

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Joulukuu 2021	Tekijä/tekijät Niko Peltoniemi
Koulutus Tieto- ja viestintätekniikan koulutusohjelma / Automaatio	<input checked="" type="checkbox"/> AMK <input type="checkbox"/> YAMK	
Työn nimi OLOSUHDEANALYYSI ASIANTUNTIJAPALVELUNA. IoT-anturoinnin ja BigDatan käyttö kiinteistön olosuhteiden analysointiin		
Työn ohjaaja Hannu Ala-Pönttiö	Sivumäärä 24 + 3	
Työelämäohjaaja Janne Palosaari		
<p>Opinnäytetyön tilasi Caverion Suomi OY. Toimeksiannon tarkoituksena oli kehittää uusi asiantuntijapalvelu, jonka avulla yhtiön asiakkaat voisivat hankkia lisätietoa kiinteistöjensä kunnosta sekä vallitsevista sisäilmaolosuhteista. Kehitettyyn palveluun sisältyvät tiedonkeruu asiakkaan kiinteistöstä, tiedon analysointi sekä raportointi asiakkaalle. Tiedot kerättiin langattomilla IoT-antureilla pilvipohjaiseen Caverion SmartView -palveluun johon asiakkaalla on myös pääsy. Tarve asiantuntijapalvelun kehittämiseen on ilmeinen koska vain harvoilla asiakkailla on resursseja tutkia palveluun kerättävää tietoa riittävällä tasolla, eikä opinnäytetyön tilaajalla ole vielä tämänkaltaista palvelua.</p> <p>Palvelu kehitettiin yhteistyössä yhtiön Caverion Suomi Oy:n Kokkolan toimipisteen automaatiohuoltopäällikön, Pohjois-Suomen myyntipäällikön sekä SmartView-palvelun tuotepäällikön ja asiakkaiden kanssa. Heidän asiantuntemuksensa asiakkaiden tarpeista ja toiveista sekä SmartView -palvelun mahdollisuuksista oli erittäin tärkeää tämän palvelun kehityksessä.</p> <p>Opinnäytetyön tietopohjaa varten on tutkittu sisäilman epäpuhtauksien ja ilmiöiden vaikutusta käyttäjiin ja talotekniikan mahdollisesti aiheuttamia ongelmia. Tutustuttiin myös Caverion SmartView:in tarjoamiin mahdollisuuksiin sekä työkaluihin.</p> <p>Käytännön osuudessa tutkittiin Caverion Suomi Oy:n asiakkaiden kiinteistöistä kerättyjä tietoja, sekä etsittiin ilmiöille ja ongelmille mahdollisia selityksiä etsimällä syy-seuraussuhteita. Näitä edellä mainittuja korrelaatioita pystyttiin löytämään. Tämän ansiosta saatiin kehitettyä asiantuntijapalvelu, jolle on selkeä tarve.</p> <p>Opinnäytetyö sisältää salatun liiteosan.</p>		
Asiasanat Analysointi, Asiantuntijapalvelu, Big Data, IoT, Pilvipalvelu, Sisäilmaolosuhteet, Talotekniikka, Tuotekehitys		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date December 2021	Author Niko Peltoniemi
Degree programme Information technology / Automation		
Name of thesis CONDITION ANALYSIS AS AN EXPERT SERVICE. Using IoT-sensors and big data to analyze building's indoor conditions		
Centria supervisor Hannu Ala-Pöntiö	Pages 24 + 3	
Instructor representing commissioning institution or company Janne Palosaari		
<p>The thesis was commissioned by Caverion Suomi OY. The purpose was to develop a new expert service that would enable the company's customers to obtain additional information about the condition of their properties and the prevailing indoor air conditions. The developed service includes data collection on the customer's property, data analysis and reporting to the customer. The data was collected with wireless IoT sensors in the cloud-based Caverion SmartView service, to which the customer also has access. The need to develop an expert service is obvious because only a few clients have the resources to study the information collected in the service at a sufficient level, and the commissioner of the thesis does not yet have such a service.</p> <p>The service was developed in co-operation with Caverion Suomi Oy Kokkola office's automation service manager, Northern Finland sales manager, the product leader and customers of the SmartView service. Expertise in customer needs and desires, as well as the capabilities of the SmartView service, was vital in the development of this service.</p> <p>For the information base of the thesis, the effect of indoor air pollutants and phenomena on users, as well as the possible problems caused by building systems was studied. The possibilities and tools offered by Caverion SmartView were also explored.</p> <p>In the practical part, the data collected from Caverion Suomi Oy customers' properties were examined, and possible explanations for the phenomena and problems were sought by looking for cause-and-effect relationships. Indeed, these above-mentioned correlations could be found. This led to the development of an expert service for which there is a clear need.</p> <p>Thesis contains secret attachments.</p>		

<p>Key words Analysis, big data, building systems, cloud service, expert service, indoor conditions, IoT, product development</p>
--

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

BIG DATA

Massadata, erittäin suuri määrä järjestelemätöntä ja jatkuvasti lisääntyvää dataa.

IOT

Internet of things, esineiden internet.

PILVIPALVELU

Internetin kautta palveluna tarjottava tallennustila, sovellus tai muu virtuaalinen resurssi.

ppm

Mittayksikkö, miljoonasosa.

ppb

Mittayksikkö, miljardisosa.

SIGFOX

Pienten datamäärien siirtoon suunniteltu IoT-verkko.

TVOC

VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuus.

VOC

Volatile organic compound, haihtuvat orgaaniset yhdisteet. Kiehumispiste on alle 250 °C ja höyrynpaine lämpötilassa 20 °C on 0,01 kPa tai enemmän.

**TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS**

1 JOHDANTO	1
2 KIINTEISTÖN KUNTO JA OLOSUHTEET	3
2.1 Iot-anturit	4
2.1.1 Lämpötila-anturi TE	5
2.1.2 Hiilidioksidi-anturi CO₂	6
2.1.3 Paine-ero anturi PE	6
2.1.4 Ilmanlaatu-anturi IAQ	7
2.1.5 Hiukkan-anturi PM	7
2.1.6 Suhteellinen kosteus	7
2.2 Big data	8
3 CAVERION SMARTVIEW	9
3.1 Olosuhteiden seuranta	10
3.2 Kaavio -työkalu	13
3.2.1 Vertailut	13
3.2.2 Korrelaatiot	14
4 OLOSUHTEIDEN ANALYSOINTI ASiantuntijapalveluna	15
4.1 Kohderyhmä	15
4.2 Kohdekäynti	15
4.3 Seurantajakso	15
4.4 Raportointi	16
4.5 Tulosten esittely	16
5 ESIMERKKEJÄ LÖYDÖKSISTÄ	17
5.1.1 Tila 1	17
5.1.2 Tila 2	18
5.1.3 Tila 3	20
5.1.4 Tila 4	23
6 POHDINTA	24
LÄHTEET	25

KUVAT

KUVA 1. Pienhiukkas- ja TVOC -anturit	5
KUVA 2. Portfolion etusivu	9
KUVA 3. Rakennuksen perusnäky	10
KUVA 4. Kerrokset -näky anturitietoineen	11
KUVA 5. Olosuhteet -näky anturilistausta	11
KUVA 6. Lämpötila-anturin trendi	12
KUVA 7. Mittauspisteen hälytyksen asetus	12
KUVA 8. Päärakennuksen lämpötilavertailu	13

KUVA 9. Korrelaatio TVOC- ja hiilidioksidipitoisuuksien välillä	14
KUVA 10. Trendi tilan 1 TVOC-anturoinnista	17
KUVA 11. Etätyöskentelyn vaikutus TVOC-päästöihin	18
KUVA 12. Trendi tilan 2 paine-eron anturoinnista	18
KUVA 13: Trendi tilan 2 pienhiukkasten anturoinnista	19
KUVA 14. Kaavio tilan 2 pienhiukkasten esiintyvyydestä verrattuna paine-eroon	19
KUVA 15. Trendi tilan 3 paine-eron anturoinnista	20
KUVA 16. Kaavio käyttäjien yhteydestä TVOC-päästöjen nousuun.....	21
KUVA 17. Todettu korrelaatio paine-eron ja TVOC-päästöjen välillä	21
KUVA 18. Paine-eron käyttäytyminen tilassa 3 kokeen aikana	22
KUVA 19. Tilojen 2 ja 3 paine-erojen korrelointi	22
KUVA 20. Tilan 4 ilmanvaihdon sulkemisen vaikutus TVOC-päästöihin	23

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Caverion Suomi Oy. Caverion on perustettu 2013, kun kiinteistö- ja teollisuuspalvelut irtaantuivat YIT:stä omaksi konsernikseen. Vaikka konsernina Caverion on melko tuore, ulottuvat sen juuret kuitenkin 1800-luvulle ja Suomessakin osana YIT-konsernia vuoteen 1912. Caverion on kasvanut voimakkaasti sekä orgaanisesti että yritysostojen kautta; vesihuollon ratkaisujen toimittajasta on kasvanut merkittävä toimija, joka suunnittelee, toteuttaa, huoltaa ja ylläpitää teknisiä ratkaisuja kiinteistölle, infrastruktuurille ja teollisuuslaitoksille ja nämä ratkaisut ovat sekä käyttäjäystävällisiä että energiatehokkaita. (Caverion 2021.) Caverion-konserni työllisti vuonna 2020 noin 15 000 henkeä, liikevaihdon ollessa noin 2,15Mrd€.

