

Joel Tikkinen

Sisäilman laatutekijät ja niiden todentaminen

Sisäilman laatutekijät ja niiden todentaminen

Joel Tikkinen
Opinnäytetyö
Kevät 2019
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka tutkinto-ohjelma, talonrakennustekniikka

Tekijä: Joel Tikkinen
Opinnäytetyön nimi suomeksi: Sisäilman laatutekijät ja niiden todentaminen
Työn ohjaaja: Kimmo Kolehmainen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2019
Sivumäärä: 93 + 4 liitettä

Erään Oulun Tilapalvelut -liikelaitoksen omistamassa kiinteistössä osa käyttäjistä ei kokenut sisäilman laatua hyvänä. Jotkut olivat saaneet oireita, joiden epäiltiin johtuvan huonosta sisäilman laadusta. Asiaa ruvettiin tutkimaan yhdessä Tilapalveluiden kanssa.

Ympäri kiinteistöä asennettiin sisäilman laatua todentavia antureita. Ne todensivat sisäilman laatutekijöitä: VOCeja, hiilidioksidia, suhteellista ilmankosteutta, lämpötilaa, partikkeleita sekä paine-eroa rakennuksen vaipan yli. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää ja todentaa käyttäjille avoimesti luotettavalla anturitekniikalla kiinteistössä vallitsevan sisäilman laatu. Tavoitteena oli myös parantaa luottamusta kiinteistön omistajan ja käyttäjän välillä sekä käyttäjien työtehoa.

Kiinteistön omistaja, Oulun Tilapalvelut -liikelaitos, pystyi näkemään antureiden todentavat arvot reaaliajassa pilvipalvelussa. Käyttäjä näki reaaliajassa antureiden todentavat arvot puolestaan kunkin kerroksen tablettietokoneen näytöltä. Käyttäjälle suoritettiin ensimmäiseksi Sisäilman laatu -kysely, jonka vastauksista kävi ilmi, missä kiinteistön tiloissa käyttäjä koki sisäilman laadun epämiellyttävimpänä. Vastauksien pohjalta nelikerroksisen toimistorakennuksen jokaiseen kerrokseen sijoitettiin 2-4 anturia.

Kolmen kuukauden sisäilman laadun todentamisen jälkeen todettiin, että kiinteistössä on turvallista työskennellä. Lisäksi sen ilmanvaihto toimii suunnitellusti. Laatutekijät pysyivät pääsääntöisesti toimenpiderajojen sallimissa pitoisuuksissa. Sisäilman laadun todentaminen jatkuu opinnäytetyön valmistumisen jälkeenkin.

Avainsanat: sisäilma, käyttäjä, orgaaniset yhdisteet, suhteellinen kosteus, lämpötila, partikkelit, paine-ero, anturitekniikka, luotettavuus, avoimuus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Civil Engineering, House Building Engineering

Author: Joel Tikkinen
Title of thesis: Quality Factors of Indoor Air and Verification
Supervisor: Kimmo Illikainen
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2019
Pages: 93 + 4 appendices

The starting point for this thesis was the fact that the users of a building of City of Oulu were not contented with the indoor air of the building.

The objective of this thesis was to verify the quality of the indoor air reliably to the users by using sensors. The user as well as the owner of the building were able to see the results.

An inquiry for the users was made at the beginning. The inquiry contained many different questions/propositions about the indoor air. The sensors were placed on the building according to the answers. The sensors measured carbon dioxide emissions, relative humidity, temperature, organic compounds particles and pressure difference.

After three months of measurements it can be said that it is safe to work there. All the quality factors remained mainly within the limits. The measurements continue after this thesis study.

Keywords: indoor air, volatile organic compound, relative humidity, particles, temperature, pressure differential, sensors, measurements, user

ALKULAUSE

Haluan kiittää Oulun Tilapalvelut -liikelaitosta mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyöni äärimmäisen opettavaisesta ja ajankohtaisesta aiheesta. Lisäksi haluan kiittää erityisesti Oulun Tilapalvelut -liikelaitoksen kiinteistöpäällikköä Veijo Kotilaista sekä ylläpitopäällikköä Timo Ojanperää, jonka apu ja tuki opinnäytetyötä tehdessä oli tärkeä. Kiitos työn ohjaamisesta myös Oulun ammattikorkeakoulun lehtori Kimmo Illikaiselle.

Oulussa 11.4.2019

Joel Tikkinen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
1 JOHDANTO	8
2 SISÄILMA JA SEN LAATUTEKIJÄT	9
2.1 Orgaaniset yhdisteet (VOC)	9
2.1.1 VOC-yhdisteiden esiintyminen	10
2.1.2 VOC-yhdisteiden vaikutus terveyteen ja sen pitoisuudet	11
2.1.3 Toimenpiderajat	12
2.2 Hiilidioksidi	13
2.3 Sisäilman suhteellinen ilmankosteus (RH)	15
2.3.1 Kuivan sisäilman vaikutus terveyteen	15
2.3.2 Ilmankosteuden vaikutus	16
2.4 Sisäilman lämpötila	16
2.4.1 Lämpötilojen arviointi	17
2.4.2 Lämpötilan vaikutus terveyteen ja rakennukseen	17
2.5 Sisäilman partikkelit eli hiukkaset	18
2.5.1 Partikkeleiden vaikutus terveyteen	19
2.5.2 Huonepöly	19
2.5.3 Toimenpiderajat	20
2.6 Koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä ja paine-ero	20
2.6.1 Alipaineisuus koneellisessa ilmanvaihdossa	23
2.6.2 Ylipaineisuus koneellisessa ilmanvaihdossa	24
3 VALITTU KIINTEISTÖ	25
3.1 Kiinteistön perustiedot	25
3.2 Kiinteistön ylläpito	25
4 SISÄILMAN LAADUN KYSELY KÄYTTÄJILLE	28
4.1 Lokakuun kysely	28
4.2 Lokakuun väittämät	29
4.3 Lokakuun vastaukset	30
5 SISÄILMAN LAATUTEKIJÖIDEN TODENTAMINEN	39
5.1 Anturoiden sijoittaminen kiinteistöön	40

5.2 Tablettietokoneet	48
6 PAINE-EROMITTAUS	58
7 HELMIKUUN SISÄILMANLAADUN KYSELY KÄYTTÄJILLE	66
7.1 Helmikuun kysely	66
7.2 Helmikuun väittämät	67
7.3 Helmikuun vastaukset	68
7.4 Lokakuun ja helmikuun vastauksien analyysi	75
8 TODENNUSTULOKSET	78
9 YHTEENVETO	88
LÄHTEET	90
LIITTEET	
Liite 1 Ulkoilman lämpötila	
Liite 2 Tuulihavainnot	
Liite 3 Lokakuun väittämät	
Liite 4 Helmikuun väittämät	

1 JOHDANTO

Sisätiloissa vietetty aika on kasvanut viime vuosikymmenen aikana räjähdysmäisesti. Ihminen viettää nykyään jopa 90 % ajastaan sisätiloissa. On siis äärimmäisen tärkeää, että sisäilman, jota hengitetään, tulisi olla laadukasta. Koska sisäilman laadulla voi olla pitkäkestoisia vaikutuksia ihmisen terveyteen, hyvinvointiin ja jaksamiseen, on tärkeää tietää, onko sisäilman laadussa puutteita. (1.)

Sisäilman laatu koostuu useista eri laatutekijöistä. Laatutekijöitä ovat VOCit, hiilidioksidi, suhteellinen ilmankosteus, lämpötila, partikkelit sekä paine-ero rakennuksen vaipan yli. Sisäilman laadulla on suora yhteys ihmisen terveyteen ja sitä kautta esimerkiksi työtehoon.

Opinnäytetyön tavoitteena oli todentaa käyttäjälle kiinteistössä vallitsevan sisäilman laatu anturitekniikalla. Tavoitteina oli myös pyrkiä parantamaan käyttäjän työtehoa sekä luottamusta kiinteistön omistajan ja käyttäjän välillä.

Työn kohde oli Oulun keskustassa sijaitseva nelikerroksinen toimistorakennus. Kiinteistön käyttäjät eivät kokeneet sisäilman laatua hyvänä ja jotkut olivat saaneet oireita, joiden epäiltiin johtuvan huonosta sisäilman laadusta. Sisäilman laatua tutkittiin eri metodein ja todennettiin käyttäjille.

Opinnäytetyön tilaajana toimi Oulun Tilapalvelut -liikelaitos, jolle opinnäytetyön kaltainen projekti oli pilottihanke. Oulun Tilapalvelut -liikelaitos järjestää ylläpito-toiminnan Oulun kaupungin julkisissa rakennuksissa ja vuokraa hallintokuntien tarvitsemat toimitilat. Liikelaitos muun muassa rakennuttaa kaupungin palvelukiinteistöjä sekä järjestää niihin ateria- ja puhtaanapitopalvelut.

2 SISÄILMA JA SEN LAATUTEKIJÄT

Ihminen viettää sisätiloissa miltei 90 % ajastaan ja hengittää keskimäärin 15 000 litraa ilmaa vuorokaudessa. On siis selvää, että sisäilman laadulla on suora vaikutus ihmisen terveyteen ja täten esimerkiksi työtehoon sekä viihtyvyyteen. Terveellisenä sisäilmana yleisesti pidetään sellaista, joka on

- hajutonta
- pölytöntä
- vedotonta
- lämpötilaltaan miellyttävää sekä
- melutonta. (2, s. 3.)

Sisäilmasta johtuva oireilu on varsin yksilöllistä. Jotkut oireilevat lyhyen ajan sisällä ja jotkut taas eivät oireile ollenkaan. Toiset taas saattavat oireilla hyvinkin lievästi erilaisille ärsykkeille. (3, s. 3.)

