassa ohjaamaan ja valvomaan talotekniikkaa paikasta riippumatta. Järjestelmän saa perustettua Ouman-automaatiolla toimiviin ja internetillä varustettuihin kiinteistöihin. Järjestelmä on luotu varta vasten suurien kiinteistömassojen hallitsemista varten.

## 6.5 Havaintojen kirjaaminen, analyysi ja tulkinta

Opinnäytetyö aloitettiin havaintojen kirjaamisella, johon kuului kerätty kvantitatiivinen aineisto, haastatteluista saadut vastaustulokset sekä olosuhdedatan keräys kiinteistöstä. Havaintojen kirjaamisen jälkeen siirryttiin analyysiin, jossa havainnot teemoiteltiin, esiteltiin ja vertailtiin. Haastatteluista kerätty aineisto toimii työssä laadullisena aineistona ja anturidata määrällisenä aineistona. Analyysin jälkeen tehtiin johtopäätökset ja hyödynnettiin omaa henkilökohtaista asiantuntemusta. Tutkimusprosessin eteneminen vaiheittain esiteltynä kuviossa 4.



Kuvio 4. Tutkimusprosessin eteneminen

## 7 Johtopäätökset

### 7.1 Lämpötilan ja suhteellisen kosteuden johtopäätökset

tarkasteluajalta 24.2.2020 – 28.3.2020

Lämpötila kaikissa eristetilan mittauspisteissä näyttää pysyvän sisäilmaluokka S2-S3:n lämpötilaolojen tavoitearvojen rajoissa. Mitä lähempänä anturit olivat ulkoseinät pintarakennetta niin sitä suurempi lämpötilan vaihtelu oli. Suhteellinen kosteus on viimeisen mittausvälin aikana kaikissa tiloissa noin 10–55 % eristetilassa. Mitä lähempänä anturit olivat ulkoseinän pintarakennetta niin sitä suurempi suhteellinen kosteus oli. Saatujen tulosten mukaan **US4** - Luokkahuone 142 PUR-eristeellä näyttäisi olevan rakennetyypiltään mittausaikavälillä kaikista tasalaatuisin. Tarkastelussa havaittiin, että missään eri elementtityypissä eristetilassa ei havaittu mikrobikasvustolle suotuisaa kosteus määrää tarkasteltavana ajanjaksona.

#### 7.1.1 Paine-erojen johtopäätökset tarkasteluajalta 24.2.2020 – 28.3.2020

Suora lainaus Suomen rakentamismääräyskokoelmasta D2 2012:

*3.7.6 Rakennuksen, sen huonetilojen ja ilmanvaihtojärjestelmän paineet on suunniteltava siten, että ilma virtaa puhtaammista tiloista sellaisiin tiloihin, joissa syntyy runsaammin epäpuhtauksia. Paineet eivät saa aiheuttaa rakenteisiin pitkäaikaista kosteusrasitusta.*

*3.7.6.1 Rakennus suunnitellaan yleensä ulkoilmaan nähden hieman alipaineiseksi, jotta voitaisiin välttyä kosteusvaurioilta rakenteissa sekä mikrobien aiheuttamilta terveyshaitoilta. Alipaine ei kuitenkaan saa yleensä olla suurempi kuin 30 Pa. Ulkoilmaan nähden ylipaineiseksi voidaan kuitenkin suunnitella erikoistiloja, kuten puhdas huonetiloja, ja sellaisia tiloja, joissa toiminnasta johtuen ulko-ovia tai muita aukkoja pidetään usein auki.*



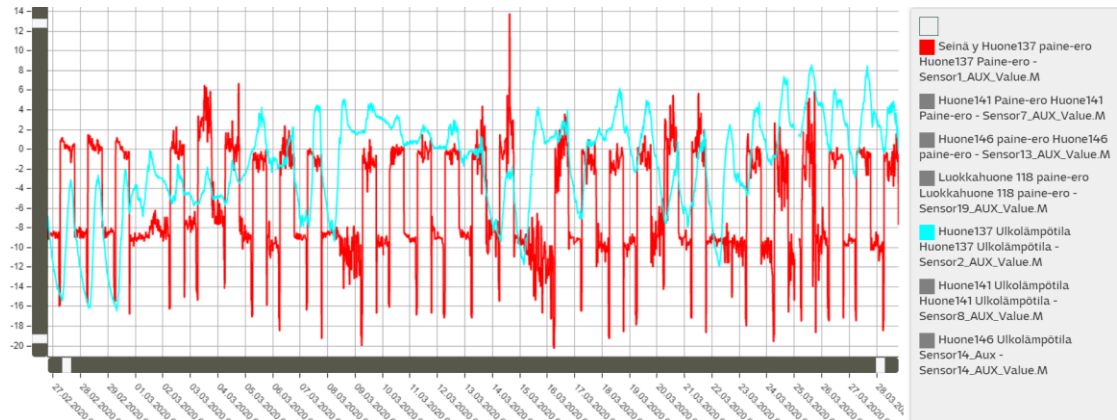
*3.7.6.2 Jos tilassa syntyy runsaasti epäpuhtauksia tai kosteutta, suunnitellaan se alipaineiseksi muihin tiloihin nähden. (D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto Määräykset ja ohjeet 2012)*

Rakennuksen painesuhteisiin vaikuttaa kolme tekijää:

- *ilmanvaihto*
- *ilman lämpötilaero (savupiippuvaikutus)*
- *tuuli*

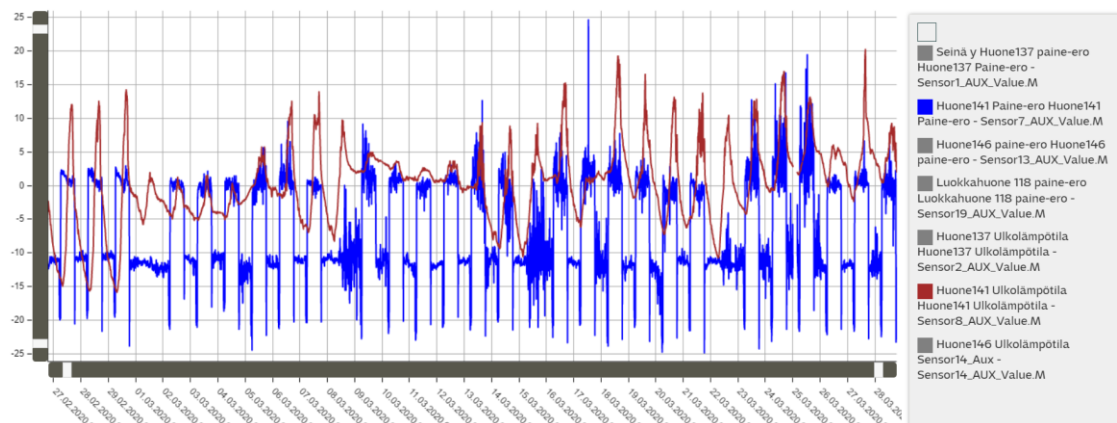
Alipaineisuuden pitäminen on osittain onnistunut mittausaikavälillä (26.2.2020–28.3.2020). Paine-erojen vaihteluun liittyy suuresti koneellisen ilmanvaihtokoneen täysitehon ja puolitehon vaihtelu. Tulosten mukaan kiinteistössä näyttäisi täysitehon olevan päällä arkisin 06:00-18:00 ja puolitehon 18:00-06:00. Saatujen tulosten mukaan viikonloppuisin kone kävisi puolitehoilla koko viikonlopun ajan. Puolitehon käytön syyksi näkisin energian säästösyitä, samat perusteet ovat käytössä useassa koneellisella ilmanvaihdolla toimivassa kiinteistössä. Saatujen mittautulosten mukaan ylipaine ja alipaine vaihtelevat kaikissa luokkatiloissa jonkin verran. Alipaineisuus ei tiloissa ylittänyt 30 pa:n arvoa.