Toimeksiannon tavoitteena oli kehittää asiantuntijapalvelu, jota käyttämällä Caverion Suomi Oy:n asiakkaat voisivat helposti selvittää kiinteistöjensä sisäilmaolosuhteet ja mahdolliset talotekniset ongelmakohdat. Käyttämällä langattomia olosuhdeantureista Caverionin SmartView-pilvipalveluun kerätävää mittaustietoa voidaan analysoida kiinteistön olosuhteita, seurata kuinka esimerkiksi ilmastoinnin aikaohjelmien muutokset vaikuttavat sisäilman ominaisuuksiin pitkällä aikavälillä, optimoida olosuhteita ja havaita mahdollisia ongelmia tai kehityskohteita talotekniikassa.

Caverion SmartView-palvelu on otettu käyttöön vuonna 2019, mutta se on kehitetty aiempien järjestelmien pohjalle. Palveluun voidaan liittää langattomien IoT-antureiden lisäksi myös kiinteästi kaapeloituja antureita muista kiinteistön automaatiojärjestelmistä. Smartview on itsessään melko tuore palvelu, ja sitä kehitetään jatkuvasti kuten mitä tahansa muutakin ohjelmistoa. Käyttäjiltä saatava palaute ja parannusehdotukset ovatkin tärkeitä tulevaisuuden toiminnallisuuden kannalta. SmartView-palvelun käyttäjiin kuuluvat kiinteistöjen omistajat ja heidän mahdolliset kiinteistön ylläpitoon palkatut henkilönsä. Vaikka kiinteistön huoltoon ja ylläpitoon olisi palkattu kohteen tunteva talotekniikan ammattilainen, ei tällä henkilöllä yleensä ole resursseja tutkia kiinteistöstä saatavaa tietoa sillä tasolla, että voitaisiin tehdä oikean suuntaisia johtopäätöksiä ja ohjausliikkeitä talotekniikan toimivuudesta suhteessa sisäilmaan ja energian kulutukseen.

Usein olosuhteista johtuviin ongelmiin reagoidaan vasta kun käyttäjiltä saatava palaute alkaa osoittaa merkkejä vakavammista ongelmista. Seuraamalla kiinteistön kuntoa ja keräämällä tietoa olosuhteista voidaan ennakoida mahdollisia tulevia ja kehittyviä ongelmia jo ennen kuin käyttäjät alkavat reagoida tai oireilemaan tai kiinteistön kunto alkaa kärsiä. Kiinteistöissä on edelleen talotekniikkaa, josta

ei saada riittävästi anturoitua mittaustietoa ja tämän vuoksi tilanne saattaa näyttää kiinteistövalvomosta käsin normaalilta, vaikka tilanne vaatisi toimia. Tällaista talotekniikkaa ovat esimerkiksi palopellit. Vaikka nykyaikaiset toimilaitteet mahdollistavat takaisinkytkennän kautta saatavan tilatiedon laitteen toiminnasta, on ne usein jätetty kytkemättä. Kun takaisinkytkentää ei ole kaapeloitu, ei myöskään saada tietoa mahdollisista vikatilanteista. Mikäli esimerkiksi tuloilmakoneen suodattimen yli ei ole asennettu paine-ero-anturia, ei myöskään saada tietoa puhaltimen toiminnasta. Tämän seurauksena voi ohjaamossa näkyvä tieto osoittaa tuloilmakoneen olevan toiminnassa, vaikka puhaltimen ja moottorin välinen kiilahihna olisi katkennut aiheuttaen puhaltimen pysähtymisen. Mittaamalla paine-ero kiinteistön sisäilman ja ulkoilman välillä voidaan todeta ilmanvaihdon toiminta.

2 KIINTEISTÖN KUNTO JA OLOSUHTEET

Kiinteistön omistajan velvollisuuksiin kuuluu tietää kiinteistön kunto. Tapoja kunnan seuraamiseen on monia, esimerkiksi tietyin väliajoin tehtävät kiinteistökatselmukset ja tarvekartoitukset kunnossapitoa silmällä pitäen. Kiinteistön käyttäjiltä saatava palaute on hyvä tapa saada tietoa vallitsevista olosuhteista. Tällaiset käyttäjiltä saadut havainnot täytyy kuitenkin varmistaa mittaustiedoilla, mikäli kyseessä on jokin mitattava suure ennen järjestelmiin tehtäviä säätöjä. Mikäli käyttäjäpalautetta ei kerätä kyselyillä riittävän usein säännöllisin väliajoin, on tärkeää varmistaa, että käyttäjillä on tieto siitä, mihin tai kenelle voi antaa palautetta tilojen kuntoon ja olosuhteisiin liittyen. Hyvä ratkaisu onkin määrätä vastuuhenkilö, jonka kautta kaikki tällainen viestintä kiinteistönomistajan ja kiinteistönhoidon suuntaan tapahtuu. (Terveet tilat 2028 -toimintamalli.)

Kiinteistön kunnan ja olosuhteiden kannalta on tärkeää, että rakennuksen teknistä kuntoa seurataan aktiivisesti ja toteutetaan myös ennakoivaa huoltoa talotekniikalle ja siihen liittyville toimilaitteille. Tällaisella ennakoivalla huollolla voidaan ehkäistä paitsi talotekniikkaan liittyviä ongelmia, myös ylläpitää hyviä sisäilmaolosuhteita, jotka vaikuttavat paitsi käyttäjien viihtyvyyteen, tuottavuuteen ja terveyteen niin myös rakennuksen terveyteen. (Terveet tilat 2028-toimintamalli.) Ennakoivalla huollolla ja selkeällä viestinnällä luodaan myös luottamusta kiinteistön käyttäjien suuntaan. Pysymällä ajan tasalla talotekniikan tilasta voidaan saavuttaa myös suuria rahallisia säästöjä. Kun suoritetaan huollot ennakoivasti, voidaan sekä pidentää laitteiden elinkaarta että säästyä laiterikkojen aiheuttamilta kalliilta hankinnoilta.

Olosuhdeseuranta voidaan toteuttaa asentamalla tiloihin erilaisia antureita olosuhteiden mittaamista varten. Tällaisilla antureilla voidaan seurata esimerkiksi lämpötilaa ja kosteutta, paine-eroa kuoren yli, haihtuvia orgaanisia yhdisteitä eli VOC-päästöjä, tai vaikka pienhiukkasia. Tällaisilla mittauksilla voidaan jo saada varsin kattava kuva sisäilmaolosuhteiden terveydelle asettamista riskeistä (Terveet tilat 2028 -toimintamalli) ja kiinteistön kuntoon ja elinkaareen vaikuttavista ilmiöistä. Perinteisesti tällaiset anturit ovat olleet kiinteästi asennettuja ja osa rakennusautomaatiota, mutta nykyaikaiset langattomat akkuvirralla toimivat IoT-anturit kytkettynä pilvipalveluun mahdollistavat kustannustehokkaan tavan seurata kiinteistön olosuhteita riippumatta rakennuksen iästä, koosta, olemassa olevista järjestelmistä tai sijainnista. Langattomat anturit eivät yleensä vaadi rakenteiden rikkomista joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta ja näin ollen ne soveltuvat myös kohteisiin, joihin ei haluta esimerkiksi esteettisistä syistä rakentaa kaapelointia tai se on muuten työlästä.

Ilmanvaihdon toimivuus luo pohjan sisäilmaolosuhteiden terveellisyydelle ja turvallisuudelle (Terveet tilat 2028-toimintamalli). Ilmanvaihdon lisäksi myös esimerkiksi rakenteiden tiiveys ja tilojen käyttötapa vaikuttavat kiinteistön terveyteen, olosuhteisiin ja kustannustehokkuuteen. Ilmanvaihtoa tehostamalla tai lämmitystä säättämällä voidaan toki parantaa olosuhteita näennäisesti, mutta näin toimittaessa hoidetaan ainoastaan oireita ja todelliset syyt ongelmiin ovat edelleen olemassa.

Olosuhteille on määritelty raja-arvot sisäilmaluokituksessa, ja ne otetaan huomioon jo kiinteistön suunnittelu- ja rakennusvaiheessa. Luokkia on kolme: S1. Yksilöllinen sisäilmasto on korkein luokitus. Tätä S1-luokitusta käytetään silloin kun tiloilla on jokin sellainen käyttötarkoitus, joka vaatii tarkasti hallittavissa olevia olosuhteita, kuten esimerkiksi laboratoriot. Yleisin käytetty luokka on S2. Hyvä sisäilmasto. S2-luokitus asettaa tavoitteet sisäilmastolle, jossa sisäilman laatu on hyvä eikä ilmassa ole häiritseviä hajuja. Kesäpäivinä on mahdollista, että tilat ovat tavallista lämpimämmät mutta vetoa ei yleensä esiinny. Myös valaistus- ja ääniolosuhteet ovat käyttötarkoituksen mukaiset. S3. Tyydyttävä sisäilmasto on luokituksen alin luokka. Tässä S3-luokassa vaatimuksena on lähinnä täyttää terveys- ja suojelulain asettamat vähimmäisvaatimukset ja maankäyttö- ja rakennuslain nojalla annetut säädökset. (Sisäilmastoluokitus 2018, 5.)