2.1 Orgaaniset yhdisteet (VOC)

TVOC-nimityksellä tarkoitetaan VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuutta. Sisäilmassa esiintyy paljon orgaanisia kaasumaisia yhdisteitä. Nämä yhdisteet jaetaan neljään ryhmään kiehumispisteensä mukaan seuraavasti:

- VVOC: erittäin haihtuvat orgaaniset yhdisteet, kiehumispistealue 0 – 100 °C, esimerkiksi formaldehydi ja pentaani
- VOC: haihtuvat orgaaniset yhdisteet, kiehumispistealue 50 – 260 °C, esimerkiksi styreeni, tolueeni ja ksyleeni
- SVOC: puolihaihtuvat orgaaniset yhdisteet, kiehumispistealue 240 – 400 °C, esimerkiksi PAH-yhdisteet eli polysykliset aromaattiset hiilivedyt
- POM: hiukkasiin sitoutuneet orgaaniset yhdisteet, kiehumispistealue > 380 °C, esimerkiksi pestisidit eli torjunta-aineet. (4, s. 2; 5.)

VOC-yhdisteet ovat haihtuvia orgaanisia yhdisteitä eli kaasuja. Näitä ovat muun muassa aromaattiset hiilivedyt (tolueeni, bentseeni), aldehydit, halogenoidut yhdisteet ja alkoholit. (Taulukko 1.) (6.)

TAULUKKO 1. Esimerkkejä VOC-emissioista sisäilmassa (5)

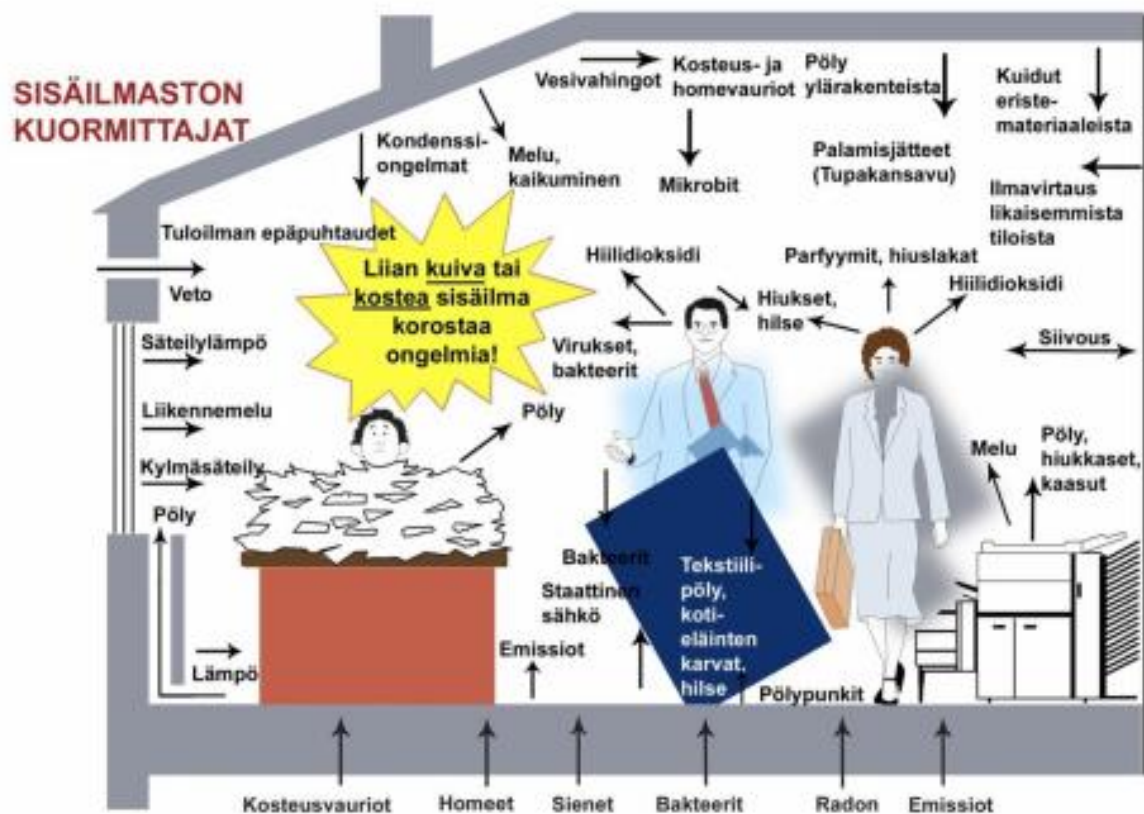
VOC-yhdiste	Mahdolliset lähteet
α -pineeni, limoneeni	aina sisäilmassa, ilmanraikastimet, puhdistusaineet, puu
TIXB (2,2,4-trimethyl-1,3-pentenediol, diisobutyrate)	vinyylituotteet
Texanolit (trimethylpentadiol-(1,3)-isobutyrate)	lateksimaalit
D5 (decamethylcyclopentasiloxane)	henkilökohtaiset hygieniatuotteet, esim. deodorantit
4-PC (4-phenylcyclohexene)	voimakas haju jo hyvin pienillä pitoisuuksilla, ärsyttävä. Sivutuotteena styreenin ja 1,3-butadieenin reaktiossa (lateksista), muovimatosta
2-metyylipropaanihapon 1-(1,1-dimetyylietyyli)-2-metyyli-1,3-propaanidiyyliesteri:	PVC-muovista
bentseeni	lyijytön bensiini, tupakointi, pakokaasut
alifaattiset hiilivedyt	joko sisä- tai ulkoilmasta, dieselautojen emissiot
aromaattiset hiilivedyt	liikennepäästöt (esim. bentseeni, alkyylibentseenit, tolueni, etyylibentseeni, trimetylibentseenit)
amiineja (mm. aniliini, quinoliini, nikotiini, pyridiini), limoneeni	tupakansavu
yksinkertaiset aromaattiset yhdisteet (tolueeni, bentseeni)	tupakansavu
alifaattiset ja aromaattiset hiilivedyt:	lämmitysöljy
klooratut ja alifaattiset hiilivedyt	liimat
mono- ja diklooribentseeni:	polyuretaani- ja polystyreenivaaho
limoneeni ja pineeni	detergentit (= pinta-aktiiviset aineet), kiillotusaineet
p-diklooribentseeni	deodorantit yms. hajusteet, koimyrkkypallot
asetoni	kosmetiikkatuotteet
alkoholit (etanoli, isopropanoli)	puhdistusaineet

2.1.1 VOC-yhdisteiden esiintyminen

VOC-yhdisteet eli kaasumaiset epäpuhtaudet voivat olla lähtöisin itse rakennuksesta, ihmisen toiminnoista, ihmisestä itsestään tai ulkoilmasta. Epämiellyttävä haju on usein merkki sisäilmaongelmasta. Näitä epämiellyttäviä VOC-yhdisteitä

voi aiheutua esimerkiksi rakennus- tai sisustusmateriaaleista, lattiakaivon vesilukosta, kosmetiikasta, pesu- ja pudistusaineista, tekstiileistä ja palamiskaasuista esimerkiksi liikenteestä tai tupakoinnista. (3, s. 10-11.)

Huoneilman VOC-pitoisuuteen vaikuttaa useat eri tekijät. Niitä on muun muassa rakennuksen ikä, VOC-yhdisteitä sisältävät materiaalit sekä ilmanvaihto. (Kuva 1.) (6.)



KUVA 1. Erilaisia epäpuhtauslähteitä on todella paljon (7, s. 2)

2.1.2 VOC-yhdisteiden vaikutus terveyteen ja sen pitoisuudet

VOC-yhdisteet ovat yksi syy sisäilmaongelmiin. Niiden vaikutukset terveyteen ovat yleensä palautuvia ja häviävät pian altistumisen jälkeen. TVOC-yhdisteille voi oireilla eri pitoisuuksissa seuraavasti:

- TVOC < 200 µg/m³ ei oireilua
- TVOC = 200...3 000 µg/m³ oireilua voi esiintyä
- TVOC > 3 000 µg/m³ epämiellyttävä olo

- TVOC > 25 000 µg/m³ myrkytysoireita. (5.)

Tyypillisimmät oireet ovat

- ärsytysoireet (nenä- ja silmäoireet)
- ylähengitystieoireet
- iho-oireet
- toistuvat flunssat
- päänsärky
- väsymys
- astmaatikkojen oireet. (7, s. 4.)

Nykyään esimerkiksi tekstiilimattojen materiaalien ja valmistuksen on täytettävä niille asetetut päästörajoitukset sekä laatuvaatimukset. Yleisin on M1-luokitus. On todettu, että hyvin hoidetut ja siivotut tekstiilimatot eivät aiheuta allergisia sairauksia. Huonepölypitoisuudet voivat olla jopa alempia kuin tiloissa, joissa on kovapintaiset lattiapinnoitteet. (7, s. 11.)

2.1.3 Toimenpiderajat

Tolueenivasteella lasketun kokonaispitoisuuden orgaanisten yhdisteiden osalta (TVOC) toimenpiderajana sisäilmassa pidetään arvoa 400 µg/m³. Tämä tarkoittaa sitä, että kun orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus ylittää sisäilmassa 400 µg/m³ on terveyshaittojen selvittämiseksi ja tarvittaessa niiden poistamiseksi tai rajoittamiseksi ryhdyttävä toimenpiteisiin. Tällä ei tosin tarkoiteta sitä, että jos kokonaispitoisuus on alle 400 µg/m³, niin terveydellistä vaaraa orgaanisista yhdisteistä ei olisi. (8, s. 3-4.)

Mikäli kokonaispitoisuuden toimenpiderajan ylittymisen jälkeen todetaan, että ylittyminen johtui yhdisteistä, joista ei ole terveydelle haittaa, toimenpiderajan ylittyminen ei tällöin johda muihin toimenpiteisiin. Kokonaispitoisuuden toimenpiderajan ylittyminen edellyttää yksittäisten yhdisteiden merkityksen selvittämistä. (8, s. 3-4.)

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden toimenpideraja sisäilmassa on siis noin 400 µg/m³. Yksittäisen haihtuvan orgaanisen yhdisteen toimenpideraja on sisäilmassa puolestaan 50 µg/m³. (8, s. 4.)

