

Älykäs lämmityksen ohjaus asuinkerrostaloille - asukkaiden ehdoilla

LOPPURAPORTTI

Kiradigi kokeiluhanke



Diaarinumero
YM108/612/201

Raportin laatija

Janne Heinonen

Enermix Oy

Hatanpään valtatie 24, 33100 Tampere

Päiväys

16.3.2019 v1.0

SISÄLLYSLUETTELO

1	YLEISTÄ	3
1.1	HANKKEEN TIIVISTELMÄ	3
1.2	HANKKEEN TAVOITTEET	3
1.3	HANKKEEN YHTEISTYÖKUMPPANIT	4
1.4	TUTKIMUSKOhteet	4
1.5	AIKATAULU	4
2	TOTEUTETUN PALVELUN KUVAUS	5
2.1	YLEISKUVAUS	5
2.2	KOHDE 1	6
2.3	KOHDE 2	7
2.4	KOHDE 3	9
2.5	ASUKKAIDEN OHJAUS PUHELIMELLA	11
3	HANKKEEN TULOKSET	11
3.1	RESURSOINTI JA TYÖMÄÄRÄT	11
3.2	POIKKEAMAT HANKEHAKEMUKSEEN	11
3.3	ASUNTOJEN LÄMPÖTILAT JA PATTERNVERKOSTON TASAPAINO	12
3.4	TAVOITTEET JA SAAVUTETUT TULOKSET	14
3.5	HANKKEEN VIESTINTÄ	15
3.6	HAVAITUT HAASTEET JA KEHITYSKOhteet	15
3.7	KOKEILUHANKKEEN TULOSTEN HYÖDYNNETTÄVYYS	15
4	LIITTEET	16

1 YLEISTÄ

1.1 Hankkeen tiivistelmä

Tässä hankkeessa testattiin ja kerättiin käytännön kokemuksia asuinkerrostaloihin kehitetystä älykkästä lämmityksen ohjauspalvelusta, jossa myös asukkaat pääsivät vaikuttamaan asuinolosuhteisiinsa. Asukkaiden ohjauksen lisäksi palvelu hyödyntää kaukolämmön kysyntäjoustoa, sääennustetietoa sekä sisäilmasta mitattua olosuhtetietoa.

Näiden perusteella:

- 1) leikattiin kaukolämmön tehohuippuja käyttöveden kulutuspiikkien aikana, joka laskee kaukolämmön huipputehomaksua
- 2) pyrittiin ylläpitämään haluttuja sisäilman olosuhteita
- 3) optimoitiin kaukolämpöenergian käyttöä, tavoitteena vähintään 10% energiansäästö

Hankkeen päätavoite oli testata palvelun ja laskentamallien toimintaa käytännön olosuhteissa ja siten selvittää palvelun toimivuus ja luotettavuus yhteistyössä mukana olevien kohdekiinteistöjen kanssa.

Lisäksi hankkeessa kehitetään API REST rajapinta joka julkaistiin API:n alustalla. Tämän rajapinnan kautta on eri toimijoiden mahdollista saada mm. metriikkaa ja tilastotietoa hankkeessa mukana olevista kiinteistöistä, palvelun ja laskentamallien toimivuudesta. Näitä tietoja eri toimijat voivat hyödyntää esim. yliopistoissa tutkimuskäyttöön, laskentamallin toimivuuden tarkasteluun, tämän palvelun jatkokehittämiseen sekä uusien palveluiden kehittämiseen. Tarkempi hankesuunnitelma liitteenä.

1.2 Hankkeen tavoitteet

Hankkeen tavoitteena oli pilotoida ja tutkia käytännössä, kuinka luotettavasti ja tarkasti palvelu on mahdollista saada toimimaan kohderyhmän kerrostaloissa huoneistotasolla. Esimerkiksi jos yhden huoneiston asukas pyytää 20C sisälämpötilaa ja naapurihuoneisto pyytää 22C niin pystytäänkö nämä olosuhteet saavuttamaan ja ylläpitämään ja jos niin kuinka hyvällä tarkkuudella.

Toinen tavoite oli saavuttaa vähintään keskimääräinen 10% energiansäästö kohdekiinteistöissä.

Lisäksi tavoitteena oli selvittää, onko mahdollista määrittää riittävän tarkka ja oikeudenmukainen laskentamalli, joka jyvittäisi kuukausittain lämmityskustannuksen eri asuinhuoneistojen välillä.

Tavoitteiden mittarit:

Tavoite 1: Palvelun toimivuus huoneistotason säädön toteutumiseen

Mittari: kuinka tarkasti lämpötilan säätö toteutuu (tavoite +/-1 aste)

Tavoite 2: Laskentamallin toimivuus

Mittari: kustannuksen jyvitys on oikeudenmukainen eri asuinhuoneistojen välillä. Oikeudenmukaisuutta arvioitaessa huomioidaan myös pilottikohteiden palaute.

Tavoite 3: API-rajapinta valmis ja dokumentoitu sekä ja julkistettu API:n alustalle

Mittari: API rajapintaa käytetään dokumentin mukaisesti ja se toimii kuten dokumentti kuvaa.

Tavoite 4: Palvelulla saadaan merkittävää energiansäästöä

Mittari: Palvelu kokonaisuutena tuottaa keskimäärin vähintään 10% säästön lämmityskustannuksiin

Tuloksia pyritään julkaisemaan ja esittelemään alan seminaareissa ja erilaisissa tapahtumissa mahdollisuuksien mukaan.

1.3 Hankkeen yhteistyökumppanit

Hankkeeseen ostettiin asiantuntijapalveluna Pirkanmaan Vedenkäsittely Oy:ltä vesinäytteiden ottamisen kohdekiinteistöjen patteriverkostosta. Lisäksi hankkeessa oli mukana APIInf Oy, joka vastaa APIInf alustan ylläpidosta.

1.4 Tutkimuskohteet

Kohteiksi valittiin kolme Y-Säätiön asuinkerrostalokohdetta, jotka sijaitsevat Tampereella ja Pirkkälässä. Y-säätiö on Suomen 4. suurin vuokranantaja. Kiinteistöt ovat 1990 ja 2000-luvun alussa rakennettuja kaukolämmitteisiä kerrostaloja, joissa on yhteensä 155 asuntoa.

Asuntoihin asennettiin sisälämpötila-anturit ja osaan asunnoista älytermostaatit. Asukkaille annettiin mahdollisuus ladata mobiilisovellus ja käyttökoulutus tähän.

Y-säätiön odotukset hankkeelta:

- Energian kulutuksen optimoinnin tuottamat kustannussäästöt.
- Asuntojen sisäilmaolosuhteet pysyvät hyvinä lämpötila-anturien mahdollistaman seurannan avulla.
- Lämmityksen hallinta helpottuu.
- Poikkeamiin ja vikatilanteisiin pystytään reagoimaan helpommin järjestelmän tuottaman datan perusteella.
- Asukkailla mahdollista seurata keskimääräistä sisälämpötilaa ja antaa palautetta sovelluksen avulla.
- Asukkailla mahdollista tulevaisuudessa vaikuttaa asunnon lämpötilaan itse.