2.1 Iot-anturit

IoT eli Internet of Things tai esineiden internet tarkoittaa yleisesti kaikenlaisia internetiin liitettyjä laitteita ja esineitä. Tällaisia voivat olla esimerkiksi jääkaappi, auto tai kahvinkeitin, jotka voivat lähettää tai vastaanottaa tietoa internet-yhteyden kautta. Laitteet kommunikoivat joko käyttäjän kanssa tai keskenään. Esineiden internetiin voidaan yhdistää myös erilaisia, ympäristöään eri tavoin havainnoivia antureita, jotka lähettävät tietoa ympäristöstään erilaisiin tietokantoihin, pilvipalveluihin tai etävalvomoihin. Tällaisten antureiden keräämää tietoa on käytetty, tutkittu ja analysoitu tässä opinnäytetyössä. Anturien tuottaman tiedon perusteella voidaan tehdä päätelmiä kiinteistön tilasta, energiatehokkuudesta ja sisäilmaolosuhteista.

Tässä opinnäytetyössä käytetyt anturit ovat Sigfox-verkossa toimivia, langattomia sekä akkukäyttöisiä. Antureiden ominaisuudet vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan. Käytetyille antureille yhteisiä ominaisuuksia ovat viiden vuoden akunkesto ja langaton tietoliikenne. Oletuksena anturit lähettävät tietoa

pilvipalveluun 30 minuutin välein, mutta mittausväliä on mahdollista lyhentää akun keston kustannuksella jopa kymmeneen minuuttiin. Mittausvälistä johtuen anturit soveltuvatkin parhaiten juurikin big data -tyyppiseen tiedonkeruuseen ja trendien seuraamiseen, mutta kuitenkin esimerkiksi lämpötilaseurannan toteutus hälytyksineen onnistuu myös luontevasti. Anturivalikoimasta löytyy tuotteet lämpötilan, kosteuden, hiilidioksidin, paine-eron, orgaanisten kaasujen ja pienhiukkasten mittaamiseen ja näiden lisäksi löytyy liiketunnistin sekä 0-10V:n tai 4-20mA:n anturiviestiä mittaava tuote. Mikäli kiinteistö sijaitsee Sigfox-verkon ulkopuolella, on mahdollista käyttää ethernet- tai 4G-yhteyttä tukiaseman kautta. Kuten kuvasta 1 voidaan todeta, käytettävät anturit ovat ulkomuodoltaan hyvin pelkistettyjä, valkoisia kappaleita, jotka ovat tavanomaisessa toimistoympäristössä hyvin huomaamattomia.



KUVA 1. Pienhiukkas- ja TVOC-anturit

2.1.1 Lämpötila-anturi TE

TE-anturi mittaa lämpötilan lisäksi myös suhteellisen ilmakehän kosteuden. Lämpötila ilmaistaan asteina celsiusta. Lämpötila on yleisin tiloista mitattava suure. Lämpötilan vaikutus työskentelyolosuhteisiin on kiistaton, mutta silti varsin riippuvainen henkilökohtaisista mieltymyksistä. Lämpötilalle on määritetty Sisäilmastoluokituksessa raja-arvot, joiden mukaan sisäilmasto tulisi rakentaa. Lämpötilaan ja sen tuntemiseen voidaan vaikuttaa lämmityksen ja ilmanvaihdon säädöillä.

2.1.2 Hiilidioksidi-anturi CO₂

CO₂-anturi mittaa hiilidioksidipitoisuuden lisäksi myös sekä lämpötilan että suhteellisen ilmankosteuden. Hiilidioksidi ilmaistaan suhdelukuna ppm, eli miljoonasosina. Hiilidioksidia muodostuu tutkittaviin tiloihin käyttäjien uloshengityksestä, mutta suurin osa on silti peräisin ulkoilmasta. Ulkoilman hiilidioksidin taso vaihtelee maantieteellisestä sijainnista riippuen hieman, mutta yleisesti taso on noin 400 ppm. Hiilidioksidin pitoisuus sisäilmassa toimii mittarina riittävälle ilmanvaihdolle. (Sisäilmayhdistys ry 2008.) Korkea hiilidioksidipitoisuus sisäilmassa ilmenee usein tunkkaisuutena. Korkea pitoisuus sisäänhengitysilmassa voi aiheuttaa esimerkiksi väsymystä, päänsärkyä ja työtehon alenemista (Valvira 2016). Sisäilmastoluokituksessa on määritelty hiilidioksidille raja-arvot suhteessa ulkoilman tasoon ja tämän lisäksi on myös viranomaispäätös, jonka mukaan on määritelty tyydyttävän sisäilman sisältävän alle 1500 ppm hiilidioksidia (Sisäilmayhdistys ry 2008).

2.1.3 Paine-ero anturi PE

PE-anturi mittaa paine-eron lisäksi myös lämpötilan. Laitteessa on kaksi mittayhdettä, joiden välillä vallitsevaa paine-eroa anturi mittaa. Tulos ilmaistaan Pascaleina. Paine-ero mitataan rakennuksen kuoren yli, eli niin että mittapäistä toinen viedään rakennuksen ulkokuoren läpi ulkoilmaan, toisen mittapään jäädessä anturoitavaan tilaan. Paine-ero muodostuu ilmanvaihdon vaikutuksesta. Tuulisella säällä mittatietoon voi muodostua jonkin verran häiriötä riippuen mittapään sijoituksesta. Kuurola (2016, 25) toteaa diplomityössään, että kuoren yli mitatun paine-eron tulisi olla normaalikäytössä, eli asuin-, toimisto- ja koulurakennuksissa, lievästi alipaineinen ulkoilmaan nähden. Lievällä alipaineella estetään sisäilman kosteuden aiheuttamat kosteusvauriot rakenteissa sekä mahdolliset mikrobien aiheuttamat terveyshaitat. Koska rakennuksen ollessa alipaineinen ulkoilmaan nähden kulkeutuu rakenteiden läpi epäpuhtauksia sisäilmaan vuotoilmojen mukana, alipaine ei yleensä saisi olla suurempi kuin 30 Pa (Kuurola 2016, 32–33). Nämä epäpuhtaudet voivat olla esimerkiksi mikrobeja, niiden aineenvaihduntatuotteita tai erikokoisia partikkeleita. Rakennuksen ollessa ylipaineinen sisäilmassa olevat epäpuhtaudet ja kosteus taas vastaavasti kulkeutuvat rakenteisiin ja aiheuttavat mahdollisuuden kosteusvaurioille.

2.1.4 Ilmanlaatu-anturi IAQ

IAQ-anturi mittaa TVOC-päästöjen lisäksi lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Päästöt ilmaistaan suhdelukuna ppb, eli miljardiosina. VOC-päästöt, eli orgaaniset haihtuvat yhdisteet, ovat kaasuja ja liuotimia. Erilaisia yhdisteitä on satoja, ja niitä päätyy sisäilmaan lukuisista eri lähteistä. VOC-päästöt ovat pääasiassa peräisin rakennus- ja sisustusmateriaaleista. Päästöjä aiheutuu muun muassa siivouksessa käytettävistä puhdistuskemikaaleista, kalusteiden puunsuoja-aineista, kankaiden palonestoaineista sekä hygieniatuotteista ja kosmetiikasta. TVOC-arvo on näiden VOC-päästöjen kokonaismäärä. TVOC-päästöille ei ole olemassa hyväksyttyä raja-arvoa lain puitteissa, mutta suosituksia on olemassa. Työturvallisuuslaitos ja Sisäilmayhdistys Ry ovat ottaneet kantaa TVOC-pitoisuuksien hyväksyttävään tasoon käyttötarkoitukseltaan erilaisiin tiloihin liittyen. Käyttäjät aistivat TVOC-päästöt yleensä hajuina, mutta pitoisuuksien noustessa voi ilmetä myös silmien limakalvoihin liittyviä oireita tai päänsärkyä tilojen käyttäjillä. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

2.1.5 Hiukkas-anturi PM

PM-anturi mittaa sen läpi kulkevan ilman sisältämät hiukkaset ja pienhiukkaset, lämpötilan ja suhteellisen kosteuden. Mitattavat hiukkaset jaotellaan kolmeen kokoluokkaan, jotka ovat 10 µm, 2,5 µm ja 1 µm. Hiukkasten määrä ilmaistaan muodossa µg/m³. Suurimmat mitattavat hiukkaset vastaavat fyysiseltä kooltaan pölyä. Kaksi pienempää luokitusta ovat pienhiukkasia, jotka voivat aiheuttaa ihmisen elimistöön päästessään suurina pitoisuuksina terveysongelmia. 2,5 µm pienhiukkaset kertyvät keuhkoihin, ja pienimmät 1 µm pienhiukkaset imeytyvät verenkiertoon. Hiukkasia kulkeutuu sisäilmaan käyttäjien mukana ja rakennuksen rakenteissa mahdollisesti käytetyistä materiaaleista.