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden toimenpideraja sisäilmassa on noin 400 µg/m³. Yksittäisen haihtuvan orgaanisen yhdisteen toimenpideraja on sisäilmassa puolestaan 50 µg/m³. Mikäli toimenpiderajan ylittymisen jälkeen todetaan, että 50 µg/m³ ylittyminen johtui yhdisteestä, joka ei ole kyseisessä pitoisuudessa terveydelle haitallinen, toimenpiderajan ylittyminen ei johda toimenpiteisiin. Tällaisia yhdisteitä ovat esimerkiksi terpeenit tai siloksaanit. Tästä poiketen kuitenkin seuraavien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden huoneilman tolueenivasteella lasketut pitoisuuden toimenpiderajat voivat olla jopa 10 µg/m³. Toimenpiderajat käyvät ilmi taulukosta kaksi. (8, s. 3-4.)

TAULUKKO 2. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden toimenpiderajat (8, s. 3)

Yhdiste	Toimenpideraja
2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidioli diisobutyraatti (TXIB)	10 µg/m³
2-etyyli-1-heksanoli (2-EH)	10 µg/m³
Naftaleeni	ei saa esiintyä hajua, 10 µg/m³
Styreeni	40 µg/m³

2.2 Hiilidioksidi

Vapaana hiilidioksidi esiintyy joko kaasuna tai kiinteässä muodossa hiilidioksidijäänä. Meille tutumpi kaasumainen hiilidioksidi on väritöntä, lähes hajutonta sekä ilmaa raskaampaa. Vastaavasti kiinteä hiilidioksidijää on kylmää ja lumenkaltaista täysin hajutonta ainetta. Se muodostaa ilman kanssa sumua. (9.)

Sisäilman hiilidioksidi, jota hengitetään, on pääasiassa peräisin ihmisestä. Se syntyy ihmisen aineenvaihdunnan tuloksena. Hiilidioksidin suuri määrä kertoo huonosta ilmanvaihdesta ja sitä kautta sisäilmaan kerääntyvistä epäpuhtauksista. (10.)

Sisäilmastoluokitus

Sisäilmastoluokitus on tarkoitettu käytettäväksi asetettaessa sisäilmastotavoitteita, jotka koskevat tavanomaisia työ- ja asuintiloja (toimisto- ja julkiset rakennukset, koulu-, päiväkot- ja asuinrakennukset). Sisäilmastoluokitusta käytetään ensisijaisesti uudisrakennuskohteiden S1- ja S2-luokkien sisäilmastotavoitteiden asettamiseen, kun tavoitellaan määräystasoa parempaa sisäilmastoa. (11, s. 5.)

Sisäilmastoluokitus on kolmitasoinen. Se sisältää laatuluokat S1, S2 ja S3. Sisäilmastoluokassa S1 päästään todennäköisimmin käyttäytyvyydeltään suurempaan osuuteen kuin muissa luokissa. Tavoitteen asettaminen sisäilmastolle edesauttaa eri toimijoiden yhteistyötä ja vähentää siten terveyttä tai viihtyvyyttä heikentävien ongelmien syntymisen riskiä. (11, s. 5.)

S1: Yksilöllinen sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat viihtyisät eikä vetoa tai yllämpenemistä esiinny. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniolosuhteet, ja hyviä valaistusolosuhteita on tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus. (11, s. 5.)

S2: Hyvä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta yllämpeneminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet. (11, s. 5.)

S3: Tyydyttävä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät maankäyttö- ja rakennuslain nojalla annetut säädökset ja terveydensuojelulain perusteella asetetut vähimmäisvaatimukset. Asetusten vaatimusten täyttyminen ei välttämättä edellytä S3-luokan tavoitearvojen käyttämistä. S3-luokan arvot esitetään tässä ensisijaisesti vertailun tueksi. (11, s. 5.)

Suomessa hiilidioksidin enimmäismääräpitoisuudesta sisäilmassa on tehty tavoitearvot. Tarkemmin hiilidioksidipitoisuuksien enimmäisarvot sisäilmastoluokituksen mukaan ovat jaettu seuraavalla tavalla:

- sisäilmastoluokka S1 < 350 ppm
- sisäilmastoluokka S2 < 550 ppm
- sisäilmastoluokka S3 < 800 ppm. (11, s. 7.)

Suomessa sisäilman laatua koskevat vaatimuksen on jaettu kolmeen eri luokkaan, joista S1 on paras. Se turvaa mahdollisuudet hyvinvointiin ja pyrkii tarjoamaan myös yksilöllisen säädön ja valinnan mahdollisuuden. Luokka S2 kuvaa tasoa, joka täyttää viihtyisälle sisäilmastolle asettavat vaatimukset äärimmäisen hyvin. Alinta hyväksyttävää tasoa kuvaa luokka S3. Se on lähellä viranomaisten asettamia minimivaatimuksia ja vastaa ehkä tämän hetken yleisintä vaatimustasoa. (12, s. 2.)

2.3 Sisäilman suhteellinen ilmankosteus (RH)

Normaaliolosuhteissa ilma sisältää aina vesihöyryä eli kosteutta. Vesi siirtyy ilmaan yleensä haihtumalla. Suhteellinen ilmankosteus kertoo prosentuaalisen arvon, kuinka paljon kyseisen lämpöinen ilma sisältää vesihöyryä. Normaalisti ilman suhteellisen kosteuden tulisi olla 30-50 prosenttia. (13; 14.)

2.3.1 Kuivan sisäilman vaikutus terveyteen

Liian kuiva sisäilma vaikuttaa ihmisen terveyteen erilaisin tavoin. Se vaikuttaa erityisesti hengityselimiin. Oireina voi olla muun muassa nenän tukkoisuus, kur-

kun kuivaminen sekä väsymyksen tunne. Etenkin astmaatikkojen kannattaa tarkkailla sisäilman kosteusprosenttia, sillä pöly leijailee paremmin kuivassa ilmassa, joten pölystä aiheutuvat oireet ovat tällöin yleisiä. (15.)

2.3.2 Ilmankosteuden vaikutus

Liian kuiva ilma aiheuttaa puurakenteille kutistumia, esimerkiksi parketissa tämä saattaa esiintyä rakoiluna. Parkettivalmistajat suosittelevatkin kosteusprosentiksi 40 - 60 % rakoilun välttämiseksi. (15.)

Talvella suhteellinen kosteus voi laskea jopa alle 20 %, kun sopivana kosteutena pidetään yleisesti talviaikaan 20 - 40 %. Jos kosteus on tätä suurempi, niin se alkaa tiivistyä ikkunoihin, muihin kylmiin pintoihin ja pahimmassa tapauksessa rakenteiden sisään. Huoneilmaa voidaan tarvittaessa kostuttaa ilmankostuttimella, mutta huonosti hoidettuna se voi levittää huoneilmaan mikrobeja. Tästä syystä kostutinta on pidettävä puhtaana eikä siinä saa seisottaa vettä. Hyvän hygieenisen kostuttimen tunnistaa siitä, että se tuottaa höyryä vettä kuumentamalla. (16.)

Kesällä sisäilman kosteus vaihtelee ulkoilman kosteuden mukaan. Se vaihtelee 50 %:sta 70 %:iin. Mitä kauemmin sisäilman kosteus on suuri, sitä korkeammaksi riski mikrobikasvustolle kasvaa. Sitä voi kasvaa muun muassa rakenteisiin, laitteisiin tai niiden pinnoilla. Liian kostea sisäilma aiheuttaa vaarallisimmillaan home- ja kosteusvaurioita, joista voi seurata käyttäjälle vakaviakin terveysongelmia. (16.)

2.4 Sisäilman lämpötila

Sisäilman lämpötila koetaan hyvin yksilöllisesti. Jotkut viihtyvät paremmin viileässä ja toiset taas lämpimässä huoneilmassa. On todistettu, että ihmisen fysiologiset ominaisuudet vaikuttavat jopa kuusi astetta. Esimerkiksi lihaksikas urheilija kokee 20 °C:n hyvinkin riittäväksi, mutta hoikka vanhus olisi tyytyväinen vasta huomattavasti lämpimämmässä. Siihen, miten lämpötila aistitaan, vaikuttavat lämpötilan lisäksi ilmankosteus, vaatetus, toiminnan laatu, lämpösäteily sekä ilman virtausnopeus. (16; 17.)

2.4.1 Lämpötilojen arviointi

Työturvallisuuslain mukaan on työnantajan tehtävänä selvittää, onko työntekijöiden työssä tilanteita, joissa lämpötiloista voisi olla heille haittaa. Tällöin työnantajan on arvioitava lämpötilojen merkitystä työntekijän turvallisuudelle ja terveydelle ja tarvittaessa päätettävä tämän arvioinnin perusteella, miten vähentää haittaa. (14.)

Koska suoranaisia raja-arvoja lämpötiloille tai lämpöoloille ei ole, on niiden merkitys arvioitava tapauskohtaisesti. Arvioinnin helpottamiseksi työsuojeluhallinnossa on tehty työn raskauden mukaiset suositusarvot ilman lämpötilalle ja virtausnopeudelle, jotka käyvät ilmi taulukosta kolme. (14.)

TAULUKKO 3. Ilman lämpötilalle ja virtausnopeudelle laaditut suositusarvot (14)

Työn raskaus	Lämmön tuotto	Lämpötilasuositus	Ilman liike
kevyt istumatyö	alle 150 W	21–25 °C	alle 0,1 m/s
muu kevyt työ	150–300 W	19–23 °C	alle 0,1 m/s
keskiraskas työ	300–400 W	17–21 °C	alle 0,5 m/s
raskas työ	400–W	12–17 °C	alle 0,7 m/s

2.4.2 Lämpötilan vaikutus terveyteen ja rakennukseen

Liian alhainen sekä liian korkea sisälämpötila haittaavat asumisviihtyvyyttä ja voivat aiheuttaa käyttäjälle terveysongelmia. Liian lämmin sisäilma koetaan tunkkaiseksi ja kuivana. Talvisaikaan liian lämmin sisäilma voi johtaa hengitystieoireiluihin ja aiheuttaa kuivuuden tunnetta. (16.)