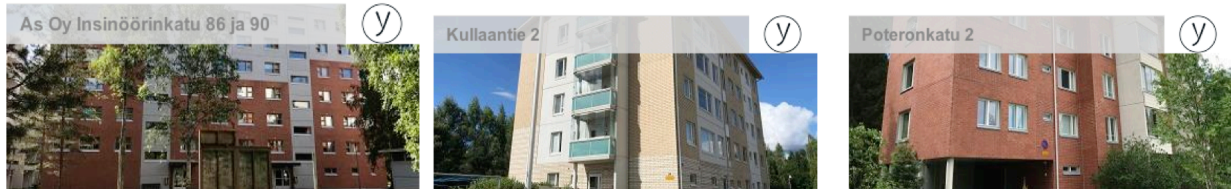
1.5 Aikataulu

Hankkeen kesto	1.5. 2018	–	31.12.2018
----------------	-----------	---	------------

2 TOTEUTETUN PALVELUN KUVAUS

2.1 Yleiskuvaus

Palvelua tuotettiin kolmeen asuinkerrostalokiinteistöön Tampereella ja Pirkkalassa:



Kuva 1. Kohdekiinteistöt

Näissä kiinteistöissä on yhteensä 155 asuntoa. Kaikkiin asuntoihin asennettiin lämpötilaa ja ilman-kosteutta mittaavat sensorit sekä 11 asuntoon asennettiin lisäksi älytermostaatit radiaattoreihin.

Sensorien asennukset toteutettiin heinäkuussa 2018 ja älytermostaatit asennettiin syyskuussa 2018. Syys-lokakuussa asukkaille annettiin käyttöön Talotohtori Home mobiilisovellus, jolla asukkailla oli mahdollisuus vaikuttaa sisälämpötilaan, seurata oman asuntonsa lämpötilan ja ilmankosteuden käyttäytymistä sekä antaa palautetta olosuhteista.



Kuva 2. Talotohtori Home mobiilisovellus

Asukkaille järjestettiin syksyllä 2018 kahteen otteeseen palvelun perehtymistilaisuuksia, joissa annettiin myös käyttökoulutus Home-palveluun. Perehtymistilaisuudet pidettiin sekä Enermix Oy:n toimitiloissa että kohdekiinteistöissä.

Kaikissa asunnoissa tavoitelämpötilatasoksi asetettiin 21,0 - 22,0 astetta, jota palvelu pyrki pitämään yllä automaattisesti. ns. sisälämpötilan kompensointi-algoritmin avulla. Tämä taso näkyy vihreällä jäljempänä esitetyissä 2D ja 3D visualisoinneissa. Mikäli sisälämpötila poikkeaa tavoitetasosta, näytetään värit alla olevan taulukon mukaisesti,

Väri	Lämpötila-alue
Kuuma	Yli 24C
Lämmin	23-24C
Hieman lämmin	22-23C
Sopiva	20-22C
Hieman viileä	19-20C
Viileä	18-19C
Kylmä	Alle 18C

Taulukko 1, Raja-arvot lämpötilan visualisoinneille

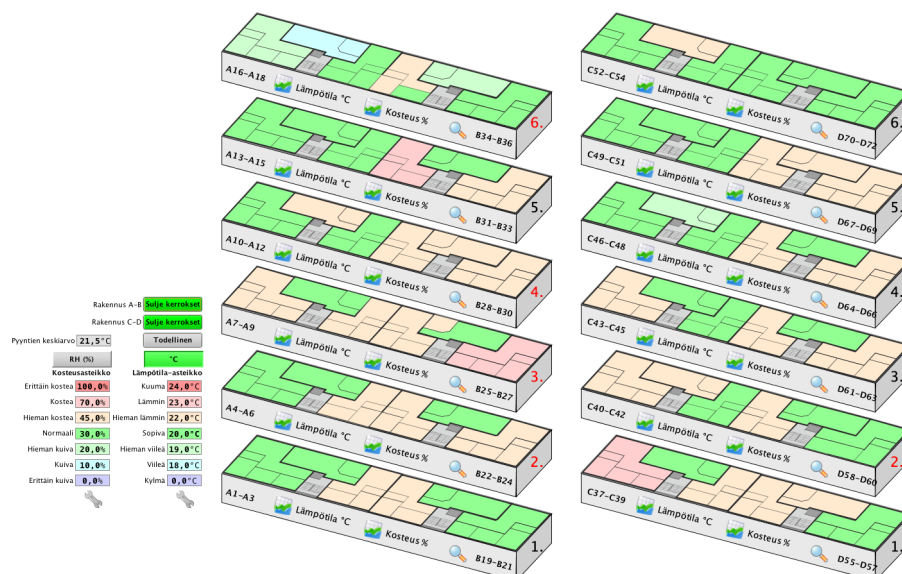
Vastaavasti sisäilman suhteellista kosteutta seurataan ja visualisoidaan taulukon 2 mukaisilla raja-arvoilla.

Väri	Kosteusalue
Erittäin kostea	Yli 90%
Kostea	70-90%
Hieman kostea	45-70%
Normaali	30-45%
Hieman kuiva	20-30%
Kuiva	10-20%
Erittäin kuiva	Alle 10%