### Huone 137



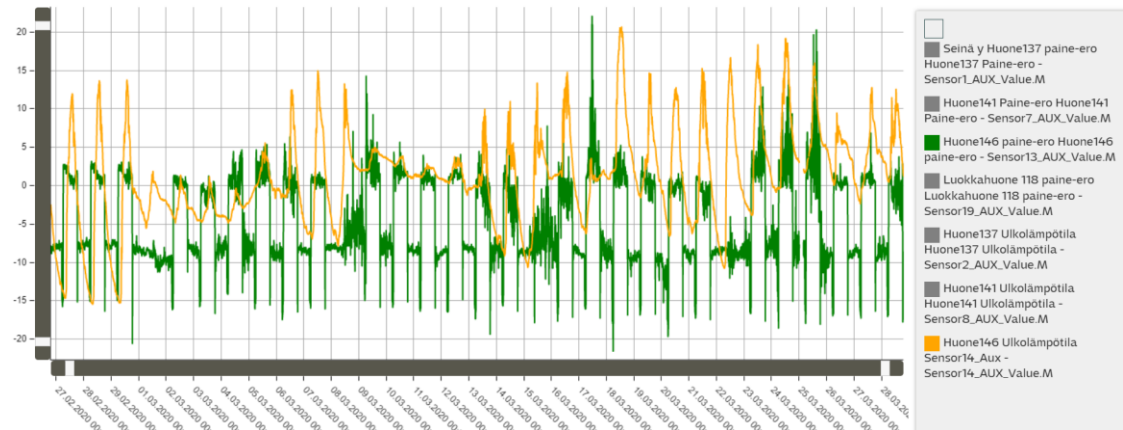
Huone 137 pysyi pääsääntöisesti alipaineisena muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta.

### Huone 141



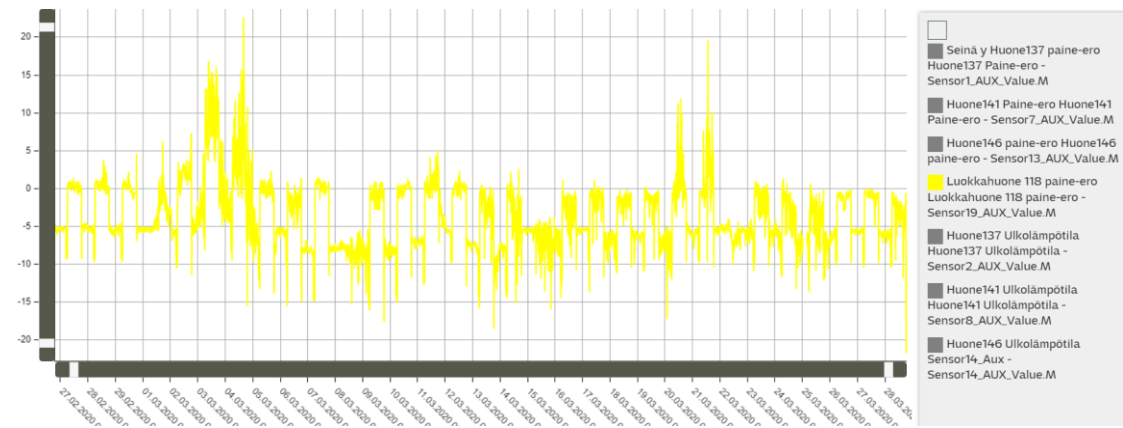
Huone 141 pysyi myös pääsääntöisesti alipaineisena. 23.3-25.3 näyttäisi olevan muuttaman päivän aika, jolloin huone oli noin puolet vuorokaudesta ylipaineinen.

### Huone 146



Huone 146 jatkaa samalla mallilla kuin aiemmat kuvaajat, päiväkohtaista heittoa paine-erojen suhteen.

### Huone 118



Huone 118 päiväkohtaista heittoa paineiden suhteen. 3.3-5.3 & 20.3-22.3 näyttäisi olevan suurimmat ylipainelukemat. Mitatun kuukauden aikana paine pysyi pääsääntöisesti alipaineisena huonetiloissa.

## 7.2 Johtopäätökset suhteellisen kosteuden ja lämpötilan vaihtelun vertailun suhteen vuosilta 24.2.2011 – 28.3.2011 & 24.2.2020 – 28.3.2020

Vuosien välinen kosteuden ja lämpötilan vaihtelun vertailu kertoo rohkaisevia tuloksia siitä, että jokaisessa elementissä vaihtelut ovat hieman tasoittuneet ja madaltuneet. Vertailussa US4 vaikutti olevan vertailtavien elementtien parhaimmistoa Polyuretaanieristeellä. Oheisessa listauksessa käydään tarkemmin läpi eri ulkoseinärakenteiden reagointia vaihteluvälillä. Elementeistä tehdään pidemmän aikavälin analysointi opinnäytetyön ulkopuolelta tilaajan pyynnöstä, näin saadaan useampi kuukausi tarkasteluun ja tarkastelusta saadaan luotettavampi.

### **US3 (160 PUR) - Luokkahuone 118**

- Eristetilan kosteus ja lämpötila on vertailujen suhteen pysynyt hyvänä. Vuosien 2011 & 2020 mittausten pohjalta suhteellinen kosteus on hieman laskenut eristetilassa. Suhteellinen kosteus pysynyt alle 55 rH%.

### **US7 (240 EPS) - Luokkahuone 134**

- Eristetilan kosteus on tullut runsaasti alas vuodesta 2011. Vuonna 2011 eristetilassa kosteusvaihtelut olleet väliltä 30 rH% - 74 rH%. Vuonna 2020 eristetilan kosteus pysynyt alle 40 rH%.
- Mittausvälillä 2011 käyty eristetilassa pakkasen puolella.