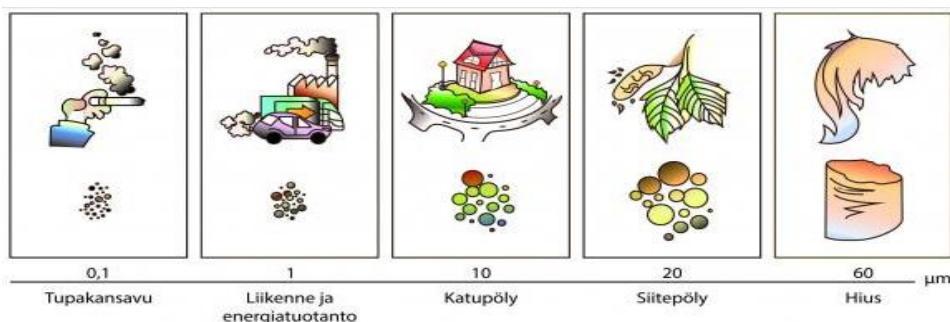
Ilmanvaihdesta johtuva viileä korvausilma koetaan muutoin lämpimässä huoneessa usein vetona. Liian alhainen huone- ja/tai lattialämpötila voi olla asumisviihtyvyys ja terveyshaitta. Kylmistä lattioista kärsivät useasti lapset, jotka leikkivät pääasiassa lattianrajassa. Kylmä sisäilma hidastaa pesutilojen kuivumista, joka saattaa pahimmassa tapauksessa johtaa esimerkiksi homevaurioiden kehittymiseen. (16.)

Suuret matalalta alkavat ikkunapinnat aiheuttavat paljon kylmäsäteilyä. Se tunnetaan vetoa. Vetoa voidaan vähentää esimerkiksi asettamalla heti ikkunan läheisyyteen lämmityslaite, joka lämmittää ikkunan sisäpintaa vähentäen kylmäsäteilyä. (16.)

2.5 Sisäilman partikkelit eli hiukkaset

Hiukkaset ovat monimuotoinen yhdistelmä orgaanisia aineita. Tällaisia ovat esimerkiksi savu, pöly sekä aerosolit. Hiukkaset ovat halkaisijaltaan 0,1 – 10 mikrometrin kokoisia. (Kuva 2.) (18.)

Karkeina hiukkasina pidetään hiukkasia, joiden halkaisijan koko on 2,5 – 10 mikrometriä. Pienhiukkasina pidetään taas niitä, joiden halkaisijan koko on alle 2,5 mikrometriä. (19.)



KUVA 2. Erikokoisia hiukkasia suhteessa hiuksen halkaisijaan (19)

Hengitettävien hiukkasten lähteet ovat pääasiassa energian tuotannosta ja/tai liikenteestä peräisin ja tulevat ulkoilman kautta sisään. Sisäympäristön hiukkaslähteet aiheutuvat ihmisen toiminnasta, esimerkiksi ruoanlaitosta, kynttilöiden ja takkapuiden poltosta tai vaatteiden silittämisestä. Sisälähteet ovat hyvin hetkellisiä. (4, s. 9.)

Teollisia mineraalikuituja ovat muun muassa keraamiset kuidut, eristevilla- ja lasikuidut. Niiden lähteitä ovat esimerkiksi ilmanvaihtolaitteistojen rikkoutuneet äänenvaimentimet, vanhentuneet tai rikkoutuneet mineraalikuituiset akustiikkalevyt huonetiloissa ja avonaiset mineraalivilla eristeet sekä lämmöneristekerroksen kautta kulkevat ilmavuodot. (4, s. 9.)

2.5.1 Partikkeleiden vaikutus terveyteen

Karkeita partikkeleita syntyy esimerkiksi tiepölystä sekä palamisesta. Partikkelit likaavat ympäristöä, vähentävät viihtyisyyttä sekä aiheuttavat erilaisia terveyshaittoja. Näitä on muun muassa silmien ja ylähengitysteiden ärsytysoireet. Olo helpottuu kuitenkin yleensä melko nopeasti, kun hiukkaset poistuvat elimistöstä esimerkiksi yskimällä. Uusimpien tutkimusten mukaan karkeat hengitettävät hiukkaset voivat pahentaa astmaa ja keuhkohtaumaa. (18; 19.)

Pienhiukkaset sisältävät muun muassa metalleja sekä happoja. Pienhiukkaset pienen kokonsa vuoksi ne pääsevät tunkeutumaan aina keuhkorakkuloihin saakka. Hiukkaset, joiden halkaisija on alle 0,1 mikrometriä, voivat päästä keuhkorakkuloista verenkiertoon, jolloin ne voivat vaikuttaa elimistössä pitkiäkin aikoja. Niitä kutsutaan ultrapieniksi hiukkasiksi. (18; 19.)

Lyhytaikainen altistuminen pienhiukkasille voi lisätä hengitystieinfektioita ja pahentaa astmaa, sepelvaltimo- sekä keuhkohtaumatautia. Pitkäaikaisen pienhiukkasaltistumisen on todettu jopa lyhentävän elinikää. (19.)

2.5.2 Huonepöly

Huonepöly on leijuvaa ja laskeutuvaa pölyä, joka koostuu epäorgaanisista ja orgaanisista hiukkasista. Orgaanisia hiukkasmaisia epäpuhtauksia on muun muassa homeitiöt, bakteerit, virukset ja punkit. Epäorgaaniset kuitumaiset hiukkaset puolestaan ovat muun muassa mineraalivillat sekä asbesti. Huonepöly jaetaan hieno- ja karkeapölyyn. Leijuvaa pölyä poistetaan ilmanvaihdolla. Laskeutunut pöly poistetaan erilaisilla siivousmenetelmillä. (20.)

Hienopölyn hiukkaset ovat halkaisijaltaan alle yhden mikrometrin ja sisältää muun muassa noki-, öljy- sekä raskasmetallihiukkasia. Karkeapölyn hiukkaset puolestaan ovat halkaisijaltaan yli yhden mikrometrin. Ne ovat ihmisen tuottamia tai peräisin ulkoilmasta. Rakennuspöly on tyypillisesti karkeaa pölyä. (20.)

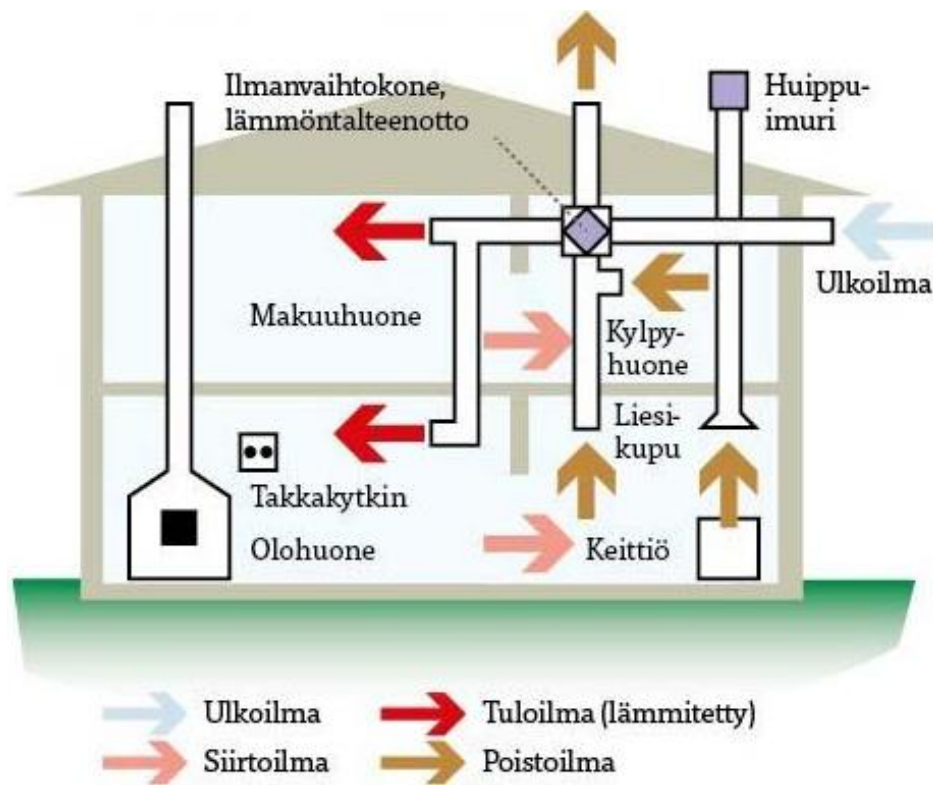
2.5.3 Toimenpiderajat

Hengitettävillä hiukkasilla (PM₁₀) tarkoitetaan hiukkasia, joiden halkaisija on alle 10 mikrometriä. Näiden hiukkasten sisäilmapitoisuuden toimenpiderajana pidetään ulkoilman vuorokausipitoisuuden raja-arvoa 50 µg/m³. Hiukkasten, joiden halkaisija on alle 2,5 mikrometriä, toimenpiderajana sisäilmassa pidetään 25 µg/m³. (4, s. 9.)

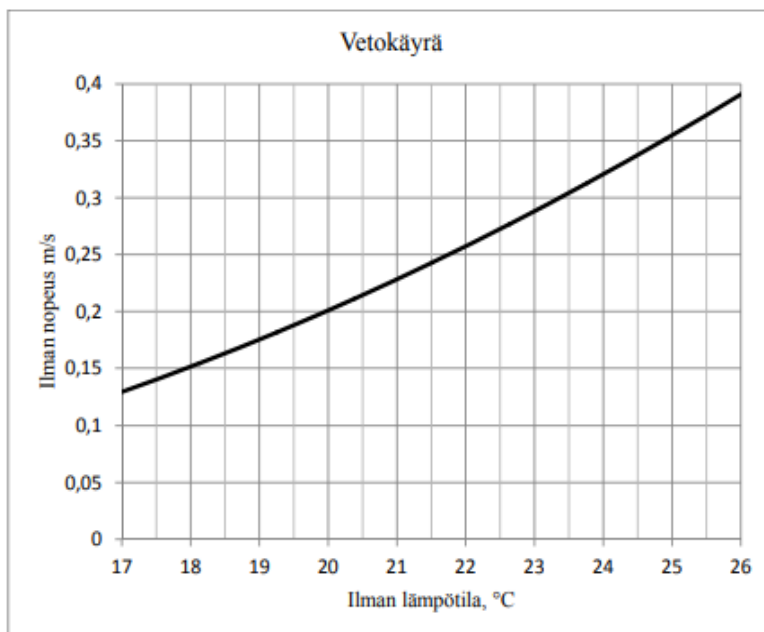
2.6 Koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä ja paine-ero

Ilmanvaihdon tehtävänä on tuoda käyttäjälle puhdasta ilmaa hengitykseen ja poistaa rakennuksessa syntyvät epäpuhtaudet. Ilmanvaihto tulee järjestää siten, että sisäilma vaihtuu koko oleskeluvyöhykkeellä. Lisäksi rakennuksen käyttöajan ulkopuolella ilmanvaihdon tulee olla sellainen, ettei rakennus- ja sisustusmateriaaleista tai muista lähteistä vapautuvien ja kulkeutuvien epäpuhtauksien kertyminen sisäilmaan aiheuta käyttöaikana tiloissa työskenteleville tai oleskeleville terveyshaittaa. (21; 22.)