Taulukko 2, Raja-arvot ilman suhteellisen kosteuden visualisoinneille

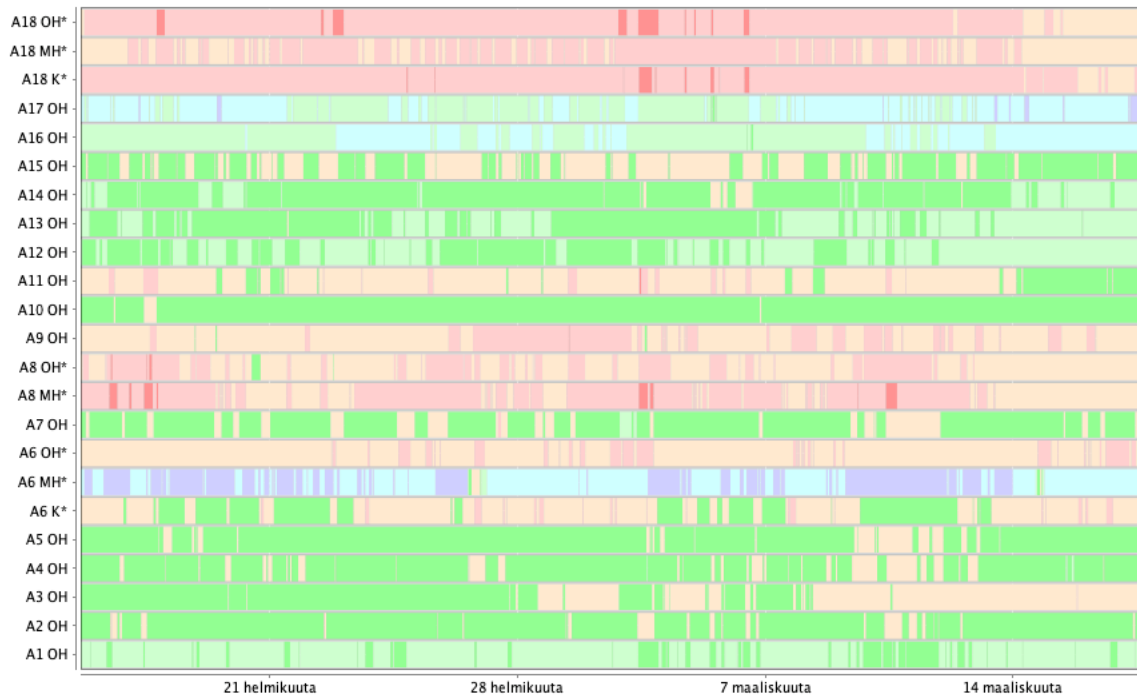
2.2 Kohde 1

Tässä kohteessa oli kaksi rakennusta, joissa molemmissa 36 asuntoa. Näistä 7 asunnossa oli älytermostaatit käytössä.

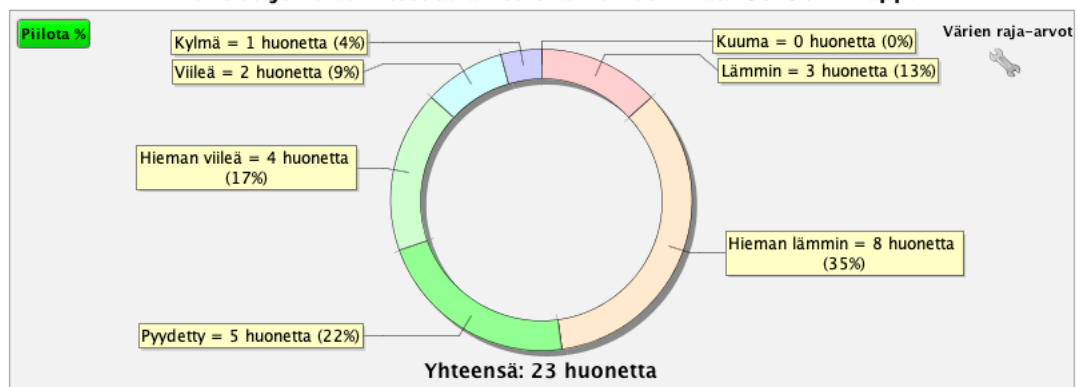


Kuva 3. Asuntojen lämpötilat 3D-mallinnettuna

Sisäilman lämpötilan pysyvyys tässä kohteessa on esitetty kuvassa 4.



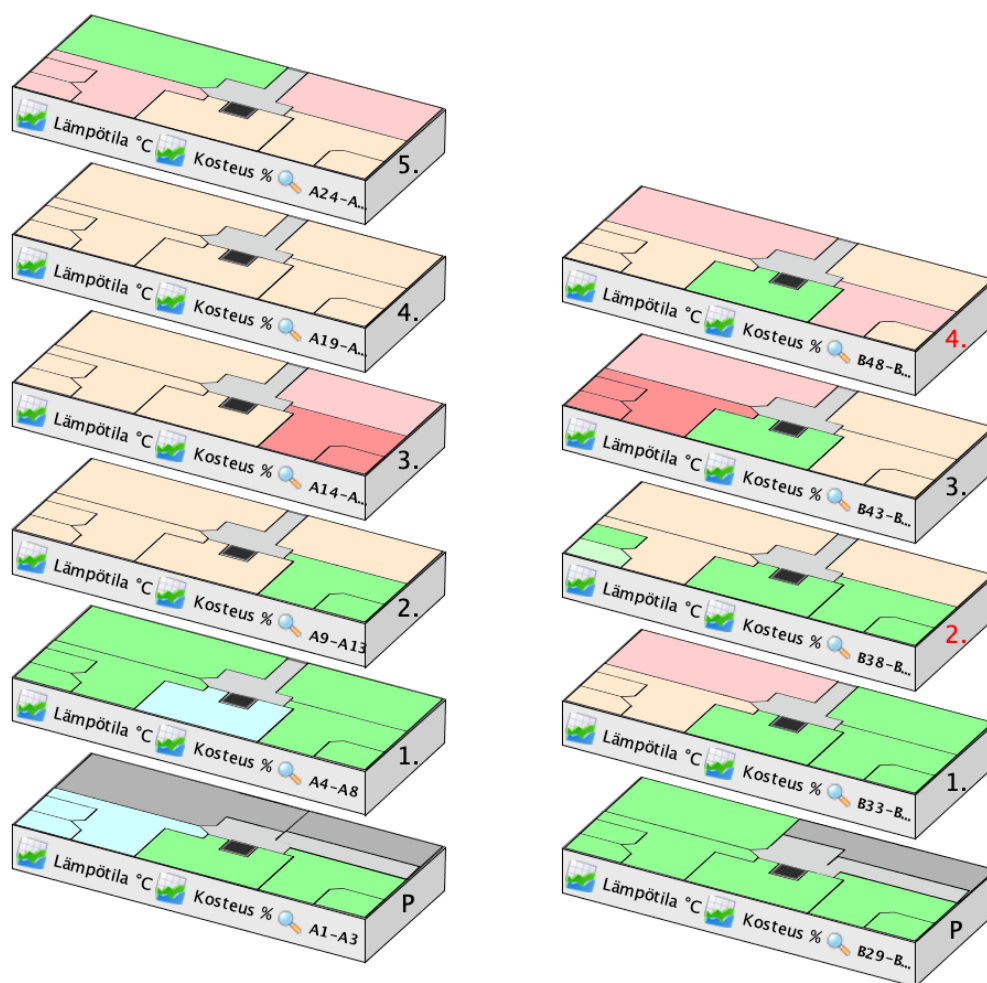
Kuva 4. Asuntojen lämpötilojen pysyvyys 30pv ajanjaksolla