### **US6 (Mineraalivilla 240) - Luokkahuone 137**

- Eristetilan kosteustasapaino 2020 väliltä 8rH%-55rH%, 2011 rH% pysynyt alle 45rH%. Kosteuserot ja lämpötilat vaihtelevat runsaasti päivän aikana eristetilassa.

### **US9 (350 EPS) - Luokkahuone 139**

- Eristetilan kosteustasapaino 2020 väliltä 8 rH%-38 rH%, 2011 väliltä 15 rH%-58 rH%. Kosteustasapaino ja lämpötila tasoittuneet mittausaikavälillä.

### **US8 (Mineraalivilla 350) - Luokkahuone 141**

- Eristetilan kosteustasapaino 2020 väliltä 8 rH%-57 rH%, 2011 väliltä 20 rH%-92 rH%. Kosteus tasapainottunut alaspäin vuodesta 2011. Kosteus- ja lämpötilavaihtelut ovat edelleen melko suuria.

### **US4 (PUR 190) - Luokkahuone 142**

- Eristetilassa lämpö- ja kosteustasapaino pysynyt optimaalisena koko mittausjakson ajan. Mitattavista ulkoseinärakenteista kyseinen rakenne näyttäisi olevan joukon parhaimmistoa kosteus- ja lämpötilakäyttäytymisen suhteen.

### **US5 (EPS 190) Luokkahuone 146**

- Eristetilan kosteustasapaino 2020 väliltä 8 rH%-53 rH%, 2011 väliltä 17 rH%-42 rH%. Kosteusvaihtelut kasvaneet vuoden 2011 ja 2020 välillä.
- Lämpötilavaihtelut tasoittuneet vuosien 2011 ja 2020 välillä.

### 7.3 Johtopäätökset liiketoimintamallin osalta

Opinnäytetyön johtopäätöksenä esitän uudenlaisen liiketoimintamallin eteenpäinvie-  
mistä, sekä liiketoiminnan käynnistämiseen liittyvien toimien esittävää roadmap-  
suunnitelmaa. Liiketoimintamallin osalta mahdollistuu uudenlainen datan käsittely ja  
analysointi kriittiseen kiinteistökannan tilanteeseen liittyen. Haastattelujen ja saatu-  
jen datavirtojen pohjalta uskoisin digitaaliselle anturoinnille ja sen liiketoimintamal-  
lille olevan kysyntää runsaasti tulevaisuudessa. Jatkoksi esitän alustavien neuvottelui-  
den käynnistämistä työn tilaajien, kiinteistöjen omistajien, palvelun tuottajien ja  
suunnitteluyritysten välillä. Yhteistoiminnan aloittaminen on ensiarvoisen tärkeää  
tärkeän hankkeen etenemisen suhteen, sekä yhtenevien ja eriävien hyötysuhteiden  
selvittämisessä. Esitän ohessa olevan roadmap-suunnitelman (Liite 7) toimien toteut-  
tamista ja toimien toteuttamista vuoden 2020-2021 välisenä aikana.

### 7.4 Muutosten hallinta ja liiketoimintamallin toteuttaminen

#### **Liiketoimintamallin eteneminen kvartaaleittain**

Opinnäytetyössä esitettävien ja myöhemmin tarkennettavien toimien läpiviemiseksi  
olen jakanut toimet yhden vuoden kvartaaleille. Opinnäytetyötä tehdessäni olen va-  
kuuttunut, että kyseisenlainen liiketoimintamalli tulee toteutuessaan muuttamaan  
rakennusalan toimintakenttää, sekä parhaimmassa tapauksessa säästämään kiinteis-  
töjen omistajien rahoja. Tekoälyllä ja reaaliaikaisella kiinteistön anturoinnilla saadaan  
parannettua dokumentointia sekä edesauttamaan hyvän rakentamistavan mukaisia  
toimia. Ennakoivalla kiinteistömassan tarkastelulla pystytään asettamaan investointi-  
tarpeita pidemmälle tulevaisuuteen ja varautumaan kiinteistökannan ylläpitämiseen  
paremmin. Ohessa tulevat hyödyt voivat olla etenkin julkisella puolella suuret muun  
muassa sairauspoissaolojen vähenemisen myötä.

## Liite 7. Liiketoiminatamallin roadmap-suunnitelma

### **Rakennusala osana muutosta ja muutoksen tekijänä**

Rakennusallalla tapahtuva murros tulee vaatimaan poikkitieteellistä tarkastelua ja yhteistyötä enemmän eri toimijoiden kesken, jotta tuleva digiloikka saadaan toteutettua. Rakennusteollisuuden digitalisoituminen on iso haaste, jopa riski, mutta oikeilla ja mietityillä toimilla ei ollenkaan mahdoton. Alalla on pitkät perinteet ja rakennusteknisen osaamisen taso on huippuluokkaa, jopa maailmanlaajuisella mittakaavalla. Ongelmien ratkaisemiseksi on teknologian murroksesta nostettavissa useita aputyökaluja. Suureen osaan vanhoista haasteista löytyy jo olemassa olevia teknologioita ratkaisuja, joita voitaisiin hyödyntää rakennusteollisuuden tarpeisiin. Isona haasteena alalla on ollut toimialan perinteisyys, hierarkkinen johtamismalli ja tuotteistamisen maltillisuus. Digitalisoitumisen nostaminen päivittäiseen tekemiseen ja mielenkiinnon herättäminen uusiin liiketoimintoihin ja järjestelmiin tulisi olla sekä asiakasrajapintaan että omien työntekijöiden suuntaan kannustavaa ja tarkoituksenmukaista. Uudistusten toteuttaminen tuo mukanaan perinteisellä alalla runsaasti varautuneisuutta ja ennakkoluuloja, mutta oikein toteutettuina uudistukset voivat olla myös äärimmäisen tuotteliaita koko tuotantoketjun tarkan mietinnän seurauksena. Rakennusalan henkilöstön työnkuvamuutokset, sekä työnsisällön muutokset voivat aiheuttaa vakiintuneessa työntekijäraadissa paljon ristiriitaisia tunteita ja näihin vastustuksiin on myös varauduttava avoimella ja kannustavalla keskustelulla. Alan siirtyessä tomissaan läpinäkyvämpään ja hierarkkisesti pykälättömämpään suuntaan koskee uudistus myös yritysten korkeinta- ja keskijohtoa.

## 7.5 Digitalisaatio kiinteistökannan kunnon tarkastelun tueksi ja velkaantumisen estäjäksi

Tämän opinnäytetyön teoriaosasta on johdettavissa, että Suomen nykyinen kiinteistökanta ja korjausten lykkäämisestä johtuva velkaantuminen on maanlaajuinen ongelma. Opinnäytetyössä esittämäni liiketoimintamalli ja toimiin johtava roadmap-suunnitelma kykenee ainakin osittain avaamaan ongelmaan johtavaa ratkaisua. Kiinteistökannan digitaalisella anturoinnilla ja datan käsittelyllä on suunnattoman suuri potentiaali tuottaa myös täysin uudenlaisia liiketoimintamalleja sekä uudis-, että korjausrakennuspuolelle.