Ilmanvaihdon toiminta perustuu paine-eroihin. Tällöin ilma virtaa suuremmasta paineesta pienempään. Koneellisessa ilmanvaihdossa sekä tulo- että poistoilmaa liikutetaan koneellisesti rakennuksen sisällä. (Kuva 3.) Tämä varmistaa tasaisen ilmanvaihtuvuuden rakennuksessa. Sisäilman virtausnopeukselle on asetettu arvot, joita se ei saa ylittää. (Kuva 4.) (22, s. 13.) Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän etuna on sen energiatehokkuus. Tässä järjestelmässä lämpöenergiaa hyväksi käyttämällä saadaan lämmitettyä tuloilmaa lämmöntalteenoton avulla. (21; 23.)



KUVA 3. Havainnekuva koneellisesta tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmästä omakotitalossa (23)



KUVA 4. Ilman virtausnopeuden enimmäismäärä (22, s. 13)

Ilmanvaihdon ilmavirtojen mitoitus pohjautuu pääasiassa huoneen pinta-alaan tai siellä oleskelevien ihmisten lukumäärään. Pinta-alaan pohjautuvat ilmanvaihdon

mitoitusarvot vaihtelevat välillä 1...6 l/m². Henkilöä kohden määritetyt ilmamäärät vaihtelevat välillä 4...6 l/m². Ilmanvaihdon mitoituksen tulisi pohjautua epäpuhtauslähteiden määrään: mitä enemmän epäpuhtauslähteitä on, sitä suurempi on ilmanvaihto. (24, s. 9.)

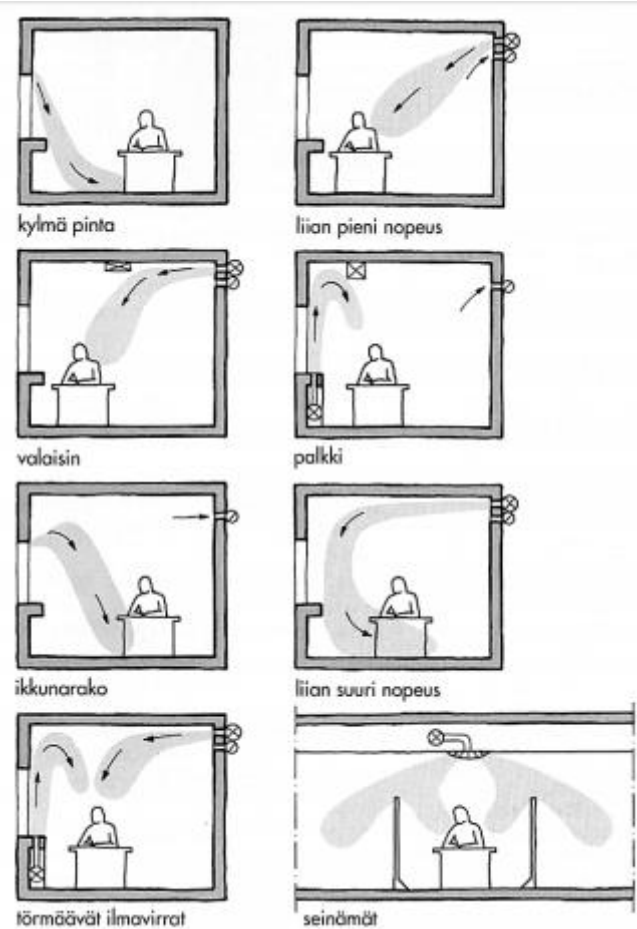
Ilmanvaihdon mitoituksen ohjearvot perustuvat lähtökohtaisesti jatkuvaan käyttöön. Mahdollinen jaksottainen käyttö otetaan huomioon mitoituksessa. Jaksotteisessa käytössä epäpuhtauspitoisuudet nousevat seisokin aikana ja esimerkiksi absorboituvat ilmasta huoneen pintoihin. Seisokin aikana on mahdollista, että kosteus tiivistyy ilmanvaihtokanaviin aiheuttaen sinne mikrobikasvustoa, joka voi levittää itiöitä tuloilman mukana sisälle. (24, s. 9.)

Esimerkiksi useiden toimistorakennusten ilmanvaihto on jaksottaista energiansäästösyistä. Tällöin ilmanvaihto voidaan laittaa yön ajaksi kiinni. Pitää kuitenkin muistaa, että ilmanvaihto on laitettava uudelleen päälle vähintään 2 - 3 tuntia ennen ensimmäisten työntekijöiden saapumista. (21.)

Erityisen tärkeää on ottaa huomioon voimakkaampien epäpuhtauksien ja hajujen poisto uusissa ja peruskorjatuissa rakennuksissa. Uudisrakennusta käyttöönotettaessa ilmanvaihdon tulisi toimia ja olla päällä keskeytyksettä 12 kuukautta rakennuksen valmistumisen jälkeen. (24, s. 9.)

Epäpuhtaudet on hyvä poistaa syntysijoiltaan ennen kuin ehtivät levitä ympäröiviin tiloihin. Kaikki niin sanotut kiinteät epäpuhtauskohteet, kuten liesi ja märkätilat, pitää varustaa kohdepoistolla. (21.)

Tuloilma tulee johtaa puhtaimpiin tiloihin, asuinnoissa makuuhuoneisiin, joista ilma virtaa siirtoilmana keittiöön ja märkätiloihin. Toimistojen tuloilmajärjestelyissä on varottava oikosulkuvirtausta tuloelimestä suoraan poistoventtiiliin. Lisäksi on huomioitava ilman esteetön virtaus tuloilmasäleiköstä (Kuva 5.) (21.)



KUVA 5. Ilmavirran liikehdintää (24, s. 5)

2.6.1 Alipaineisuus koneellisessa ilmanvaihdossa

Rakennuksen vaipan tiiviys on hyvin keskeinen rakenteiden kosteudensiirtoon ja ilmanvaihdon toimintaan vaikuttava tekijä. On tärkeää, että ilma kulkee rakenteesta ulkoa sisälle, koska Suomen kylmässä ilmastossa seinän sisään pääsevä sisäilman kosteus tiivistyy herkästi. Kosteuden tiivistyminen rakenteisiin voidaan estää esimerkiksi tiiviillä höyrynsululla. Ilmanvaihto pysyy parhaiten hallinnassa, kun lähes kaikki ilma kulkee ilmanvaihtojärjestelmän kautta. Viime vuosina on syytetty liian tiiviitä rakenteita sisäilman ongelmista. On nostettu esiin niin sanotut ”pullotalot”. Tiiveys itsessään ei kuitenkaan ole ongelmien aiheuttaja, vaan sisäilman epäpuhtauslähteet ja puutteellinen ilmanvaihto niiden torjunnassa. (21; 24, s. 14.)

Hallitsemattomat ilmavuodot rakenteissa aiheutuvat rakennusvaiheessa jääneistä raoista, asennuksen yhteydessä vioittuneista höyrysuluista sekä käytössä kuluneista rakennusosista ja tiivisteistä. (21.)

2.6.2 Ylipaineisuus koneellisessa ilmanvaihdossa

Ylipaineisen ilmanvaihdon tunnusmerkkejä ovat ikkunoiden sisälasin sisäpinnan huurtuminen sekä ulkoseinänurkkiin tiivistyvä kosteus. Lämmin ja kostea sisäilma pyrkii ulos rakenteiden, niiden liitosten ja ilmavuotojen kautta, mikäli rakennuksen sisäilma on ylipaineinen ulkoilmaan nähden. Tällöin ilmavirtaus aiheuttaa rakenteisiin mikrobivaurioita, kun sisäilman kosteus tiivistyy rakenteiden kylmempiin osiin. Tästäkin syystä rakennuksen ilmanvaihdon on oltava lievästi alipaineinen ilmanvaihtojärjestelmästä riippumatta. (25.)

3 VALITTU KIINTEISTÖ

Opinnäytetyössä tarkastelun kohteena olevan kiinteistön sisäilman laatuun ei oltu käyttäjän puolesta tyytyväisiä. Lisäksi kiinteistöstä puuttui niin sanotusti johtava elin. Kiinteistössä on useita eri hallintokuntia; kuten Hyvinvointipalvelujen organisaatio (Hyve), sivistys- ja kulttuuripalvelut (Siku) sekä Monetra. Koska kiinteistössä on niin monta eri hallintokuntaa, niin kaikki palautteet esimerkiksi sisäilman laadusta eivät ehkä löydä kiinteistöstä huolta pitävälle taholle.

3.1 Kiinteistön perustiedot

Kiinteistö on valmistunut vuonna 2007 vanhemman rakennuksen yhteyteen. Siinä on neljä kerrosta ja neljä eri porraskäytävää sekä kaksi kellarikerrosta. Se on pääosin toimistorakennus, jossa on erilaisia neuvottelu- ja palvelutiloja. Kohteessa ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla. Rakennus on perustukseltaan sekä rungoltaan teräsbetonirakenteinen. (26.)