2.1.6 Suhteellinen kosteus

Suhteellisen kosteuden mittaukselle ei ole erillistä laitetta, vaan mittaus sisältyy useiden muiden anturien mittauksiin. Suhteellinen kosteus, eli RH%, on vallitsevassa lämpötilassa sisäilmaan sitoutunut vesihöyry prosenttiosuutena määrästä, joka vaaditaan kosteuden tiivistymiseksi pinnoille. Suhteelliseen kosteuteen vaikuttaa vesihöyryn lisäksi ilman lämpötila. Korkeammassa lämpötilassa saturaaion aiheuttaman vesihöyryn määrä kasvaa. Suhteellinen kosteus on riippuvainen ilmanvaihdon toiminnasta. Yleensä suhteellinen kosteus pyritään pitämään 20 %RH ja 70 %RH välillä. Mikäli suhteellinen

kosteus laskee liian alas, alkaa käyttäjillä ilmetä oireilua kuivasta sisäilmasta johtuen. Mikäli suhteellinen kosteus vastaavasti nousee liian korkeaksi, nousee myös kosteusvaurioiden riski pinnoilla ja rakenteissa.

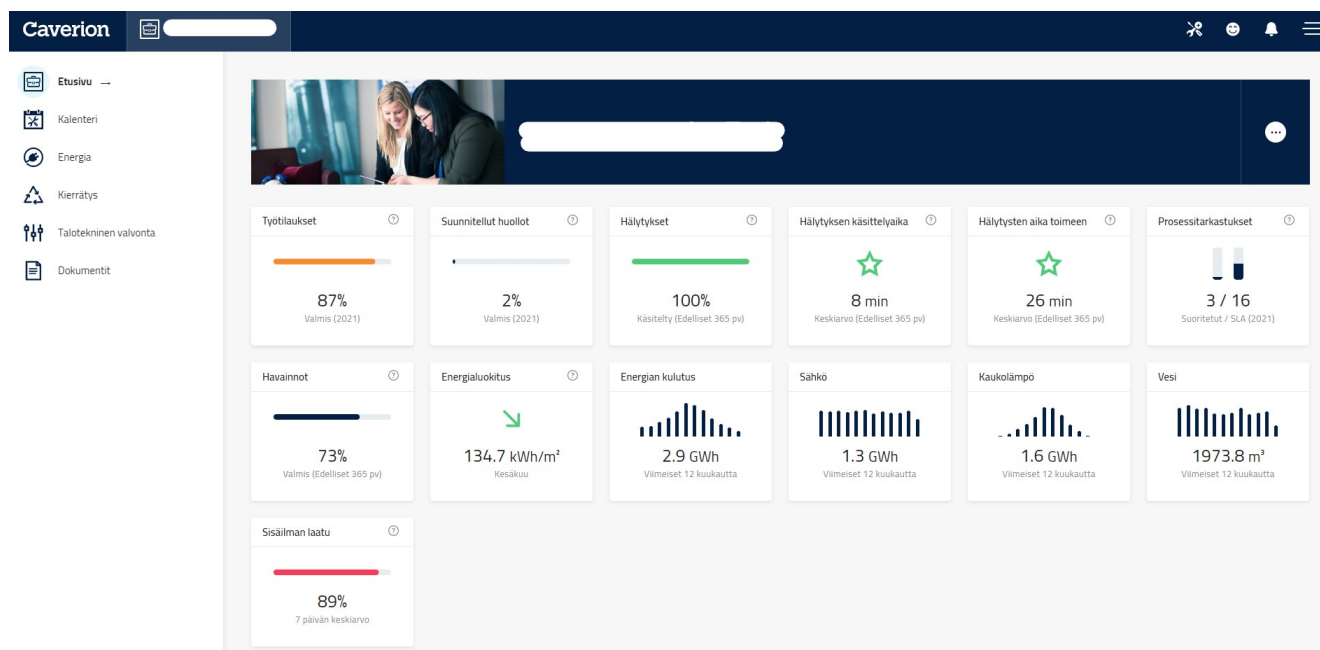
2.2 Big data

Big data käsitteenä ei ole yksiselitteinen, vaan sen määritelmä riippuu asiayhteydestä: esimerkiksi supermarketin asiakasmäärä suhteutettuna kellonaikaan tai jäteastian täyttymisaika on big dataa. Myös anturitieto pienhiukkasten määrästä sisäilmassa tietyllä aikavälillä on big dataa. Kerättyä tietoa yhdistelemällä ja vertailemalla voidaan analysoida olosuhteita ja tehdä päätelmiä. Tietoa kerätään jokin tietty ajanjakso tai jatkuvasti, ja sen perusteella tehdyt johtopäätökset perustuvat usein toistuvaan kaavaan tai kehityssuuntaan, usein yhdistettynä johonkin toiseen tietoon, mutta eivät koskaan reaaliaikaiseen hetkelliseen mittaustietoon. Tässä opinnäytetyössä big datalla tarkoitetaan IoT-antureista kerättävää tietoa, jota tallennetaan Caverion Smartview -palveluun jatkuvasti.

3 CAVERION SMARTVIEW

Caverion SmartView on varsin kattava verkkopalvelu, joka kokoaa yhteen kaiken kiinteistöistä saatavan ja asiakkaan palveluun tuottaman tiedon ja tämän ansiosta käyttäjä voi seurata kiinteistöjensä olosuhteita, taloudellisuutta, ympäristön kuormitusta sekä esimerkiksi sähköistä huoltokirjaa. Tässä opinäytetyössä käsitellään Caverion Smartview -palvelua kehitettävän palvelun vaatimassa laajuudessa. IoT -antureista saatava big data -mittaustieto esitetään selkeästi sekä numeraalisesti että graafisessa muodossa. Trendejä voidaan yhdistää kaavioiksi, mikäli halutaan seurata esimerkiksi eri suureiden korrelointia keskenään. Näin voidaan löytää yllättäviäkin yhteyksiä tietojen välillä tai havaita kiinteistöissä piileviä ongelmia.

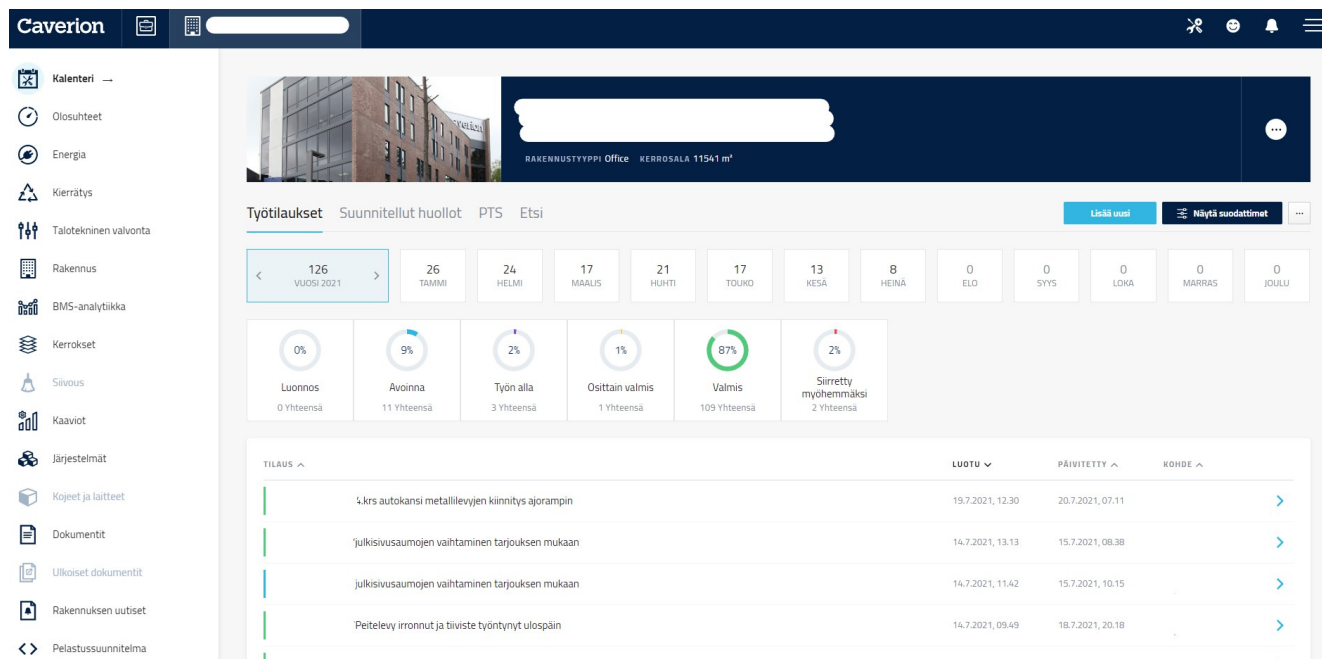
Kuvasta 2 voidaan nähdä, kuinka asiakkuusportfolion etusivulla näytetään asiakkaan kaikkien kiinteistöjen tiedot sekä huolto- ja korjaustöiden tilanne. Tästä perusnäkyvästä voidaan myös nähdä karkeasti, miten kiinteistöjen energiankulutus on kehittynyt sekä kokonaisuutena että alalajeittain. Sisäilman laatu esitetään muodossa prosenttia menneestä ajasta hyväksytyissä arvoissa.