Uudispuolella kiinnostavimpia аспектеja voivat olla muun muassa rakenteiden kiuuuden varmistaminen reaaliaikaisen anturoinnin avulla, joka voi lyhentää rakennusaikaa merkittävästi. Uudispuolen rakennusten ja rakenteiden takuuajan saattaminen loppuun asti luotettavasti dataan perustuen, sekä asiakasta palvellen voi olla asiakkaalle ostopäätökseen vaikuttava tekijä. Anturointi on verrattain yleistä talotekniikassa järjestelmissä ja tähän liittyen voi rakenteellinen anturointi tuottaa runsaita energiasäästöjä yhteisdatalla ohjatuilla järjestelmillä. Yhdistelmä sähköisen huoltokirjan kunnossapitopaksoineen ja käyttöikineen, sekä tietomallin ja kerätyn anturidatan välillä lienee yksi suurimmista päämääristä järjestelmän alun pohjalta.

Jo rakennetun kiinteistömässan anturoinnilla voitaisiin tarkentua korjaustarpeista, sekä korjaamiseen liittyvistä määristä. Rakennetun kiinteistökannan suuren varianssin vuoksi anturien oikeaan paikkaan asentaminen vaatisi aina kohdekohtaisesti rakennusalan ammattilaista, jotta järjestelmän toimivuudesta voitaisiin varmistua rakennusajan mukaisesti.

Kyseisestä järjestelmästä voitaisiin tietosuojakäytäntöjen selvittämisen jälkeen tuottaa myös avoin palvelu- ja myyntikanava eri toimijoille, jossa vapaa markkinatalous voisi toimia tarjousten pyyntö-, anto- ja hyväksyntävälineenä. Järjestelmää mietittäessä vain mielikuvitus toimii rajoittavana tekijänä. Järjestelmän tulisi olla avoin ja liittymisen, sekä vertailuun mahdollistava portaali, mutta GDPR-käytäntöjen mukaisesti

turvallinen ja suojattu. Kuviossa 5. olen esittänyt muuttuvan murroksen aikaansaamat riippuvuussuhteet ansaintalogiikan muutoksessa.



Kuvio 5. Riippuvuussuhteet ansaintalogiikan muutoksessa.



## 8 Pohdinta

Opinnäytetyön perimmäisenä tavoitteena oli, että digitaalisen anturoinnin ympärille saataisiin luotua liiketoimintamalli, sekä analysoitua pilottikohteen anturidataa jo aiempaan dataan nähden. Mielestäni tämä tavoite täyttyi suunnitellusti. Opinnäytetyötä tehdessäni minulle selvisi käsiteltävän asian laajuus ja välttämättömien toimien ajankohtaisuus. Opinnäytetyössä päästiin raapaisemaan vasta pintaa, mutta toivottavasti mahdollisten lisäkeskusteluiden edetessä päästään kohti laajamittaisempaa kiinteistöjen tarkastus- ja mittaustoimintaa.

### 8.1 Saadut kyselytulokset

Vastauksia saatiin lähes tavoitteen mukaisesti ja suhteellisen kattavasti eri toimijoilta, vaikka otos jäi aiottua pienemmäksi. Isännöintiyritykset eivät olleet lainkaan kiinnostuneita asiasta. Pientalo-omistajien edustajat suhtautuivat asiaan varauksella. Vastaukset olivat yllättävän samankaltaisia pientalo-omistajien kesken, samoin isännöitsijöillä keskenään. Rakennusliikkeiden vastauksissa oli enemmän hajontaa. Betonielementtitoimittajat ja osa rakentajista kokee järjestelmän tarpeelliseksi ja on kiinnostunut yhteistyöstä järjestelmän kehittämiseksi sekä panostamaan siihen tai on kiinnostunut selvittämään asiaa. Anturoinnista ja mittauksesta on kokemusta ja palveluntarjoajia on olemassa. Yksi vastaajista totesi, että kehitystyö on jo käynnissä, joten vastaaja ei kokenut tarpeelliseksi käyttää aikaa tähän kartoitukseen. Omakotitalorakentamiseen keskittynyt yritys ja puuelementtitoimittaja eivät kokeneet anturointia ja digitaalista analysointijärjestelmää tarpeelliseksi eivätkä halunneet vastata jatkokysymyksiin. Kaiken kaikkiaan vastaukset ovat yhdenmukaisia ja suuntaa antavia, joten niitä voidaan hyödyntää jatkosuunnitelmissa. Loppupäätelmänä voidaan todeta, että tarpeellisin ja ajankohtaisin järjestelmä vaikuttaa olevan elinkaarihankkeille, julkisten kiinteistöjen uudiskohteille.

## 8.2 Saadut analyysitulokset

Saatujen analyysitulosten mukaan ei tullut suurempia yllätyksiä vuoden 2020 mitausten osalta. Rakennetyyppien osalta oli havaittavissa RH%:n ja lämpötilavaihteluiden osalta pieniä eroavaisuuksia, mutta ei tavattoman suuria. Eristetilassa näytti kosteustasapaino pysyvän pääsääntöisesti kontrollissa jokaisessa rakennetyypissä, joka on hieno asia sisäilman osalta. Ulkoseinärakenteista US4 PUR 190-eristeellä vaikutti olevan kaikista tasalaatuisin kosteus- ja lämpötilavaihteluiden osalta. Kyseisessä ulkoseinärakenteessa kosteus- ja lämpötila pysyi optimaalisena koko mittausajan osalta.

Paine-erojen vaihtelu luokkahuoneissa oli mielestäni jokseenkin odotettavissa koneellisella ilmanvaihdolla toimivassa kiinteistössä. Energian säästösyitä ajavat useassa kiinteistössä ilmanvaihtokoneen täysitehon ja puolitehon vaihteluun, joka useasti aiheuttaa yli- ja alipaineen vaihteluita. Kiinteistöjen ja huonetilojen osalta tulisi pyrkiä jatkuvaan pieneen alipaineeseen, jotta mahdollinen kosteuden virtaus ei kohdistuisi rakenteeseen. Kiinteistön ollessa osan ajasta yli- ja alipaineinen ja rakenteiden tiiviitä, tulisi tällöin varautua riittävän korvausilman saamiseen, jotta huoneilmaan ei pääsisi esimerkiksi ylä- tai alapohjasta korvausilmaa.