Kuva 5. Yhteenvedon olosuhteiden pysyvyydestä

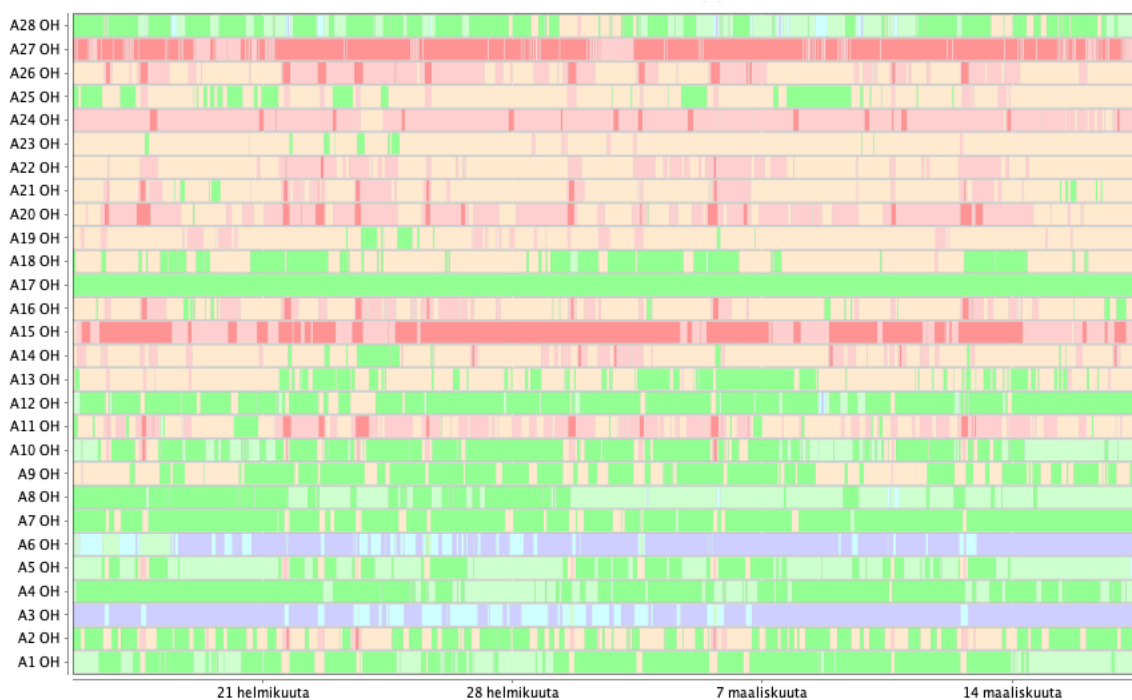
2.3 Kohde 2

Tässä kohteessa oli kaksi rakennusta, joissa molemmissa 24 asuntoa. Näistä 2 asunnossa oli älytermostaatit käytössä.

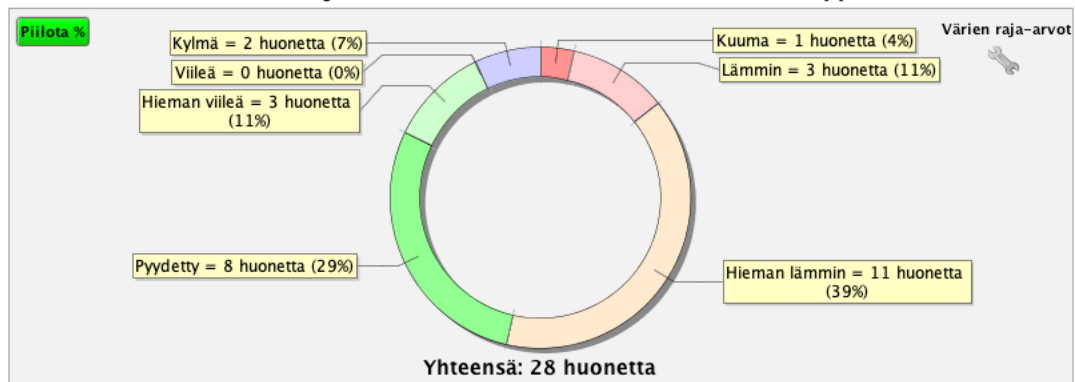


Kuva 6. Asuntojen lämpötilat 3D-mallinnettuna

Sisäilman lämpötilan pysyvyys tässä kohteessa on esitetty kuvassa 7.



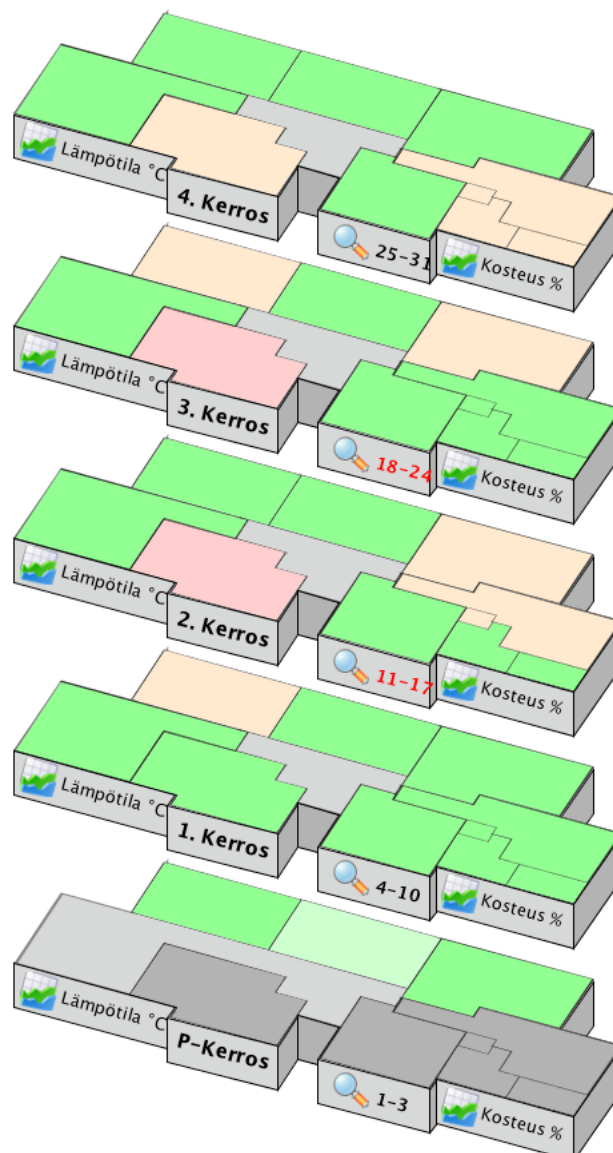
Kuva 7. Asuntojen lämpötilojen pysyvyys 30pv ajanjaksolla