KUVA 2. Portfolion etusivu

Rakennuskohtaisessa portfolioissa, joka on esillä kuvassa 3, esitetään kaikki rakennukseen liittyvät tiedot tiivistetyssä muodossa. Kategorioiden välillä pääsee liikkumaan vasemmasta reunasta sijaitsevasta

valikosta. Rakennuksen tietoihin voidaan syöttää muun muassa pelastussuunnitelma, tiedot taloteknisistä järjestelmistä ja pohjapiirustukset. Järjestelmä voi lukea energiankulutustiedot suoraan esimerkiksi sähkötoimittajalta, ja olosuhdetiedot välitetään Caverionin ylläpitämästä pilvipalvelusta.



KUVA 3. Rakennuksen perusnäky

Caverion SmartView -palvelussa hyödynnetään myös jonkin verran sumealla logiikalla tuotettua analyysia, esimerkiksi tuomalla käyttäjälle huomioita jonkin olosuhteen kehityksestä. Huomiot helpottavat rakennuksen tilan seuraamista ja ilmoittavat tapahtumista ja trendien kehittymisestä, jotka voivat vaatia käyttäjän huomiota. Tämä edellä mainittu tieto on kuitenkin anturidataan perustuvaa, eikä vastaa kohteen tunnevan asiantuntijan tekemää analyysia, jossa otetaan huomioon myös anturoimaton tieto, kuten esimerkiksi rakennusautomaation kautta tapahtuva ilmanvaihdon ja lämmityksen ohjaus.

3.1 Olosuhteiden seuranta

SmartView -palvelussa on mahdollista seurata olosuhteita eri tavoin. Palveluun voidaan tuoda Kerrokset-näkymään joko pohjakuvat tai tuottaa 3D -malli kiinteistöstä kerroksittain kuten kuvassa 4. Kuvassa 5 yhdistetyt anturit on esitetty yksinkertaisena listauksena. Mittaustulos esitetään joko vihreällä tai punaisella värillä riippuen raja-arvojen ylityksestä.



KUVA 4. Kerrokset -näkö anturitietoineen

Icon	Device Name	Protocol	Value	Alert
📅	Kalenteri			
🕒	Olosuhteet			
⚡	Energia			
♻️	Kierrätys			
👤	Talotekninen valvonta			
🏠	Rakennus			
📊	BMS-analytiikka			
🏠	Kerrokset			
🧹	Siivous			
📐	Kaaviot			
🔧	Järjestelmät			
📦	Kojeeet ja laitteet			
📄	Dokumentit			
📄	Ulkoiset dokumentit			
📰	Rakennuksen uutiset			
📶	Elsys CO2 - 3rd floor	LoRaWAN		
L	activity	Activity	• 13 tuntia sitten	Vapaa
L	carbondioxide	Hilidioksidi	• 13 tuntia sitten	406 ppm
L	humidity	Suhteellinen Kosteus	• 13 tuntia sitten	36 %RH
L	illumiance	Illuminance	• 13 tuntia sitten	1 lux
L	indoor temperature	Sisälämpötila	• 13 tuntia sitten	21.6 °C
🔊	H324 TE16 Huoneilma lämpötila	Sisälämpötila	• kuukausi sitten	23.6 °C
🔊	H327 TE16 Huoneilma lämpötila	Sisälämpötila	• kuukausi sitten	23.9 °C
🔊	H333 TE16 Huoneilma lämpötila	Sisälämpötila	• kuukausi sitten	24.1 °C
🔊	Sigfox	Sigfox	• N/A	
📶	Sigfox	Sigfox		
L	presence	Läsnäolo	3 tuntia sitten	Vapaa
📶	Sigfox	Sigfox		
L	presence	Läsnäolo	4 tuntia sitten	Vapaa

KUVA 5. Olosuhteet -näkömön anturilistausta

SmartView -palvelussa olosuhteiden esityksessä oletuksena käytettävät raja-arvot noudattavat sisäilmastoluokituksessa määriteltyä S2-luokkaa. Mikäli jonkin tietyn tilan käyttötarkoitus poikkeaa normaalista, voidaan tarvittavat raja-arvot määrittellä anturikohtaisten metatietojen kautta. Esimerkkinä tästä on kylmiöhuoneen lämpötila, jonka hyväksyttävä korkein lämpötila ei missään nimessä voi olla 26 °C, kuten kuvassa 6. Käyttäjakohtaiset raja-arvot muuttuvat asetettujen hälytysten perusteella. Trendeihin voidaan myös tehdä lisätietoa antavia merkintöjä. Merkinnät voidaan kohdistaa joko mittauspisteeseen, laitteeseen tai koko rakennukseen. Tällä tavoin voidaan esimerkiksi merkitä syitä trendissä esiintyvälle poikkeamalle.



KUVA 6. Lämpötila-anturin trendi

Käyttäjä voi myös asettaa palvelun lähettämään hälytyksen, mikäli tarkasteltava arvo ylittää tai alittaa asetetun rajan. Hälytyksiin voi määritellä suodattimeksi viiveen, jotta turhat hälytykset voidaan karsia minimiin, sekä ajat milloin hälytyksiä halutaan vastaanottaa. Palvelu toimittaa hälytystiedon joko käyttäjän sähköpostiin, puhelinnumeroon tekstiviestinä tai molempiin kuten kuvassa 7 näkyvässä hälytyksen asetus -ikkunassa on nähtävissä. Tällä toiminnolla voidaan valvoa hieman nopeampaa reagoitua vaativia kohteita. Anturien mittausväli toki asettaa tällekin toiminnolle omat rajoitteensa mutta esimerkiksi lämpötila-anturit voidaan ohjelmoida laitetoimittajan toimesta antamaan hälytyksen muutosnopeuteen perustuen.

The figure shows a screenshot of a mobile application window titled 'Aseta hälytys'. The window contains the following settings:

- Mittauspiste:** indoor temperature
- Tarkastelujakso:**
 - Kohteen aukioloajat - ei määritetty tälle kohteelle
 - joka päivä (24h)
 - Arksin (ma-pe, 24h)
 - Mukautu
- Min / Max kynnysarvot:** (kukin vain yksi vaaditaan)
 - Min: 21
 - Max: 26
- Hälytyksen viive:** 0. Buttons for 'Min', 'Tuntia', and 'Päivää' are visible.
- Lähetystapa:**
 - Sähköpostiosoitte
 - Tekstiviesti
- Info:** Hälytys lähetetään profillisi sähköpostiosoitteeseen kun rajat ylittetään. Saat yhden sähköpostin sensorin arvojen ollessa rajojen ulkopuolella.
- Buttons:** Peruita and Aseta hälytys

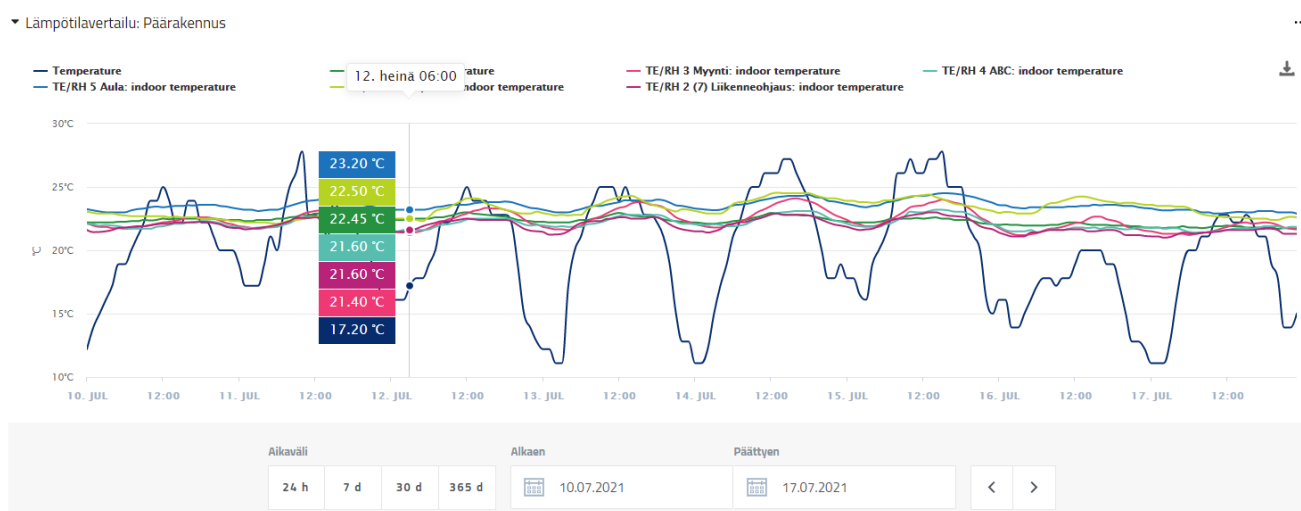
KUVA 7. Mittauspisteen hälytyksen asetus

3.2 Kaavio -työkalu

Kaavio -työkalulla voidaan tuottaa trendejä useammasta anturista samanaikaisesti samaan kuvaan. Työkalulla voidaan yhdistää kahta erityyppistä tietoa, korkeintaan kahdeksan mittauspistettä. Tällä tavalla voidaan etsiä esimerkiksi korrelaatioita eri suureiden välillä tai vertailla kuinka sama suure käyttäytyy laajemmalla alueella. Merkintöjen lisääminen kaavioihin ei vielä tässä vaiheessa ole mahdollista. Kaaviossa eri trendit esitetään eri värein. Kaavion esitystavaksi voi valita joko viivan tai pylväsdiagrammin. Raja-arvoja ei kaavioissa ole vielä tässä vaiheessa palvelun kehitystä ole mahdollista nähdä.