Kiinteistön omistajalle tieto on hyödyllistä esimerkiksi silloin, jos rakennuksen sisätiloissa on havaittu hometta, mikrobeja tai muuta ihmisten oleskelua haittaavia tekijöitä. Vanhatkin kiinteistöt voidaan korjata näiltä osin jälkikäteen erilaisia tekniikoita käyttäen ja rakennuksen elinkaarta saadaan parannettua. Tämän päivän rakennuksia suunnitellaan kestäväksi 50...100 vuotta hyväkuntoisina, joten se vaatii myös runsaasti mittausta tulevaisuudessa.

Tulevaisuudessa näkisin ilmanvaihtokoneiden käytön optimointia keinoälyn avulla. Rakenteisiin sijoitettujen antureiden avulla voitaisiin ohjata ilmanvaihtokoneita siten että kiinteistöt saataisiin pidettyä hieman alipaineisena jatkuvasti. Ilman suhteellisen kosteuden pitäminen hengitysilma optimaalisena, ilman rakenteille aiheutuvaa todennettavaa kosteushaittaa olisi myös hieno tavoite tulevaisuudelle.

### 8.3 Tutkimuksen arviointi

Tutkimus ja valitut tutkimusmenetelmät toivat vastauksia toimeksiantajan, eli Lehto asunnot Oy:n kehittämisen keskeisiin tarpeisiin ja ongelmiin. Tutkimus on tehty annettujen resurssien ja aikataulujen puitteissa niin hyvin kuin mahdollista. Anturien asennus saatiin toteutettua vasta helmikuun loppupuoliskolla ja mittausaikaväliksi tuli täten helmikuun loppupuoliskolta huhtikuun loppupuoliskolle ulottuva aikataulu. Kiinnostavaa olisi projektin osalta tutkia uusilla datoilla koko vuoden vaihtuvuus sääolosuhteiden vaikutuksesta. Liiketoimintamallin suhteen mittausaikaväli ei juurikaan olisi muutosta tuottanut.

Tärkeintä on kuitenkin mielestäni se, että kiinteistökannan velkaantuminen, digitaaliset työkalut ja alalla vallitsevat haasteet saatiin nostettua esille, josta saatiin johdettua liiketoimintamallia tulevaisuuden keskusteluja varten. Teknologinen ja asiakaskäyttäytymisen murros ovat merkittäväällä tavalla muuttuneet. Tätä käsitystä tukee myös teoriaosa opinnäytetyössäni.

Tarkoitukseni oli toteuttaa tutkimusosuus mahdollisimman objektiivisesti ja nostaa johtopäätöksissä hieman omia näkemyksiäni aiheeseen liittyen, vedoten kuitenkin hankittuun teoriapohjaan.

### 8.4 Tutkimuksen soveltaminen

Teoriaosa pyrkii selittämään tämän hetken tilannetta digitalisaation ympäriltä ja mitä uudet teknologiat ja murrokset mahdollistavat suuressa skaalassa. Teoriaosan pääpaino on rakennusteollisuudessa, mutta näkisin tehdyn osion olevan myös melko poikkitieteellinen. Kyseisenlainen digimurros vaikuttaa liki kaikilla teknologia-aloilla melko samalla tavalla.

Tutkimusosiossa pyrin löytämään ratkaisuja ja tietoja liiketoimintamalliin liittyen, sekä havainnoimaan eri toimijoiden tarpeita ja mitattavan järjestelmän hyötyjä. Tutkimusosiossa saadut tiedot elementtien eristetytilan lämpötila- ja kosteuskäyttäytymisestä antavat työkaluja kehittää entistä parempia elementtejä, sekä mahdollisuuden sijoittaa antureita jo tehtaalla ennen elementtien asentamista.

## 8.5 Jatkotutkimus

Tehty opinnäytetyöprosessi paljasti, että asian tiimoilta on vielä paljon löydettävää, kehitettävää ja keskusteltavaa. Monet rakennusalan väitöskirjat koskevat ainoastaan rakennustekniikkaa ja hyvin vähän digitalisaatiota, ja samankaltaisen rinnastettavuuden totesin myös digipuolen väitöskirjojen julkaisukirjossa rakennusteollisuuteen nähden. Molempien vertaistulkintaa tarvittaisiin enemmän toistensa vastineeksi selkeämmän kuvan ja tilanteen löytämiseksi. Murros- ja muutosihtymöt eivät nähdäkseni ole hidastumaan päin ja yhä hektisempi kiihtyminen pakottaa molempia aloja luomaan oman nahkansa yhä säännöllisemmin. Näen suureksi tarpeeksi käydä rakennusteollisuudessa avointa keskustelua syntyvään ja jo syntyneeseen muutokseen liittyen, jotta näkemys vallitsevan tilanteen paranemiseksi voisi kehittyä. Näkisin että digipuolelle liittyvien opinnäytetöiden kysynnän tulisi ja pitäisi kasvaa lähivuosina oleellisesti rakennusalaan liittyen. Uusien avointen järjestelmien käyttäminen ja terve kyseenalaistaminen voisi tuoda rakennusalan tarvitsemaa digiboostia. Järjestelmien lisäksi tarpeeseen tähtäävät tuotteistamiset ja uudenlaisten teknologioiden soveltamiset voisivat nostaa yritysten sisäistä motivaatiota kehittää ja kokeilla rohkeasti uutta.

## Lähteet

Businessfinland, julkaisut. 2017. Viitattu 14.3.2020. <https://www.businessfinland.fi/ajankohtaista/uutiset/uutiset-2017/toinen-kira-digi-kokeiluhankkeiden-hakusai-jalleen-digitalisaation-kehittajat-liikkeelle/>