Kuva 8. Yhteenvedon olosuhteiden pysyvyydestä

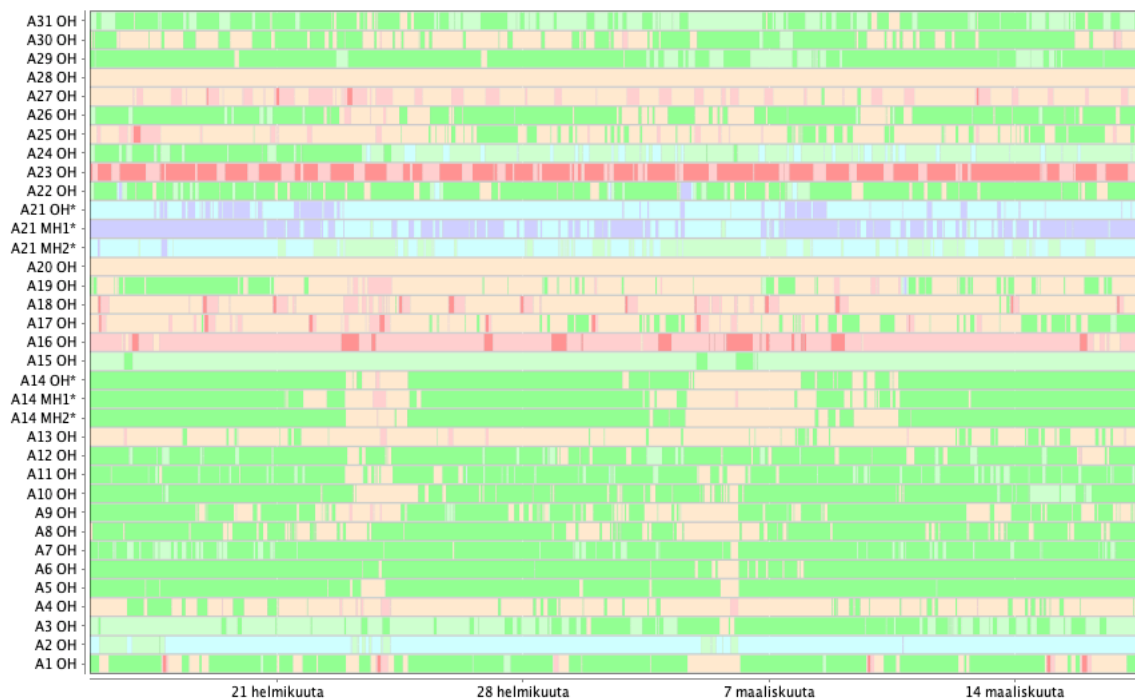
2.4 Kohde 3

Tässä kohteessa oli yksi rakennus, jossa on 33 asuntoa. Näistä 2 asunnossa oli älytermostaatit käytössä.

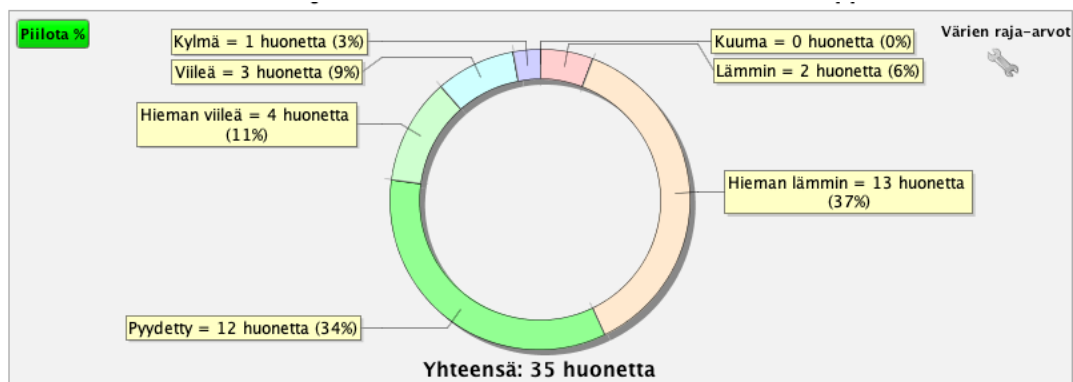


Kuva 9. Asuntojen lämpötilat 3D-mallinnettuna

Sisäilman lämpötilan pysyvyys tässä kohteessa on esitetty kuvassa 10.



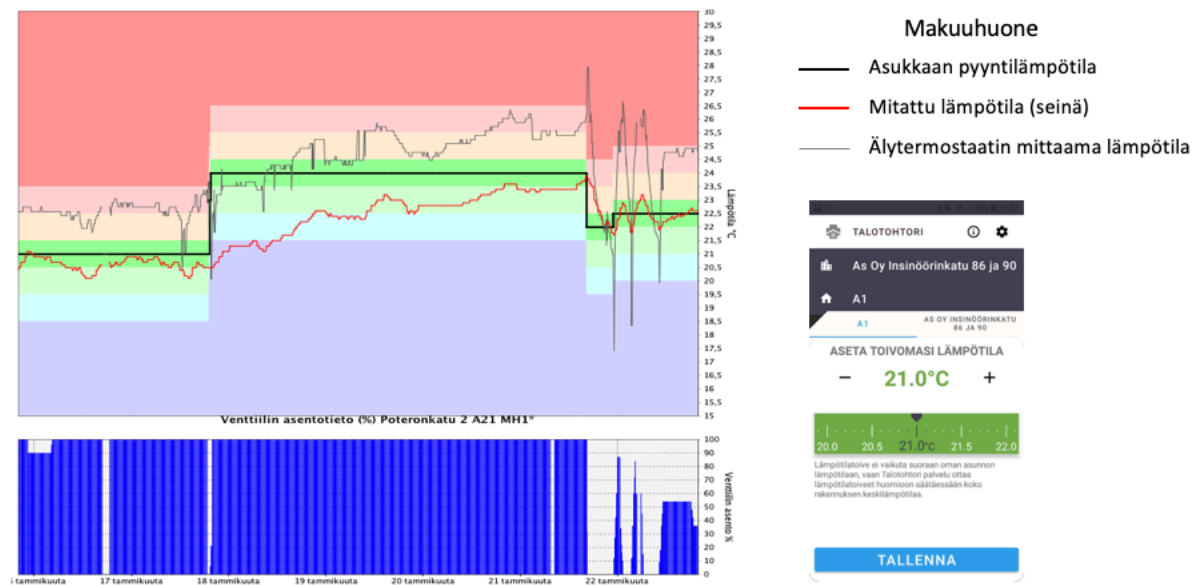
Kuva 10. Asuntojen lämpötilojen pysyvyys 30pv ajanjaksolla



Kuva 11. Yhteenvedo olosuhteiden pysyvyydestä

2.5 Asukkaiden ohjaus puhelimella

Älytermostaateilla varustetuissa asunnoissa oli mahdollista asukkaan itse vaikuttaa omiin olosuhteisiinsa. Älytermostaattien ohjaus tehtiin Talotohtori Home sovelluksella, kuvassa 12 esitetään miten asukkaan tekemät muutokset vaikuttivat ko. huoneen sisälämpötilaan.



Kuva 12. Älytermostaattiohjaus makuuhuoneessa

3 HANKKEEN TULOKSET

3.1 Resursointi ja työmäärät

Hankkeeseen nimettiin täysipäiväisesti yksi harjoittelija 4kk ajaksi sekä osa-aikaisesti 5 asiantuntijaa. Suunniteltu kokonaistyömäärä oli 1840h, toteutunut työmäärä oli 1533h (83% suunnitellusta).