3.2.1 Vertailut

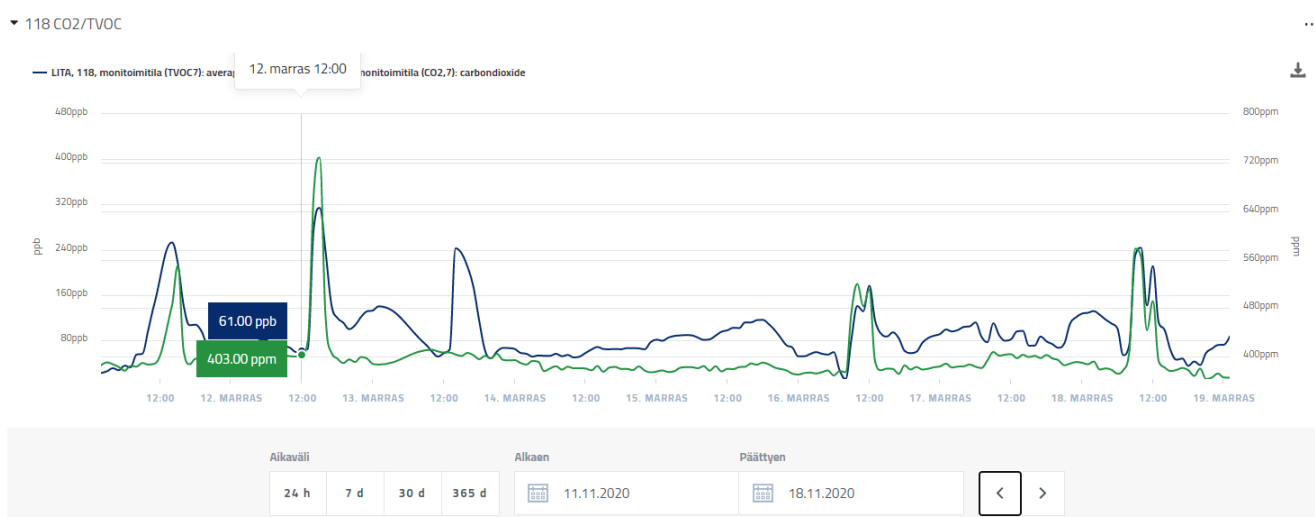
Kiinteistöä voidaan tutkia vertailemalla samantyyppisiä mittaustietoja keskenään. Esimerkiksi lämpötilavertailulla voidaan selvittää, jakautuuko lämpö rakennuksessa tasaisesti, tai vaikuttaako kiinteistön asento aurinkoon nähden sisälämpötilaan. Kuvasta 8 voidaan nähdä kuinka ulkolämpötila vaikuttaa lämpötilan kehitykseen toimistorakennuksen sisätiloihin eri vuorokauden aikoina. Tämän trendin perusteella voidaan tehdä säätöjä ilmastoinnin toimintaan eri tiloissa, jotta ulkolämpötilan vaikutukset työskentelyolosuhteisiin saadaan minimoitua.



KUVA 8. Päärakennuksen lämpötilavertailu

3.2.2 Korrelaatiot

Mikäli anturoidusta tiedosta nousee esiin silmiinpistäviä epäkohtia, kuten esimerkiksi korkeita pitoisuuksia TVOC-päästöissä, voidaan korrelaatioita etsimällä löytää yhteys tapahtumaan tai ilmiöön joka osaltaan voi selittää pitoisuuksia. Kuvasta 9 voidaan esimerkinomaisesti nähdä selkeä korrelaatio TVOC-päästöjen ja hiilidioksidin pitoisuuksien välillä tilassa, ja tämän perusteella on perusteltua olettaa, että tilassa esiintyvät pitoisuudet eivät ole peräisin esimerkiksi tilan materiaaleista, vaan johtuvat esimerkiksi käyttäjien hygienia- tai kosmetiikkatuotteista. Tällaisista tuotteista, joita voivat olla esimerkiksi parfyymit tai käsisideinfointiaine, haihtuu käyttäjien ympäröivään tilaan erilaisia orgaanisia yhdisteitä kuten alkoholeja.



KUVA 9. Korrelaatio TVOC- ja hiilidioksidipitoisuuksien välillä

4 OLOSUHTEIDEN ANALYSOINTI ASiantuntijapalveluna

SmartView tarjoaa työkaluja olosuhteiden analysointiin. Asiantuntijan tekemässä analyysissä hyödynnetään näitä työkaluja ja otetaan huomioon mahdollisimman tarkasti myös kaikki SmartViewin ulkopuoliset tiedot joilla on mahdollisesti vaikutusta olosuhteisiin. Asiakkaalle asiantuntijapalveluna tarjottava kuukauden mittainen seurantajakso pitää sisällään kohdekäynnin, tiedonkeruun ja viikoittaisen seurannan, raportin koostamisen sekä tulosten esittelyn asiakkaalle.

4.1 Kohderyhmä

Palvelun ensisijaiseen kohderyhmään kuuluvat ne asiakkaat, jotka haluavat kustannustehokkaasti selvittää kiinteistöissä esiintyviä, olosuhteisiin tai talotekniikkaan liittyviä ongelmia, tai selvittää mahdollisuuksia energiansäästöön. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi koulu- ja toimistorakennukset.

4.2 Kohdekäynti

Kohdekäynti suoritetaan ensimmäisenä osana seurantajaksoa. Kohdekäynnillä asiantuntija selvittää asiakkaan tarpeet ja tavoitteet, hankkii perustiedot kohteesta ja tilojen käytöstä ja tutustuu tiloihin. Tiloihin tutustumisen tavoitteena on kartoittaa kaikki mahdolliset tuloksiin vaikuttavat tekijät, kuten tilojen pintamateriaalit. Kohdekäynnillä on myös tarpeen merkitä muistiin kaikki aistinvaraiset havainnot sekä asiakkaan luvalla myös kuvata tilat. Tiedot merkitään alkukartoitusmuistioon (LIITE?) tulevaa käyttöä varten. Tutustumisen yhteydessä asiantuntija myös etsii parhaat sijoituspaikat ja asentaa anturit tiedonkeruuta varten. Anturit sijoitellaan niin, että tuloksista saadaan kattava kuva tutkittavista tiloista ja vallitsevista olosuhteista.

4.3 Seurantajakso

Seurantajakson aikana kohteesta kerätään tietoa SmartView -palveluun. Asiantuntija suorittaa viikoittain tietojen tarkastelun ja kirjaa muistiin huomiot ja tavanomaisista arvoista erottuvat poikkeamat. Mi-

käli tarve vaatii, voidaan myös ottaa yhteys asiakkaaseen lisätietoja varten. Yhteydenotto tulee suorittaa riittävän nopeasti havaitun poikkeaman jälkeen, jotta mahdolliset tavanomaisesta käytöstä poikkeavat tapahtumat ovat tuoreessa muistissa. Huomionarvoisia poikkeamia trendeissä ovat selkeästi toistuvat, muutokset sekä poikkeamat kehityssuunnasta. Häiriöt erottuvat trendeissä lyhytaikaisina suurina muutoksina, eikä näihin yleensä kiinnitetä huomiota, ellei selkeää ja jopa järjestelmällistä toistuvuutta ilmene.

4.4 Raportointi

Seurantajakson päätteeksi asiantuntija koostaa raportin asiakkaalle esiteltäväksi. Raporttiin koostetaan viikoittaiset havainnot ja havaintojen perusteella tehdyt johtopäätökset ja suositukset jatkotoimia varten. Raportoinnissa otetaan huomioon mahdollisuudet olosuhteiden parantamiseen ja taloteknisten järjestelmien toimivuus, ja raportti toimii myös pohjatietona mahdollista energiakatselmusta varten. Raportin liitteenä toimitetaan myös mahdolliset lisäyötarjoukset, mikäli tarpeen.

4.5 Tulosten esittely

Tulosten esittely on tärkeä osa tuotettavaa palvelua. Raportin valmistuttua se toimitetaan asiakkaalle sähköpostitse ja esitellään mahdollisuuksien mukaan joko etäyhteyksin tai henkilökohtaisesti. Esitelmällä raportti asiakkaalle voidaan varmentaa, ettei asiakkaan puolelta jää epäselvyyttä tuloksista ja myös parannetaan asiakaskokemusta.