D2 (2012) Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet

- Haahtela, T. & Reijula, K. 1997. Sisäilman terveyshaitat ja ehdotukset niiden vähentämiseksi. Helsinki: Sosiaali- & terveysministeriön työryhmämuistioita 1997:25.
- Hakala, J. T. 2004. Opinnäyteopas ammattikorkeakouluille. Helsinki: Gaudeamus.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Tammi.
- Hyvä sisäilma -suositukset. 2019. Sisäilmayhdistys Viitattu 13.3.2019. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Julkaisut/Hyva-sisailma-suositukset>
- Hämäläinen, V., Maula, H. ja Suominen, K. 2016. Digiajan strategia. Helsinki: Talentum Media.
- Ilmarinen, V. ja Koskela K. 2015. Digitalisaatio – Yritysjohdon käsikirja. Helsinki: Talentum.
- Ketosalo, P. 2014. Työnantajan ja työntekijöiden yhteistoiminta sisäilmaongelmien käsittelyssä. Koulutusaineisto 25.11.2014. Länsi- ja Sisä-Suomen aluehallintovirasto. Työsuojelun vastuualue. Viitattu 11.3.2020. <https://www.avi.fi/documents/10191/2910310/Vastuu+sis%C3%A4ilma-asioissa%2C%20Pertti+Ketosalo/7ff483ee-043c-49a6-ba97-0fab43fdb74>
- Keränen, J. 2016. Tiedonkeruun hallinta esineiden internetissä. Viitattu 1.2.2020. <https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/48530/URN:NBN:fi:juu-201601291336.pdf?sequence=1>
- Vaine, J. 2018. Kunnan rahatoimen hoito. Kuntaliitto julkaisut. Viitattu 3.3.2020. <https://www.kuntaliitto.fi/talous/varainhankinta-ja-sijoitustoiminta/kunnan-rahatoimen-hoito>
- Kielitoimiston sanakirja: Digitalisaatio. n.d. Viitattu 27.2.2020 <https://www.kielitoimistonsanakirja.fi/#/digitalisaatio>
- Nippala, E., Vainio, T. 2016. VTT – Asuinrakennuksen korjaustarve 2006-2035. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Espoo Viitattu 29.3.2020 <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2016/T274.pdf>
- Putus, T. 2018. Uutta tutkimusnäyttöä sisäilmamikrobien aiheuttamista sairauksista. Sisäilmaongelmat terveydenhuollon toimipisteissä. Tutkittua tietoa sairaaloiden ja muiden hoitolaitosten olosuhteista ja terveysongelmista. Koulutusaineisto. Jyväskylän yliopisto.
- Rakennuslehti. Huikea piilovelka – asukkaiden taloyhtiövelat paisuneet yli 14 miljardiin. 2016. Viitattu 3.2.2020. <https://www.rakennuslehti.fi/2016/02/huikea-piilovelka-asukkaiden-taloyhtiövelat-paisuneet-yli-14-miljardiin/>
- Roti 2019. Rakennetun omaisuuden tila, raportti. Roti-hankkeen julkaisu. Viitattu 10.3.2020 [https://www.ril.fi/media/2019/roti/roti\\_2019\\_raportti.pdf](https://www.ril.fi/media/2019/roti/roti_2019_raportti.pdf)

RT 14-10675. 2010. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. Rakennustietosäätiö RTS.

Sauranen, T. 2010. Toteutusraportti anturien suhteen kohteeseen liittyen.

Sisäilmayhdistys. Yleisimmät sisäilmaongelmat. n.d. Viitattu 13.3.2020.

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Yleisimmat-sisailmaongelmat>

Sundman-Digert, C., Reijula, K. 2004. Psychosocial work environment and indoor air problems: a questionnaire as a means of problem diagnosis. Viitattu 26.3.2020.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14739380>

Talouselämä. Tuore raportti: Suomi romahtanut digitalisaation alasarjaan, etenkin toimeenpano ja aikaansaanti tökkii. 2017. Viitattu 14.3.2020 <https://www.talouselama.fi/uutiset/tuore-raportti-suomi-romahtanut-digitalisaation-alasarjaan-etenkin-toimeenpano-ja-aikaansaanti-tokkii/9698c2dd-0870-3938-9dff-68068868fa44>

Tilastokeskus. 2017. Digitalisaatio ja BKT – Miten digitalisaatio näkyy taloustilastoissa. Viitattu 24.2.2020. [https://www.tilastokeskus.fi/static/media/uploads/tup/kantilinpito/digitalisaatio\\_bkt.pdf](https://www.tilastokeskus.fi/static/media/uploads/tup/kantilinpito/digitalisaatio_bkt.pdf)

Työturvallisuuslaki 738/2002. Viitattu 14.2.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>

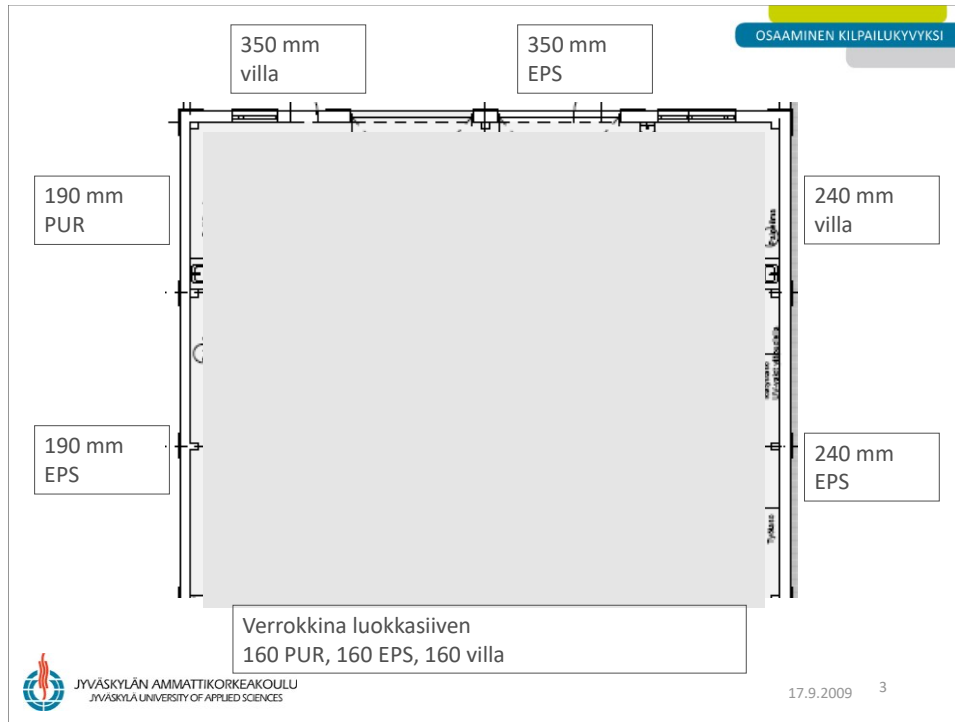
Valtionkonttori. 2020. Valtionvelka. Viitattu 13.1.2020. [https://www.valtionvelka.fi/tilastot/tilastoja\\_valtionvelasta/](https://www.valtionvelka.fi/tilastot/tilastoja_valtionvelasta/)

Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2019:59 - Sisäilma ja terveys. Viitattu 23.3.2020. [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161843/59\\_19\\_Sis%c3%a4ilma%20ja%20terveys\\_netti.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161843/59_19_Sis%c3%a4ilma%20ja%20terveys_netti.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Vinha, T. 2012. Frame-projektin yhteenveto. TTY, Rakennustekniikan laitos. Viitattu 4.4.2020. <https://research.tuni.fi/uploads/2019/01/36023e16-p034330.pdf>