Työmäärät henkilöittäin:

Nimi	Kaikki tunnit	Kiradigi-osuus
Laaksonen Oskari	1718	345 20,1 %
Oksanen Manu	1012	289 28,5 %
Rahikainen Jere	701	470 67,0 %
Rantala Tuomas	1665	27 1,6 %
Vainionpää Joonas	1716	330 19,2 %
Vehmaanperä Joonas	1656	73 4,4 %
Yhteensä	8468	1533 18,1 %

3.2 Poikkeamat hankehakemukseen

Hankkeeseen tavoiteltiin mukaan alun perin 10 asuinkerrostaloa. Jo hanketta suunniteltaessa oli kuitenkin tiedossa riski, että hankkeen rajallisen aikataulun puitteissa ja investointivaatimuksen takia ei välttämättä saada näin montaa kohdetta. Tämä riski toteutui, kun mukaan hankkeeseen saatiin mukaan vain 3 kerrostaloa.

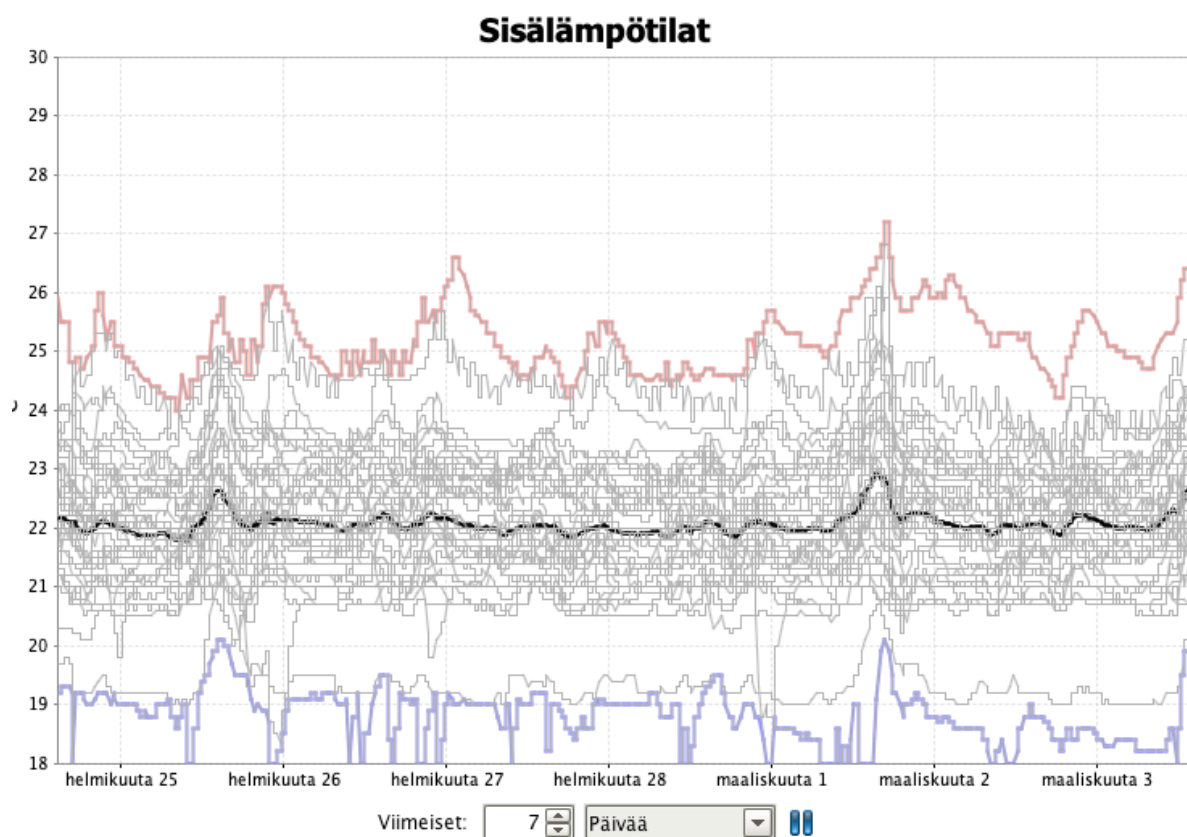
Tämä pienempi kohteiden määrä ei kuitenkaan haitannut hankkeen läpivientiä, sillä asuntojen kokonaismäärä oli riittävä ja asensimme näihin kolmeen kerrostaloon vastaavan määrän älytermos- taatteja kuin mitä suunniteltiin 10 kerrostaloon.

Tällä muutoksella oli vaikutus alihankintana ostettuun asiantuntijapalvelun (Pirkanmaan vedenkäsittely), jonka hankintaosuus laski suunnitellusta, kun vesinäytteet otettiin kolmesta kerrostalosta kymmenen sijaan.

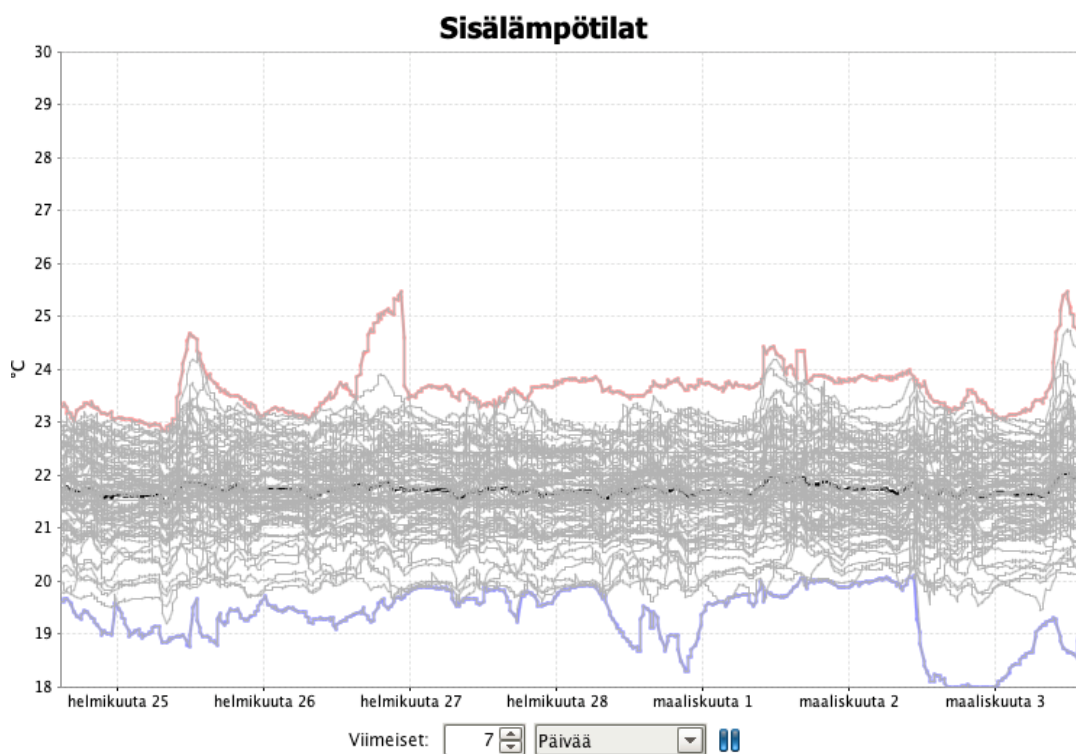
3.3 Asuntojen lämpötilat ja patteriverkoston tasapaino