Ennen sisäilman laadun todentamista kiinteistössä suoritettiin ilmanvaihtojärjestelmän huoltotöitä. Se sisälsi muun muassa kiinteistön tulo- ja poistokanavien puhdistamisen mekaanisesti harjaamalla, ilmanvaihtokoneiden puhdistamisen sisältä imuroimalla sekä raitisilmakammion imuroimisen. Lisäksi kaikki villalla eristetyt äänenvaimentimet on vaihdettu dacronilla eristettyihin, kaikki poistopäätelaitteet on pesty ja huippuimuroiden puhaltimiensiivet on puhdistettu sekä IMS-säätölaitteet poistettu käytöstä. Ilmamäärät myös mitattiin ja rakennus säädettiin hieman alipaineiseksi.

3.2 Kiinteistön ylläpito

Kiinteistöstä pitävät huolta kiinteistönhoitaja sekä virastomestari. Heidän lisäksi kiinteistöä siivoaa ulkoinen toimija. (26.)

Normaali ylläpitosiivous suoritetaan kiinteistössä päivittäin (wc-tilat, portaikot, aulat, neuvottelutilat, kahvitilat, jne.), mutta yleensä toimistot siivotaan 1-2 kertaa viikossa. Kohteessa on pääosin lattiamateriaalina tekstiilimatto, joka imuroidaan

toimistotiloissa kahdesti viikossa (kerran viikossa kauttaaltaan ja kerran viikossa kulkuväylät lisäksi). (26.)

Tasopinnat siivotaan ulottuvuuskorkeudelta, alle 180 senttimetrin korkeudelta, kerran viikossa. Tasopinnoilla tarkoitetaan muun muassa työpöydät, ikkunalaudat sekä hyllyjen ja kaappien päälliset. Puhdistus tehdään vapailta tasopinnoilta, joten kohteen työntekijöiden täytyy antaa siivoojille mahdollisuus suorittaa sopimuksen mukainen siivous. (Kuva 6.) Esimerkiksi jos siivouspäiväksi on valittu tiistaiaamu, on työntekijöiden tyhjennettävä työpisteensä sekä muun tasopinnat maanantaina pois lähtiessään siihen kuntoon, että siivooja pääsee tekemään työnsä sovitusti. (26.) (Kuva 6.)



KUVA 6. Tasopintojen siivottavuus kiinteistön eri tiloissa oli varsin vaihteleva

Toimistotiloissa käytetään sisäkenkiä tai kenkäsuojuksia, jotta lattiat pysyisivät mahdollisimman siistissä kunnossa (kuva 7).



KUVA 7. Hyvää siisteystasoa pyritään ylläpitämään muun muassa käyttämällä kenkäsuoja

4 SISÄILMAN LAADUN KYSELY KÄYTTÄJILLE

Sisäilman laatu -kyselyn tarkoituksena oli kartoittaa kiinteistön sisäilman laatua ja sitä, millaisena käyttäjä sen kokee. Tavoitteena oli myös saada selville ne tilat, jotka käyttäjä kokee sisäilman laadultaan kaikista epämiellyttävimpänä. Kysely suoritettiin sähköisellä ZEF-kyselytyökalulla.

4.1 Lokakuun kysely

Kysely suoritettiin lokakuussa 2018 ja se lähetettiin kaikkiaan 227 henkilölle. Kutsuviesti kyselyyn oli henkilökohtainen sähköpostiviesti, joka suunniteltiin mahdollisimman hyvin, sillä sen tiedettiin vaikuttavan ratkaisevasti vastausprosenttiin. Vastaamisen tärkeyttä painotettiin muun muassa opinnäytetyön tekemisen mainitsemisella. (Kuva 8.)

Kyselyyn kutsun saanut näki, keltä kutsu oli peräisin. Kutsu oli henkilökohtainen.

Hei!

Kutsun sinut Joel Tikkinen antamaan palautteesi seuraavaan arviointiin:
sisäilman laatuun liittyvä kysely

Teen kiinteistön sisäilman laadusta opinnäytetyötä, joten vastauksesi on erityisen tärkeä. Toisen kyselyn teen vuodenvaihteen jälkeen.

Kysely sulkeutuu maanantaina 22.10.2018.
Kyselyyn vastaaminen vie aikaasi noin 2 minuuttia.

Vastaamisen voit aloittaa klikkaamalla seuraavaa linkkiä tai kopioimalla linkin Internet-selaimen osoiteriville
<https://player.myzef.com/>

Huom! Linkki on henkilökohtainen, ethän siis välitä sitä eteenpäin.

Suuret kiitokset vastauksista!
Liikelaitos Oulun Tilakeskus
Joel Tikkinen

KUVA 8. Kutsuviesti kyselyyn oli lyhyt ja selkeä

4.2 Lokakuun väittämät

Kyselyyn vastaaminen haluttiin pitää nopeana ja yksinkertaisena. Kyselyssä esitettiin kysymysten sijaan väittämiä, koska ne koettiin vastaajalle avoimia kysymyksiä helpoimmaksi. Lisäksi haluttiin vastausprosentin olevan mahdollisimman suuri. Väittämien vastauksia olisi myös täten helpompi vertailla myöhemmin esitetyn kyselyn väittämien vastauksiin. Vastauksien perusteella olisi myös helpompi saada selville ne tilat, jotka käyttäjä kokee sisäilman laadultaan epämiellyttävimmiksi. Väittämiä laatiessa apuna oli muun muassa Työterveyslaitoksen sisäilmastokyselyn lausunto ja siinä käsiteltäviä sisäilman laatutekijöitä. (27.)

Lopulta väittämiä muodostui 13. Joihinkin väittämiin seurasi jatkokysymys tai väittämä riippuen siitä, miten vastaaja oli alkuperäiseen väittämään vastannut.

Väittämät olivat seuraavanlaiset:

1. Työskentelen kerroksessa.
2. Työtilassani on ollut liian korkea lämpötila (yli 24 °C).
3. Työtilassani on ollut liian matala lämpötila (alle 21 °C).
4. Olen saanut oireita (päänsärky, yskä, silmien kirvely, ihottuma ym.), jotka saattavat johtua huonosta sisäilman laadusta.
5. Olen havainnut epämiellyttäviä hajuja.
6. Sisäilman laadussa on eroja eri vuorokauden aikana.
7. Pöytien tasopinnat ovat vapaat (papereista, ym.) ja siivottavissa.
8. Lattiapinnat ovat puhtaat ja pölyttömät.
9. Sisäilma tuntuu raskaalta/tunkkaiselta.
10. Sisäilma tuntuu raikkaalta ja puhtaalta.
11. Olen tyytyväinen sisäilman laatuun.
12. Sisäilman laatu vaikuttaa työpanokseeni negatiivisesti.
13. Ilmanvaihto on mielestäni riittävä.

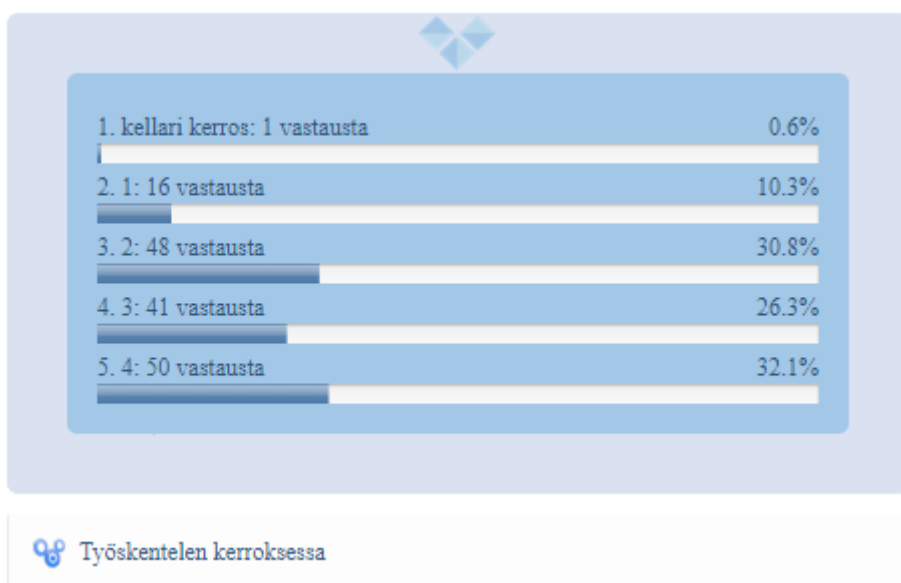
Väittämiä 2, 3, 4, 5, 6, 9 ja 12 seurasi jatkokysymys, mikäli vastaaja vastasi ”kyllä”. Lisäksi tällöin vastaajalla oli kommentointimahdollisuus kyseiseen väittämään. (Liite 3.)

4.3 Lokakuun vastaukset

Kyselyn vastasi 227 henkilöstä 159. Täten vastausprosentiksi muodostui 70 %. Osaa vastaanottajista kysely ei ikinä saavuttanut, sillä muutamia sähköposteja tuli takaisin. Vastausviesteistä kävi ilmi, että työntekijä oli esimerkiksi lomalla.

Väittämä 1: Työskentelykerros

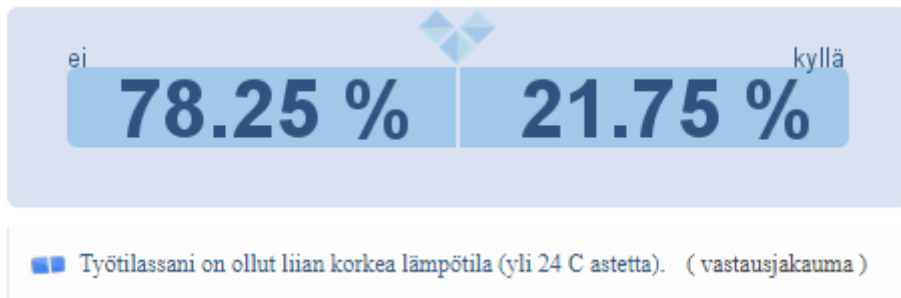
Kyselyn ensimmäisen väittämän osalta vastausprosentit jakoutuivat melko tasaisesti. Kellarissa ei ole paljon työskenteleviä henkilöitä ja ensimmäisessä kerroksessa ovat suuret aulatilat, joten toimisto- ja työskentelytilaa on tästä syystä vähemmän. Tästä syystä kiinteistössä työskennellään pääosin 2-4 kerroksissa. Kyselyyn vastanneista kellarikerroksessa työskenteli yksi henkilö, ensimmäisessä kerroksessa 16 henkilöä, toisessa kerroksessa 48 henkilöä, kolmannessa kerroksessa 41 ja neljännessä kerroksessa 50 henkilöä. (Kuva 9.)