5 ESIMERKKEJÄ LÖYDÖKSISTÄ

Tätä opinnäytetyötä on tehty yhteistyössä Caverion Suomi Oy:n asiakkaiden kanssa, jotka ovat antaneet suostumuksensa mittaustietojen käyttöön opinnäytetyössä. Asiakkaiden tavoite oli saada olosuhdemittausten avulla lisätietoa kiinteistöjen kunnosta ja sisäilmaolosuhteista, löytää mahdollisia piileviä tai tulevaisuudessa ilmeneviä talo- ja rakennusteknisiä ongelmakohtia ja parantaa tilojen käyttökokemusta. Kiinteistöissä tehtiin aluksi yhdessä asiakkaiden edustajien kanssa katselmuksia. Katselmuksien tarkoitus oli selvittää tutkittavien tilojen osalta mahdollisia ongelmakohtia tutustumalla tiloihin ja tilojen talotekniikkaan. Myös käyttäjäkokemuksia kuultiin mahdollisuuksien mukaan. Asiakkaat ja kiinteistöt on tässä yhteydessä anonymisoitu. Tapaukset esitellään erillisinä esimerkkeinä analyysillä mahdollisesti löydettävänä ongelmina ja ilmiöinä.

5.1.1 Tila 1

Tilassa havaittiin selkeät poikkeamat TVOC-päästöissä aina samaan kellonaikaan arkipäivisin, kuten kuvasta 10 voidaan todeta. Nämä poikkeamat pystyttiin tilan luonteen vuoksi rajaamaan käyttäjistä johtuviksi. Kyseinen tila on ruokalutila, jonka sisäänkäynnin yhteyteen oli sijoitettu käsidesi-piste. Kuten kuvasta 11 voidaan nähdä, TVOC-päästöt tasoittuivat, kun COVID19-pandemiasta johtuvista syistä käyttäjät siirtyivät etätyöskentelyyn.



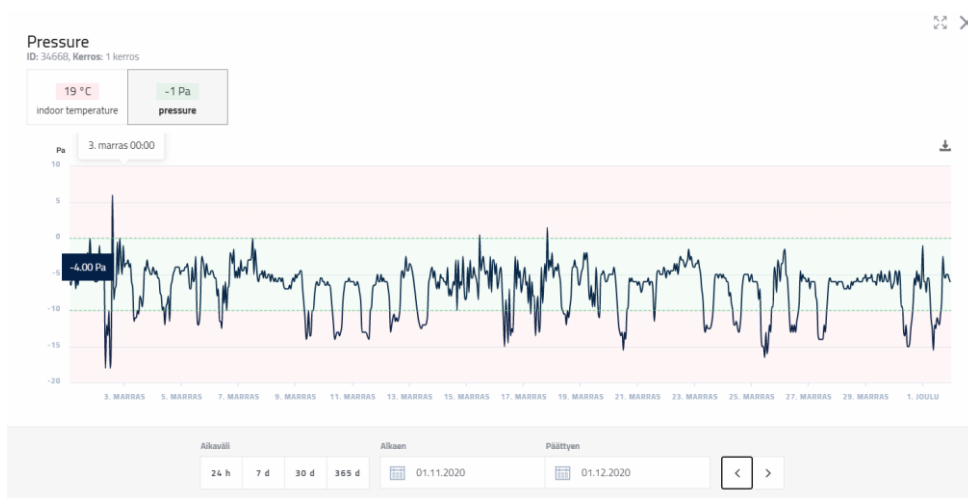
KUVA 10. Trendi tilan 1 TVOC-anturoinnista



KUVA 11. Etätyöskentelyn vaikutus TVOC-päästöihin

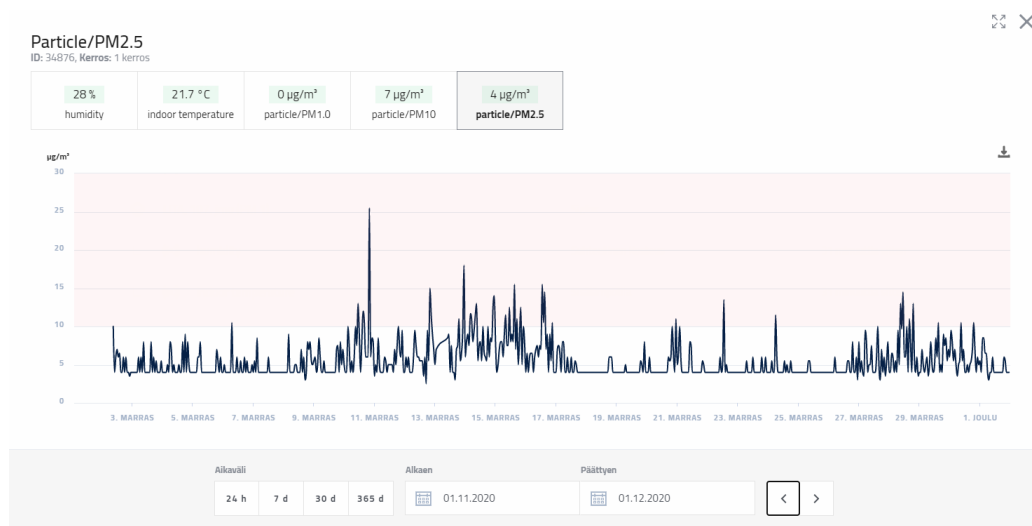
5.1.2 Tila 2

Tilaan oli asetettu anturit mittaamaan paine-eroa kuoren yli, hiukkasia ja TVOC -päästöjä. Tilassa oli havaittavissa selkeä epämiellyttävä haju. Kyseisessä tilassa on huonekohtainen ilmanvaihtolaite, joka toimii sekä ajastimella että liiketunnistimella. Tilan käyttö ajoittuu lähes ainoastaan ilta-aikaan. Anturoinnin perusteella voidaan todeta tilan olevan arkipäivisin selkeästi alipaineinen ja yleisesti yli suositeltujen raja-arvojen, kuten kuvassa 12 esitetty trendi esittää. Sisäilmastoluokituksen S2-luokan raja-arvot erottuvat kuvaajassa väreillä edustettuna. Vihreä alue esittää suositeltua aluetta.



KUVA 12. Trendi tilan 2 paine-eron anturoinnista

Kuvasta 13 voidaan todeta kyseisessä tilassa esiintyvän myös jonkin verran ylityksiä pienhiukkasten suhteen, mutta kuvasta 4 nähdään kuitenkin, ettei selkeää korrelaatiota näiden kahden mittauksen välillä esiinny.



KUVA 13: Trendi tilan 2 pienhiukkasten anturoinnista

Kuvassa 14 on esimerkki kaavio-työkalun käytöstä keskinäisten korrelaatioiden havaitsemiseen eri mittaustietojen suhteen. Koska korrelaatiota paine-eron suhteen ei ole havaittavissa, voidaan olettaa, että tilassa esiintyvät hiukkaset eivät kulkeudu tilaan rakenteista ilmavuotojen mukana.



KUVA 14. Kaavio tilan 2 pienhiukkasten esiintyvyydestä verrattuna paine-eroon

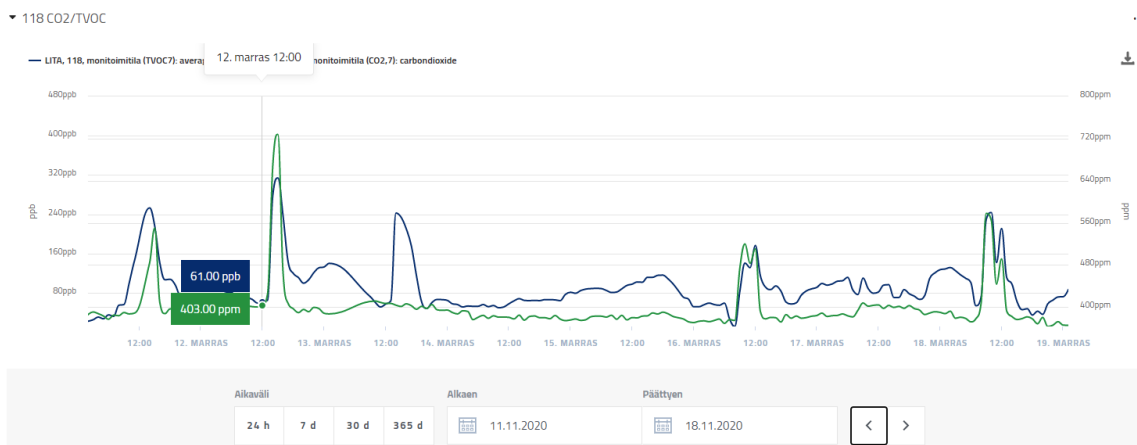
5.1.3 Tila 3

Tilaan 3 oli asetettu anturit mittaamaan paine-eroa kuoren yli, hiilidioksidia ja TVOC-päästöjä. Kuvasta 15 voidaan todeta että tilassa oli havaittavissa sama ilmiö paine-ero -trendissä kuin tilassa 2. Koska nämä kaksi mainittua tilaa ovat eri ilmanvaihdon alueilla vaikutusaluekartan mukaan, päätettiin ilmiötä tutkia enemmän. Kiinteistöhoitajan mukaan tilaan vaikuttava tuloilmakone käy jatkuvasti.