Kaikkien asuntojen sisäilman lämpötilojen jatkuva seuranta auttaa ymmärtämään myös patteriverkoston tasapainotilannetta ja missä asunnoissa tasapainotukselle on tarvetta. Seurannan perusteella asuntojen sisälämpötilat vaihtelivat kohteesta riippuen 19C ja 26C välillä.

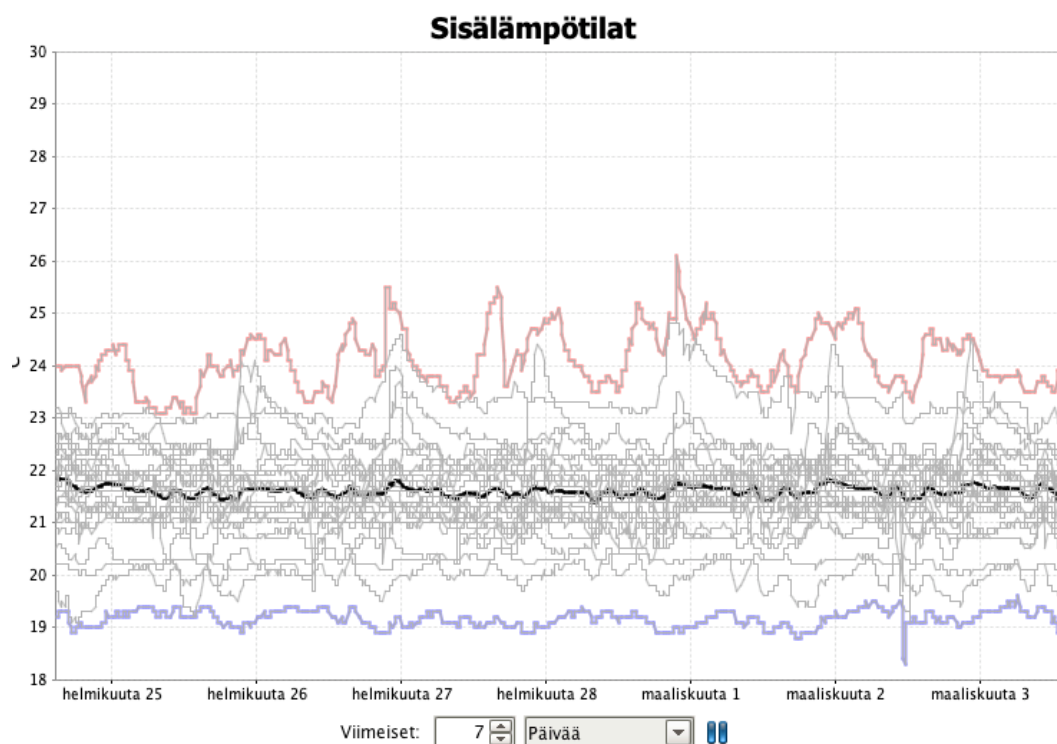
Kuvissa 13-15 on esitetty kunkin kohteen sisälämpötilojen trendihistoria 7 vrk ajalta. Punainen viiva edustaa kuuminta asuntoa ja sininen viiva kylmintä asuntoa. Musta paksu viiva on asuntojen keskilämpötila.



Kuva 13. Kohteen 1 sisälämpötilojen trendihistoria 7 vrk ajalta.



Kuva 14. Kohteen 2 sisälämpötilojen trendihistoria 7 vrk ajalta.



Kuva 15. Kohteen 3 sisälämpötilojen trendihistoria 7 vrk ajalta.

3.4 Tavoitteet ja saavutetut tulokset

Alla olevassa taulukossa on yhteenveto kokeiluhankkeen tavoitteista ja niiden toteutumisesta.

Tavoite	Toteutuma
Tavoite 1: Palvelun toimivuus huoneistotason säädön toteutumiseen Mittari: kuinka tarkasti lämpötilan säätö toteutuu (tavoite +/-1 aste)	Sisälämpötilojen keskiarvo pystyttiin pitämään selkeästi tavoitellun vaihteluvälin sisällä. Vaihteluväli voidaan saada parhaimmillaan pidettyä jopa +/- 0,3 asteen sisällä. Tämä voidaan todeta kappaleen 3.3. lämpötilatrendien mustasta keskiarvoviivasta. Asuntokohtaisessa tarkastelussa voidaan lämpötilatrendeistä todeta, että kylmimmän ja kuumimman asunnon lämpötilaero voi olla jopa 7 astetta. Tämän eron tasaaminen edellyttää patteriverkoston tasapainotustoimenpiteitä, joita ei sisältenyt tähän kokeiluhankkeeseen.
Tavoite 2: Laskentamallin toimivuus Mittari: kustannuksen jyvitys on oikeudenmukainen eri asuinhuoneistojen välillä. Oikeudenmukaisuutta arvioitaessa huomioidaan myös pilotti-kohteiden palaute.	Tätä tavoitetta ei pystytty saavuttamaan kokeiluhankkeen lyhyestä kestosta johtuen. Kokeilu päättyi kesken lämmityskauden ja mittaustuloksia sekä säätötoimenpiteitä tulisi jatkaa vähintään yhden tai jopa useamman lämmityskauden ajan, ennen kuin laskentamallia on mahdollista määrittää ja sen oikeudenmukaisuutta arvioida.
Tavoite 3: API-rajapinta valmis ja dokumentoitu sekä ja julkaistettu API:n alustalle Mittari: API rajapintaa käytetään dokumentin mukaisesti ja se toimii kuten dokumentti kuvaa.	API rajapinta julkaistiin, testattiin ja dokumentoitiin API:n alustalle.
Tavoite 4: Palvelulla saadaan merkittävää energiansäästöä Mittari: Palvelu kokonaisuutena tuottaa keskimäärin vähintään 10% säästön lämmityskustannuksiin	Tehdyt säädöt ja älykkäät algoritmit ovat pienentäneet kaukolämmön huipputehoa 20-30% ja energiankulutusta keskimäärin 5%. Energiankulutuksen lasku johtuu siitä, että sisälämpötilan keskiarvo on ollut tavoitetasoa korkeampi. Huipputehon pienentyminen laskee kaukolämmön perusmaksua, joten tavoiteltu vähintään 10% säästöä pystytään laskelmien mukaan saavuttamaan. Mittausta tulee kuitenkin jatkaa vähintään täyden lämmityskauden ajan, jonka jälkeen pystytään todellinen säästö laskemaan riittävän luotettavasti.