## Liitteet

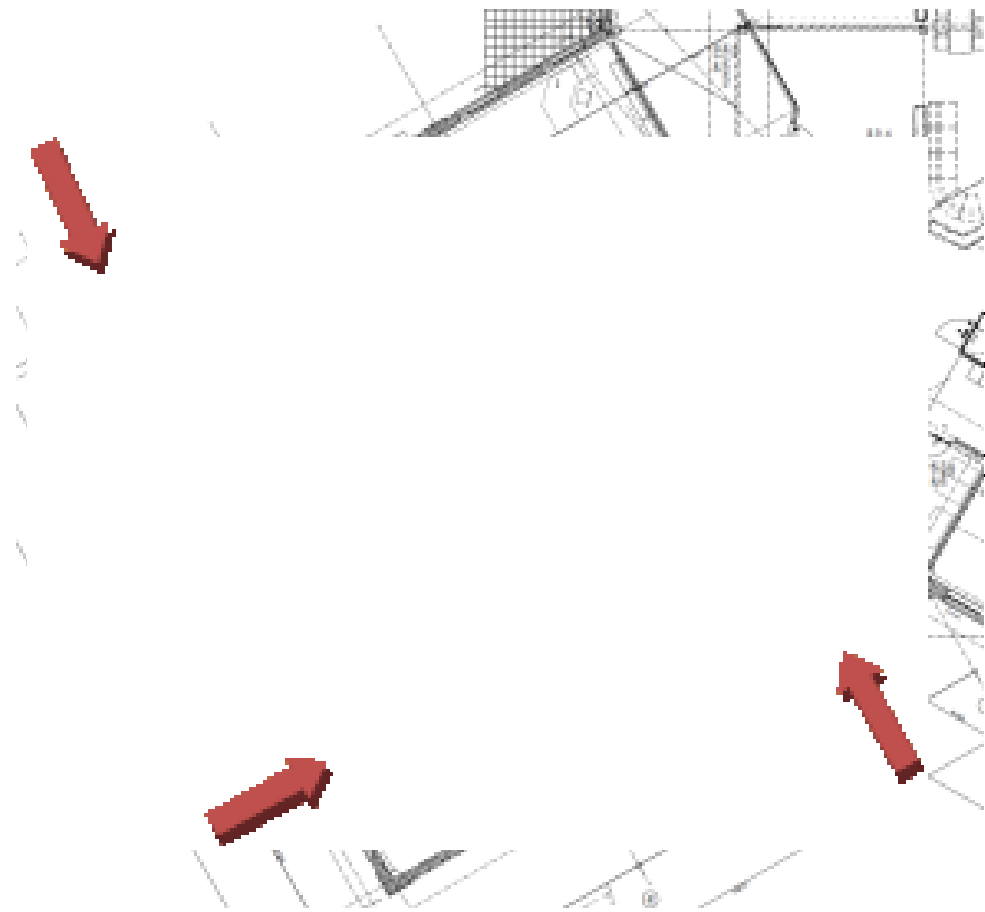
Liite 1. Koerakentamissiiven seinävahvuudet ja eristemateriaalit. (Sauranen, T.)



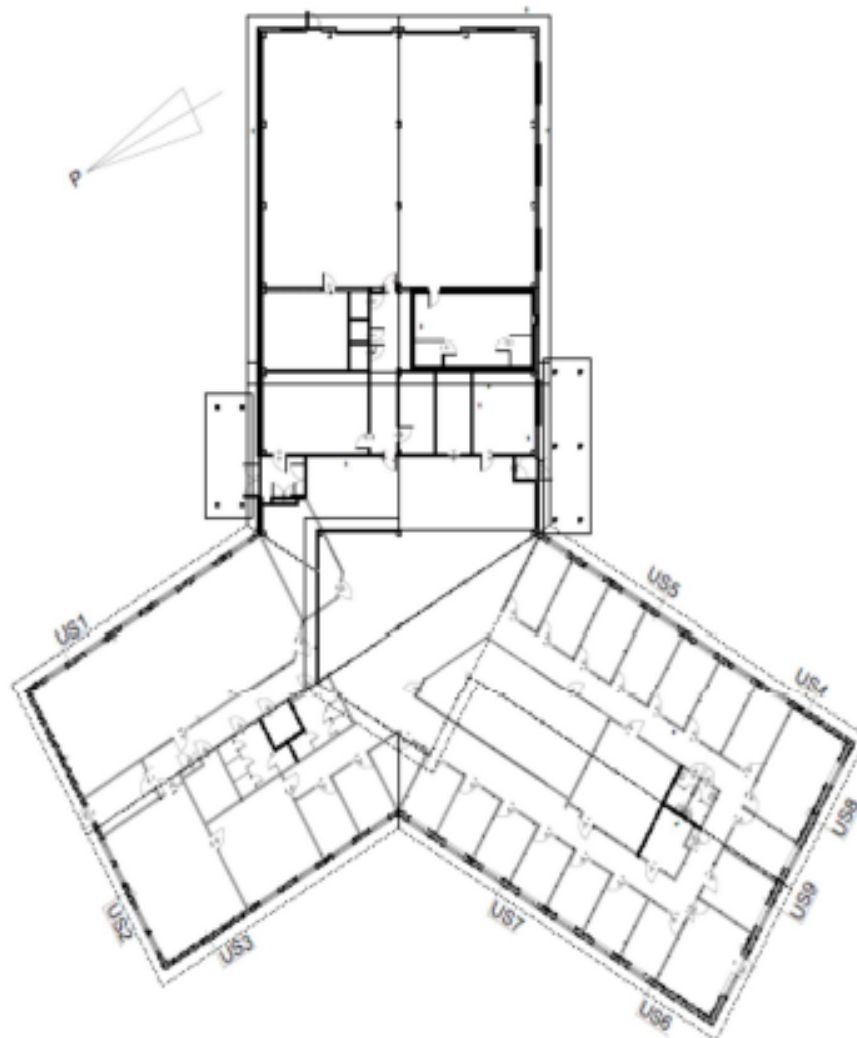
Liite 2. Lämpötila- kosteusantureiden sijoituspaikat seinärakenteissa ylemmässä kuvassa koerakentamissiipi ja alemmassa kuvassa luokkasiipi. (Sauranen, T.)



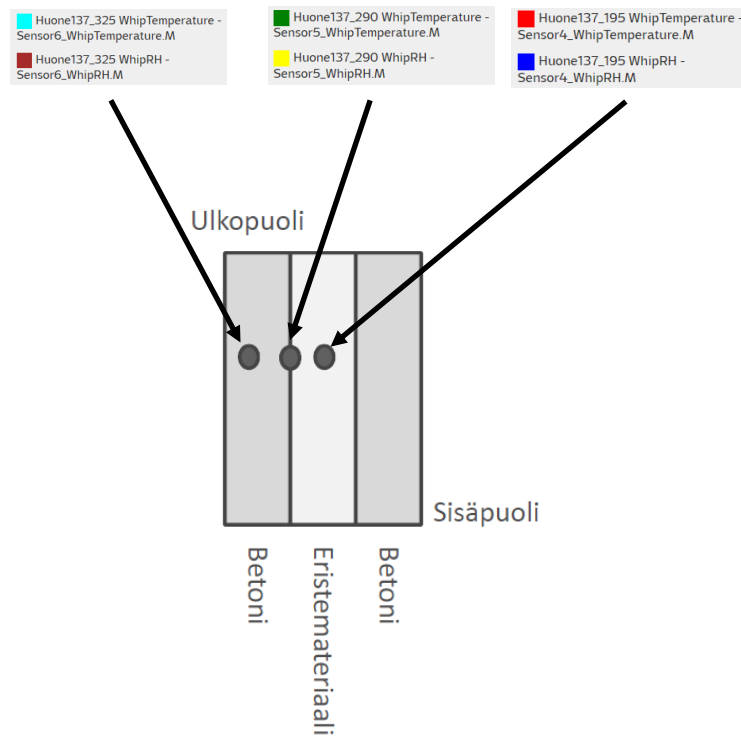




Liite 3. Rakennuksen pohjakuva, josta selviää rakennetyyppien sijainnit.