KUVA 15. Trendi tilan 3 paine-eron anturoinnista

Kyseisessä tilassa huomattiin myös selkeä yhteys paine-eron, TVOC:in sekä hiilidioksidin välillä. Koska hiilidioksidia muodostuu uloshengityksestä, voidaan kyseisen arvon noususta päätellä, milloin tilassa on käyttäjiä. Kuvassa 16 nähdään kuinka hiilidioksidin trendi yhdistettynä kaavio-työkalulla TVOC-trendiin muodostaa selkeän korrelaation, ja molempien arvojen samanaikainen nousu viittaa TVOC-päästöjen aiheutuvan tilan käyttäjistä.



KUVA 16. Kaavio käyttäjien yhteydestä TVOC-päästöjen nousuun

Huomionarvoista on kuitenkin myös se, että tila muuttuu selkeästi alipaineisemmaksi hiilidioksidin ja TVOC:in nousun myötä kuten voidaan todeta kuvasta 17. Edellä mainitusta ilmiöstä johtuen olisikin tarpeen tehdä lisätutkimuksia TVOC-päästöihin liittyen.



KUVA 17. Todettu korrelaatio paine-eron ja TVOC-päästöjen välillä

Aiemmin mainitusta yhteydestä tilan 2 paine-eroon johtuen, sovittiin kiinteistöhoitajan kanssa tehtäväksi koe ilmanvaihdolla. Tilassa vaikuttava tuloilmakone suljettiin 10.2.2021 klo 21.00, ja käynnistettiin uudelleen kuusi tuntia myöhemmin. Kuvasta 18 voidaan todeta, ettei ilmanvaihdon pysäyttämällä aikaansaatu oletettua paine-eron tasaantumista, vaan alipaineen aiheuttajaa joudutaan etsimään muualta.



KUVA 18. Paine-eron käyttäytyminen tilassa 3 kokeen aikana

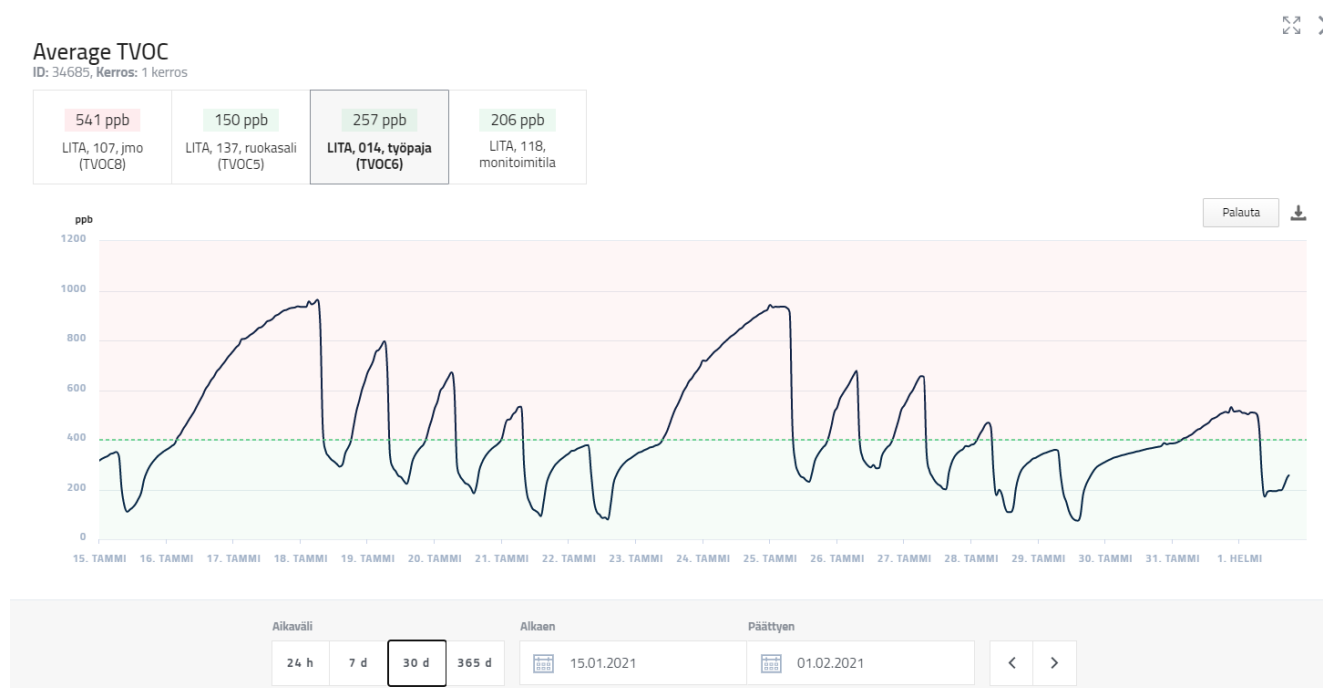
Kokeen tuloksena voitiin kuitenkin todeta edellä mainittujen tilojen paine-erojen todellakin korreloivan keskenään, kuten voidaan nähdä kuvasta 19, jossa on yhdistetty molempien tilojen paine-erotrendit. Tämän perusteella voidaan epäillä, että ilmanvaihdon muutostöissä on jäänyt jokin yhteys aiemmista ilmanvaihtokanavista tilaan 2.



KUVA 19. Tilojen 2 ja 3 paine-erojen korrelointi

5.1.4 Tila 4

Tila 4 sijaitsee kiinteistön kellarikerroksessa. Tilaan oli asetettu TVOC-anturi jonka trendi kiinnitti huomiota. Trendin mukaan TVOC-päästöt nousivat ilmanvaihdon sammuesssa, kuten voidaan todeta kuvasta 20. Tämä trendi korostui vielä siinä vaiheessa, kun tuloilmakoneen suodattimet vaihdettiin. Tämän perusteella voitiin todeta, että kyseisen tilan ilmanvaihtoa ei kannattaisi sammuttaa täysin, vaikka tuloilmakoneissa on sulkupellit eikä suodattimien vaihdon pitäisi vaikuttaa ilman vaihtuvuuteen ilmastoinnin ollessa suljettuna.



KUVA 20. Tilan 4 ilmanvaihdon sulkemisen vaikutus TVOC-päästöihin

6 POHDINTA

Työn tavoitteena oli kehittää asiantuntijapalvelu, jonka avulla Caverion Suomi Oy:n asiakkaat voisivat hankkia tietoa kiinteistöissä vallitsevista sisäilmaolosuhteista ja mahdollisista taloteknisistä ongelmakohdista. Tutkimalla asiakkaiden kiinteistöjä IoT-antureiden ja Caverion Smartview-palvelun avulla voitiin analysoimalla olosuhteita löytää useita käyttäjistä johtuvia ilmiöitä ja talotekniikasta tai sen puutteista johtuvia ongelmakohtia. Tutkittavat kiinteistöt ovat kuitenkin yksilöllisiä johtuen suuresta vaihtelusta sekä talotekniikan toteutuksen osalta että rakennusteknisistä syistä. Tämän vuoksi palvelu onkin räätälöitävä tutkittavan kohteen ja asiakkaan tavoitteiden mukaan.

Caverionin aiempien järjestelmien pohjalle kehittämä Caverion Smartview-palvelu tarjoaa tehokkaita työkaluja rakennuksen ylläpitoon ja seurantaan. Caverionin jatkuva panostus palvelun kehitykseen tuottaa varmasti tulevaisuudessa myös uusia työkaluja ja tapoja kiinteistöjen ylläpitoon.

Työn aikana sisäilmaolosuhteista ja talotekniikasta hankitun tietoperustan ja asiakkaiden tavoitteiden tunnistamisen ansiosta saatiin kehitettyä palvelu, joka vastaa toimeksiantoa. Tutkittujen kiinteistöjen olosuhteista ja löydetyistä ongelmakohdista on informoitu asiakkaita jo työn aikana, joten korjaavia toimenpiteitä on jo päästy tekemään. Opinnäytetyön tuotoksina toimeksiantajalle on luovutettu markkinointimateriaali, alkukartoitus-lomake ja raporttipohja. Kokonaisuutena työ onnistui hyvin, vaikkakin CoVID19-pandemia hidasti tiedonkeruuta tyhjentämällä kiinteistöjä, jolloin mittaustietoa normaalia käyttötilanteesta ei saatu.

LÄHTEET

Caverion 2021. Caverion historia. Verkkosivu. Saatavissa: www.caverion.fi/tietoa-meista/tarinamme/. Viitattu 5.7.2021

Kuurola, P. 2016. Ulkoilmanvaihtolaitteiston aiheuttama paine-ero rakennuksen ulkovaipan yli. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:tti-201605183994>. Viitattu 15.7.2021.

Sisäilmastoluokitus 2018. RT-kortti RT 07-11299. Rakennustieto Oy.

Sisäilmayhdistys ry. 2008. Kemialliset epäpuhtaudet. Verkkosivu. Saatavissa: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Kemialliset-epapuhauudet>. Viitattu 15.7.2021.

Terveet tilat 2028 -toimintamalli. Olosuhteiden ja rakennuksen kunnan seuranta. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia. Verkkosivu. Saatavissa: <https://tilatjaterveys.fi/toimintamalli/kiinteiston-kaytto-ja-yl-lapito/rakennuksen-kunnan-seuranta>. Viitattu 15.7.2021.

Valvira 2016. Sisäilman kemikaalit. Verkkosivu. Saatavissa: <https://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys/kemikaalit>. Viitattu 15.7.2021.