Asetettujen tavoitteiden lisäksi hankkeen aikana kävi ilmi, että alle 10% asukkaista olivat halukkaita itse aktiivisesti ohjaamaan asuntonsa olosuhteita ja käyttämään puhelinsovellusta. Tämä oli tavaltaan odotettua, joskin näinkin alhainen luku oli jossain määrin yllättävää, varsinkin kun palvelun käytöstä ei aiheutunut taloyhtiölle eikä asukkaille kustannuksia.

Tämän tyyppisten palveluiden kehittämisen ja kaupallistamisen näkökulmasta tämä tarkoittaa, että palveluiden tulisi toimia mahdollisimman automaattisesti ja älykkäästi taustalla ilman että asukkaan tarvitsee vaikuttaa. Ja lisäksi on hyvä, että aktiivinen osallistuminen kuitenkin on mahdollista tarjota niille asukkaille, jotka haluavat vaikuttaa.

3.5 Hankkeen viestintä

Kokeiluhankkeen edistymistä ja tuloksia on viestitetty mm. seuraavissa tapahtumissa:

- Esitys **Kiradigi 360** tilaisuudessa 21.11.2018, liite 1
- Radiohaastattelu 21.11.2018 / Kaiku Helsinki
- Puhelinhaastattelu 11.12.2018 / Motiva
- **Asuntomarkkinat 2019** Seminaari 29.1.2019
- Sosiaalisessa mediassa (LinkedIn, Facebook, Twitter)
- Kiradigi sivustolla
- Kokeilunpaikka.fi sivustolla
- Y-säätiön esitys Talotohtori asiakaspäivillä 4.3.2019, Liite 2
- Enermix Oy esitys Talotohtori asiakaspäivillä 4.3.2019, Liite 3

3.6 Havaitut haasteet ja kehityskohteet

Hankkeen aikana ilmeni mm. seuraavia haasteita:

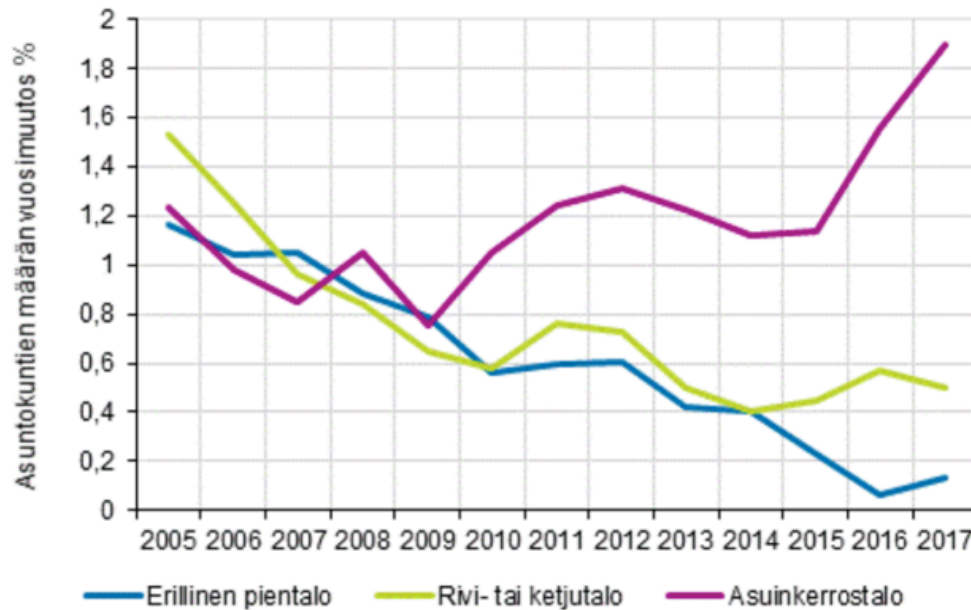
- Suuret lämpötilan vaihtelut eri asuntojen välillä, mikä vaikeutti yksilöllisen saadon toteuttamista älytermostaateilla varustetuissa asunnoissa
- Hankkeen lyhyt kesto, hanke päättyi kesken lämmityskauden
- Asukkaiden vähäinen mielenkiinto osallistua aktiivisesti uusien palveluiden käyttöön

Tulevaisuudessa vastaavantyyppisissä hankkeissa tulisi varata vähintään yksi kokonainen lämmityskausi sekä sisällyttää hankkeeseen myös patteriverkoston tasapainotustoimenpiteitä.

3.7 Kokeiluhankkeen tulosten hyödynnettävyys

Hanke osoitti, että olemassa olevissa asuinkerrostaloissa on merkittävä potentiaali asumismukavuuden parantamiselle sekä energiansäästölle. Tilastokeskuksen mukaan suomalaista 1.9 miljoonaa asuu kerrostaloasunnoissa ja kerrostaloasumisen suosio on kasvanut viimeisen kymmenen vuoden ajan, kuva 16.

Asuntokuntien määrän vuosimuutos (%) talotyypeittäin 2005–2017



Kuva 16, asuntokuntien määrän muutos (lähde: tilastokeskus)

Hankkeessa mukana olleiden kiinteistöjen omistajan Y-Säätiön kanssa on sovittu, että palvelua jatketaan samoissa rakennuksissa, tavoitteena täyttää myös Y-Säätiön asettamat omat tavoitteet tämän tyyppisille palveluille:

- Energian kulutuksen optimoinnin tuottamat kustannussäästöt.
- Asuntojen sisäilmaolosuhteet pysyvät hyvinä lämpötila-anturien mahdollistaman seurannan avulla.
- Lämmityksen hallinta helpottuu.
- Poikkeamiin ja vikatilanteisiin pystytään reagoimaan helpommin järjestelmän tuottaman datan perusteella.
- Asukkailla mahdollista seurata keskimääräistä sisälämpötilaa ja antaa palautetta sovelluksen avulla.
- Asukkailla mahdollista tulevaisuudessa vaikuttaa asunnon lämpötilaan itse

Palvelu on myös tarkoitus kaupallistaa yhden uudeksi palveluksi Enermix Oy:n Talotohtori 2.0 digitaaliossa.

4 LIITTEET

Liite 1	Esitys Kiradigi 360 tilaisuudessa 21.11.2018
Liite 2	Y-säätiön esitys Talotohtori asiakaspäivillä 4.3.2019
Liite 3	Enermix Oy esitys Talotohtori asiakaspäivillä 4.3.2019