Liite 4. Lämpötila-kosteusantureiden sijoittaminen betonielementteihin syvyyssuunnassa



## Liite 5. Kyselylomake kohdeyrityksille

**Palvelukuvaus:**

Kyselyn toimeksiantaja on rakennustekniikan asiantuntijayritys, joka kehittää digitaalista analysointijärjestelmää rakennusten kunnon seurantaan. Järjestelmä sisältää asennettavat mittausanturit (lämpötila, kosteus, paine-erot), joiden tuottama data ohjataan pilvipalveluun, josta se jaetaan käyttäjille analysoituna. Analyysipalvelun avulla voidaan todentaa rakennusten terveys, pidentää elinkaarta sekä vaikuttaa elinkaarikustannusten hallintaan.

1. Koetteko digitaalisen analysointijärjestelmän tarpeelliseksi?

- ☐ Kyllä, koemme sen erittäin tarpeelliseksi.
- ☐ Kyllä, koemme sen tarpeelliseksi, mutta emme ajankohtaiseksi.
- ☐ En osaa sanoa.
- ☐ Ei, emme koe sitä tarpeelliseksi.

2. Jos ette koe järjestelmää tarpeelliseksi, perustelut:

**Vaatimukset, hyödyt ja lisäarvo**

3. Millaisia vaatimuksia asettaisitte järjestelmälle?

4. Millaista hyötyä järjestelmästä olisi teille?

5. Mitä lisäarvoa järjestelmä toisi asiakkailenne?

**Mittausaikaväli**

6. Millainen mittausaikaväli olisi teille oleellisin ja kiinnostavin?

- ☐ Rakennuksen koko elinkaari, jatkuva mittaus
- ☐ Ensimmäiset 10 vuotta, jatkuva mittaus
- ☐ Vuositarkastusten yhteydessä, ajoittainen tarkistusmittaus
- ☐ Omistajan tai asukkaiden vaihtuessa / myynti- ja oston tilanteet, jatkuva tai ajoittainen tarkistusmittaus

Muu aikaväli, mikä ja mihin tarpeeseen?

## Materiaalit ja kohteet

7. Millaisille rakennusmateriaaleille mittaus- ja analysointijärjestelmä mielestänne olisi tarpeellinen?

- ☐ Puu
- ☐ Betoni
- ☐ Puu- ja betonirakenteiden yhdistelmä
- ☐ Tiili

Muu, mikä?

8. Millaisiin kohteisiin järjestelmä olisi mielestänne tarpeellinen?

- ☐ Uudisrakennuskohteet
- ☐ Korjausrakennuskohteet
- ☐ Molemmat

Vapaa kommentti:

9. Millaisille talotyypeille käyttäisitte järjestelmää?

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Omakotitalot       | <input type="checkbox"/> Toimistorakennukset ja liiketilat   |
| <input type="checkbox"/> Rivitalot          | <input type="checkbox"/> Teollisuus- ja varastorakennukset   |
| <input type="checkbox"/> Kerrostalot        | <input type="checkbox"/> Julkiset kiinteistöt (koulut, päiväkodit, terveysasemat, sairaalat, hoivakodit) |
| <input type="checkbox"/> Vapaa-ajan asunnot |  |
| <input type="checkbox"/> Muut, mitkä?       |  |

### Kustannukset

10. Paljonko investointi järjestelmään (anturointi) saisi lisätä rakennuskustannuksia?

- ☐ < 5 %
- ☐ 5 - 10 %
- ☐ > 10 %

11. Paljonko olisitte valmiita maksamaan datapalvelusta kk-maksua?

0 euroa/kk 100 euroa/kk

12. Miten investoinnin tulisi maksaa itsensä takaisin?

13. Käyttäisittekö anturointia ja mittaamista myyntiargumenttina?

- ☐ Kyllä käyttäisimme, se olisi meille merkittävä myyntiargumentti.
- ☐ Kyllä käyttäisimme, mutta se ei olisi meille merkittävä myyntiargumentti.
- ☐ En osaa sanoa.
- ☐ Emme käyttäisi, koska

### Yhteistyö

14. Oletteko kiinnostuneita tekemään yhteistyötä järjestelmän kehittämiseksi ja panostamaan siihen?

- ☐ Kyllä, olemme erittäin kiinnostuneita ja valmiita panostamaan järjestelmän kehittämiseen.
- ☐ Kyllä, olemme kiinnostuneita yhteistyöstä, mutta meillä ei ole resursseja kehittämiseen.
- ☐ En osaa sanoa.
- ☐ Ei, emme ole kiinnostuneita tällä hetkellä.

Vapaa kommentti:

\_\_\_\_\_

## 15. Vastaaajan tiedot

Etu- ja sukunimi

\_\_\_\_\_

## Yritys

\_\_\_\_\_

S-posti

\_\_\_\_\_

Puhelinnumero

--	--

[illegible]

[illegible]





	Puh.nro																		
--	---------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Liite 6. Opinnäytetyön tietovarastotaulukko

Data Type	Quantity	Original data source	Original intended data audience
Interviews	15-25	Informants	Researcher – analysis in this study
Company presentations	4	Web site	Company personnel
Case study	1-3	Web sites	All similar type of work by companies like VTT, Rakennuslehti and other
Company web sites for figures and presentations	3	Company communications	
Minutes of meeting including action point lists	3	Associates	Meeting participants

Observational data	7 events	Researcher participations and field notes	Researcher – analysis in this study
Data gathering	2 events	Data from sensors	-

1. Analysointi vaatii ennalta olevan datan ja tulevaisuuden tarkoitettujen datan vertailua, sekä tulosten tarkastelemista.
2. Esivalmistettuun materiaaliin tulee käydä läpi kvantitatiivinen aineisto läpi, sekä poimia sieltä lopputuloksen kannalta tärkeimmät seikat liiketoimintamallin tekemiseksi.
3. Laadullinen analyysi