KUVA 9. Kysely tavoitti vastaajat yllättävän tasaisesti eri kerroksista (väittämä on kuvan alareunassa)

Väittämä 2: Korkea lämpötila

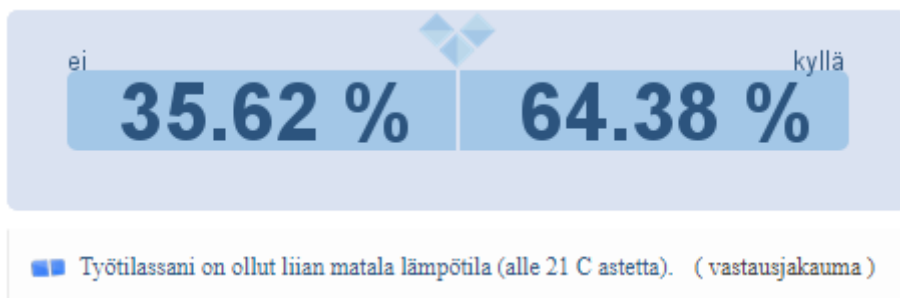
Tässä väittämässä käsiteltiin sisäilman lämpötilaa. Hieman yli 20 prosenttia vastaajista koki sisäilman lämpötilan liian korkeana, kun rajapintana pidettiin 24 °C. (Kuva 10.)



KUVA 10. Lämpötilaa ei koeta liian korkeana (väittämä on kuvan alareunassa)

Väittämä 3: Matala lämpötila

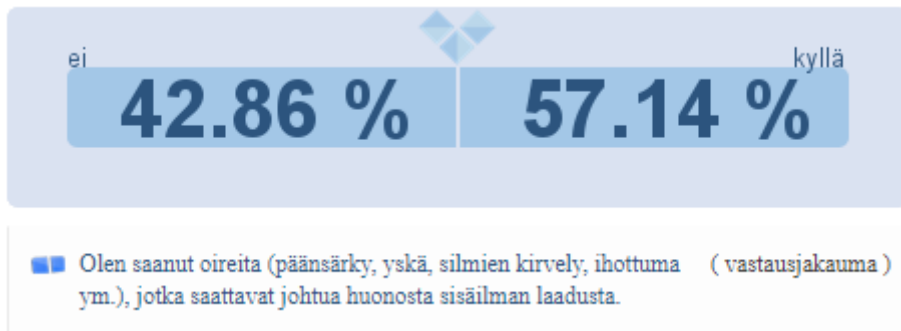
Kolmannessa väittämässä tiedusteltiin lämpötilan mataluudesta. Lähes kaksi kolmasosaa vastaajista koki lämpötilan liian matalana, kun rajapintana pidettiin 21 °C:ta. (Kuva 11.)



KUVA 11. 64 prosenttia vastaajista koki lämpötilan liian matalana (väittämä on kuvan alareunassa)

Väittämä 4: Oireet

Neljäs väittämä koski sisäilman laadusta johtuvia oireita. Oireina pidetään muun muassa yskää, silmien kirvelyä sekä ihottumaa. (Kuva 12.)



KUVA 12. Yli puolet vastaajista kokivat saaneensa oireita huonosta sisäilman laadusta (väittämä on kuvan alareunassa)

Seuraavassa on koottu havainnot, joita kyselyyn vastanneet ovat kirjanneet:

- ”Silmien kirvely, rähmiminen, kutina”
- ”Yskää ja tukkoisuutta (joka häviää kun ei ole työtilassa)”
- ”Silmät vuotaa aika ajoin...”
- ”Jatkuvaa flunssaa”
- ”Silmien kirvely ja kuivuminen”
- ”Silmät kuivaa (ilmanvaihto tehokkaampi erilainen kuin kotona)”.

Väittämä 5: Hajut

Väittämässä viisi vastaajat vastasivat koskien kiinteistön sisäilmassa olevia epämiellyttäviä hajuja. Kaksi kolmasosaa vastaajista ei ollut havainnut epämiellyttäviä hajuja. (Kuva 13.)



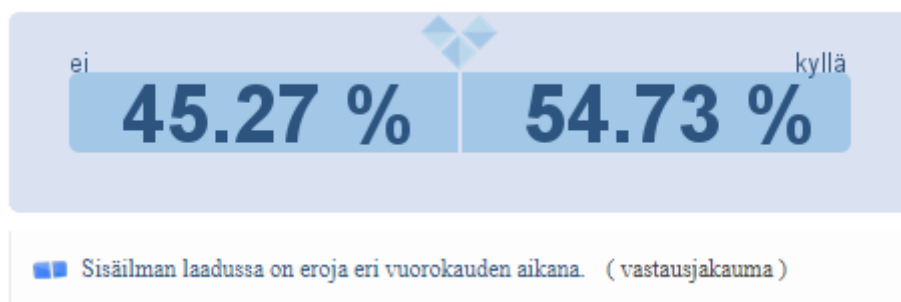
KUVA 13. Epämiellyttäviksi hajuiksi usein mielletään muun muassa liiallinen hajuveden käyttö tai ruokailutilasta kulkeutunut ruoan tuoksu toimistotiloihin (väittämä on kuvan alareunassa)

Seuraavassa on koottu havainnot, joita kyselyyn vastanneet ovat kirjanneet:

- ”WC viemäri haisee”
- ”Lähinnä hajuja aiheuttaa hikoilevat tai kovasti hajusteita käyttävät henkilöt”.

Väittämä 6: Sisäilman laatu

Sisäilman laatua eri vuorokauden aikana käsiteltiin väittämässä kuusi. Vajaa puolet vastaajista oli kokenut eroja sisäilman laadussa. (Kuva 14.)



KUVA 14. Mielipiteet sisäilman laadusta eri vuorokauden aikana jakoi vastaajat kahteen osaan (väittämä on kuvan alareunassa)

Seuraavassa on koottu havainnot, joita kyselyyn vastanneet ovat kirjanneet:

- ”kuuma - kylmä”
- ”aamulla kylmä ja tunkkaista”
- ”Alkuviiikosta kylmempää kuin keskellä viikkoa”
- ”aamulla ilma on jotenkin seisovan oloinen ja muuttuu sitten tunkkaiseksi päivän mittaan”
- ”Kokoushuoneet ja luokkahuoneet, ilmastointi ei tehokas, ja lämpötila erityisesti silloin, kun ihmisiä enemmän paikalla nousee”.

Väittämä 7: Pöytien tasopinnot

Seitsemännessä väittämässä oli kyse pöytien tasopinnoista niiden siisteystasosta. Kyseisessä kiinteistössä kaikki tasopinnot, jotka sijaitsevat alle 180 cm:n korkeudella, mukaan lukien työntekijöiden työpöydät, pyyhkii ulkoinen toimija 1-

2 kertaa viikossa. Kohteen työntekijöiden täytyy antaa siivoojille mahdollisuus suorittaa sopimuksen mukainen siivous.

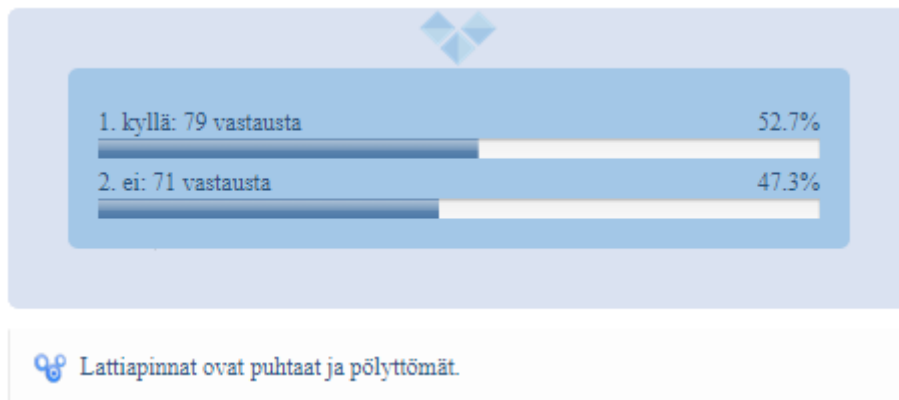
Esimerkiksi jos siivouspäiväksi on sovittu keskiviikkoamu, työntekijät tyhjentävät pöytänsä sekä muut tasopinnat tiistaina lähtiessään siivottavaan kuntoon, jotta siivooja pääsee tekemään työnsä sovitusti. Toisin sanoen puhdistus tehdään ai-noastaan vapailta tasopinnoilta. 80 henkilöä koki, että pöytien tasopinnat ovat vapaat ja siivottavissa. 71 henkilöä puolestaan kokivat pöytien tasopintojen olevan siivottomat. (26.) (Kuva 15.)



KUVA 15. Puolet vastaajista pitävät pöytänsä siivottavassa kunnossa (väittämä on kuvan alareunassa)

Väittämä 8: Lattiapinnat

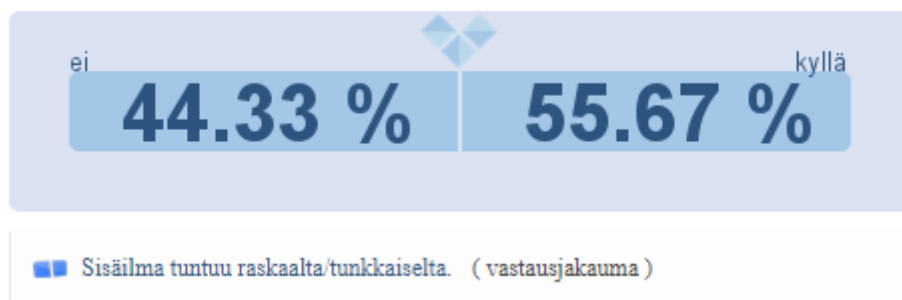
Kahdeksas väittämä koski kohteen lattioita ja niiden siisteystasoa. Kohteessa on porraskäytäviä sekä ensimmäisen kerroksen aulaa lukuun ottamatta pääosin tekstiilimatto ja sille suoritetaan imurointi ulkoisen toimijan puolesta kahdesti viikossa. 79 henkilöä oli sitä mieltä, että lattiat ovat puhtaat ja pölyttömät. 71 henkilöä oli eri mieltä. (26.) (Kuva 16.)



KUVA 16. Mielenpide lattiapintojen puhtaudesta jakoi vastaajat lähes kahtia (väittämä on kuvan alareunassa)

Väittämä 9: Sisäilman raskaus/tunkkaisuus

Väittämässä yhdeksän vastaajat vastasivat koskien sisäilman tunkkaisuutta. Yli puolet vastaajista kokivat sisäilman raskaalta/tunkkaiselta. (Kuva 17.)



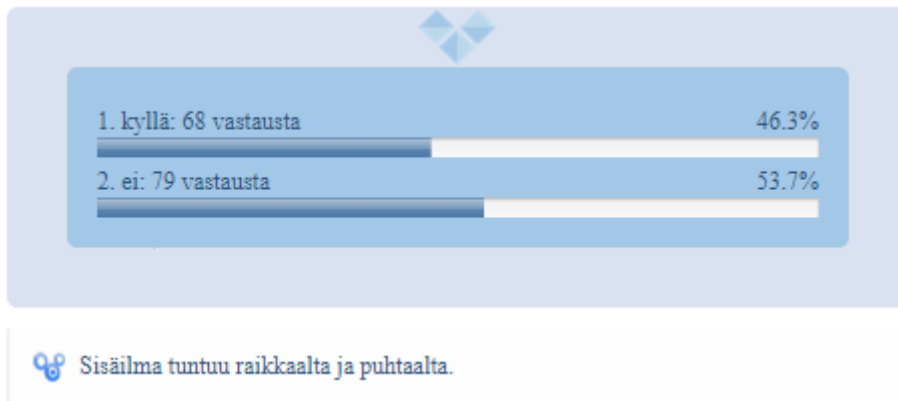
KUVA 17. Vastaajien mielenpide sisäilmaan (väittämä on kuvan alareunassa)

Seuraavassa on koottu havainnot, joita kyselyyn vastanneet ovat kirjanneet:

- ”tunkkainen haju joskus aamulla”
- ”Vaihtelevasti 4. krs:ssa”
- ”Ajoittain kaikissa tiloissa, jos ilmanvaihto ei tunnu toimivan ”täysillä”.
- ”Pienissä palaverihuoneissa silloin kun niissä työskentelee useampi henkilö.”
- ”Myöhään iltapäivällä, kun lämpimällä ilmalla tuuletusteho pienenee”.

Väittämä 10: Sisäilman raikkaus/puhtaus

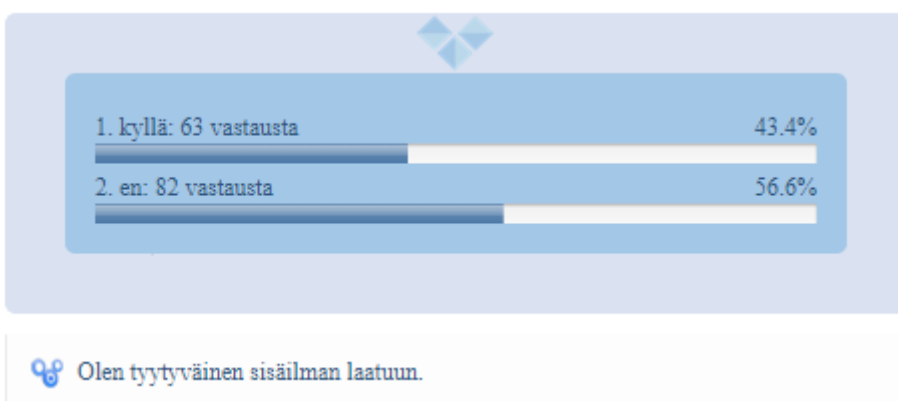
Kymmenennessä väittämässä käsiteltiin, tuntevatko käyttäjät sisäilman raikkaana ja puhtaana. Yli puolet vastaajista vastasi, ettei sisäilman raikkaus ja puhtaus miellytä. (Kuva 18.)



KUVA 18. Vain alle puolet vastaajista kokivat sisäilman raikkaana ja puhtaana (väittämä on kuvan alareunassa)

Väittämä 11: Tyytyväisyys

Yhdennessätoista väittämässä vastaaja pääsi ilmaisemaan tyytymättömyytensä tai tyytyväisyytensä sisäilman laatuun. Yli puolet vastaajista eivät olleet tyytyväisiä sisäilman laatuun. (Kuva 19.)



KUVA 19. Sisäilman laatuun jakaa mielipiteitä (väittämä on kuvan alareunassa)

Väittämä 12: Työpanos

Kahdennessatoista väittämässä oli kyse sisäilman laadun vaikutuksesta työpanokseen negatiivisesti. 48 prosenttiin vastaajista sisäilman laatu vaikuttaa heidän työpanokseensa negatiivisesti. (Kuva 20.)



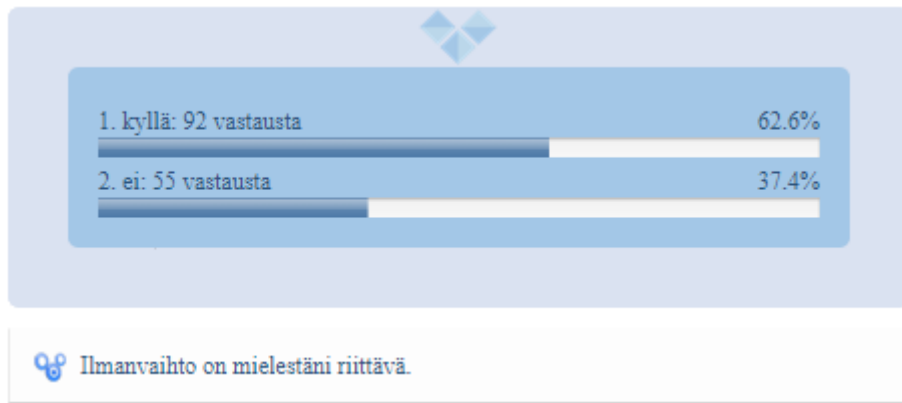
KUVA 20. Sisäilman laatu vaikuttaa työntekijän työpanokseen (väittämä on kuvan alareunassa)

Seuraavassa on koottu havainnot, joita kyselyyn vastanneet ovat kirjanneet:

- ”Ilmanvaihto ei ole aina päällä”
- ”Saan työtilassa ollessani silmäoireita, ääni painuu kokonaan, päänsärkyä/migreeniä viikoittain, vaikeutta keskittyä”
- ”lämpötila ei ole tasainen, silmien kirvely ja tunkkainen olo heikentää keskittymistä”
- ”Pölyä paljon leijailee, ilmastointi välillä täysillä ja välillä tehoton.”
- ”Vedon tunne on epämiellyttävä. Ikävä tehdä töitä palellen ja niskat jumissa. Ajoittainen raskas ilma vaikuttaa luonnollisesti vireystasoon.”
- ”Keskittymiskyky heikkenee päänsäryn ja vilun tunteen vuoksi”
- ”olo väsynyt ja raskas”.

Väittämä 13: Ilmanvaihto

Viimeinen väittämä koski ilmanvaihtoa ja sen riittävyyttä. Lähes kaksi kolmasosaa koki ilmanvaihdon riittävänä. (Kuva 21.)



KUVA 21. Reilusti yli puolet kokee ilmanvaihdon riittäväksi (väittämä on kuvan alareunassa)

5 SISÄILMAN LAATUTEKIJÖIDEN TODENTAMINEN

Sisäilman laatutekijöitä todennettiin anturitekniikalla. Antureita asennettiin 2 - 4 kappaletta neljään eri kerrokseen. Ne todensivat sisäilmasta

- VOC-pitoisuuksia
- hiilidioksidipitoisuuksia
- suhteellista ilmankosteutta
- lämpötilaa.

Lisäksi ensimmäisestä neljänteen kerrokseen asennettiin partikkeleita todentava anturi. Kaikki anturit toimivat verkkovirran avulla ja tarvitsivat tukiaseman jokaiseen kerrokseen. Kiinteistön omistaja näki antureiden todentavat arvot pilvipalvelussa. Lisäksi kerrokseen 1-4 asennettiin tablettietokone, joista käyttäjä näki itse reaaliajassa sisäilman laadun. Anturit olivat pieniä valkoisia laatikoita, joista lähti sininen johto. (Kuva 22.)



KUVA 22. Toinen antureista todensi partikkeleita ja toinen lämpötilaa, VOC-päästöjä, suhteellista kosteutta sekä hiilidioksidipitoisuutta

5.1 Anturoiden sijoittaminen kiinteistöön

Anturit sijoitettiin kiinteistöön lokakuussa vuonna 2018 kyselyvastauksissa esille mainittuihin tiloihin. Vastaukset käytiin yksitellen läpi, joten niistä sai kattavan kuvan rakennuksesta ja niistä tiloista, joissa käyttäjät olivat kokeneet sisäilman laadun epämukavana.

Anturit asennettiin noin 1,5 metrin korkeuteen lattiapinnasta mahdollisimman lähelle käyttäjää. Näin saatiin luotettava tulos sisäilman laadusta sekä työntekijän työoloista.

Kellarikerros

Ainoastaan toisessa kellarikerroksessa oli päivittäin työskenteleviä henkilöitä, joten laatutekijöitä todentavat anturit asennettiin sinne (kuva 23). Partikkeleita todentavaa anturia ei kellariin asennettu.



KUVA 23. Keltainen pallo kuvastaa laatutekijöitä todentavaa anturia ja vihreä neliö kuvastaa puolestaan tukiasemaa

Kellarissa oli paljon erilaisia tulostimia ynnä muita laitteita ja papereita. Näistä syistä siellä täytyi olla ilmankostutin. (Kuva 24; 25.)



KUVA 24. Laatutekijöitä todentava anturi sijaitsi työhuoneessa seinään kiinnitettynä

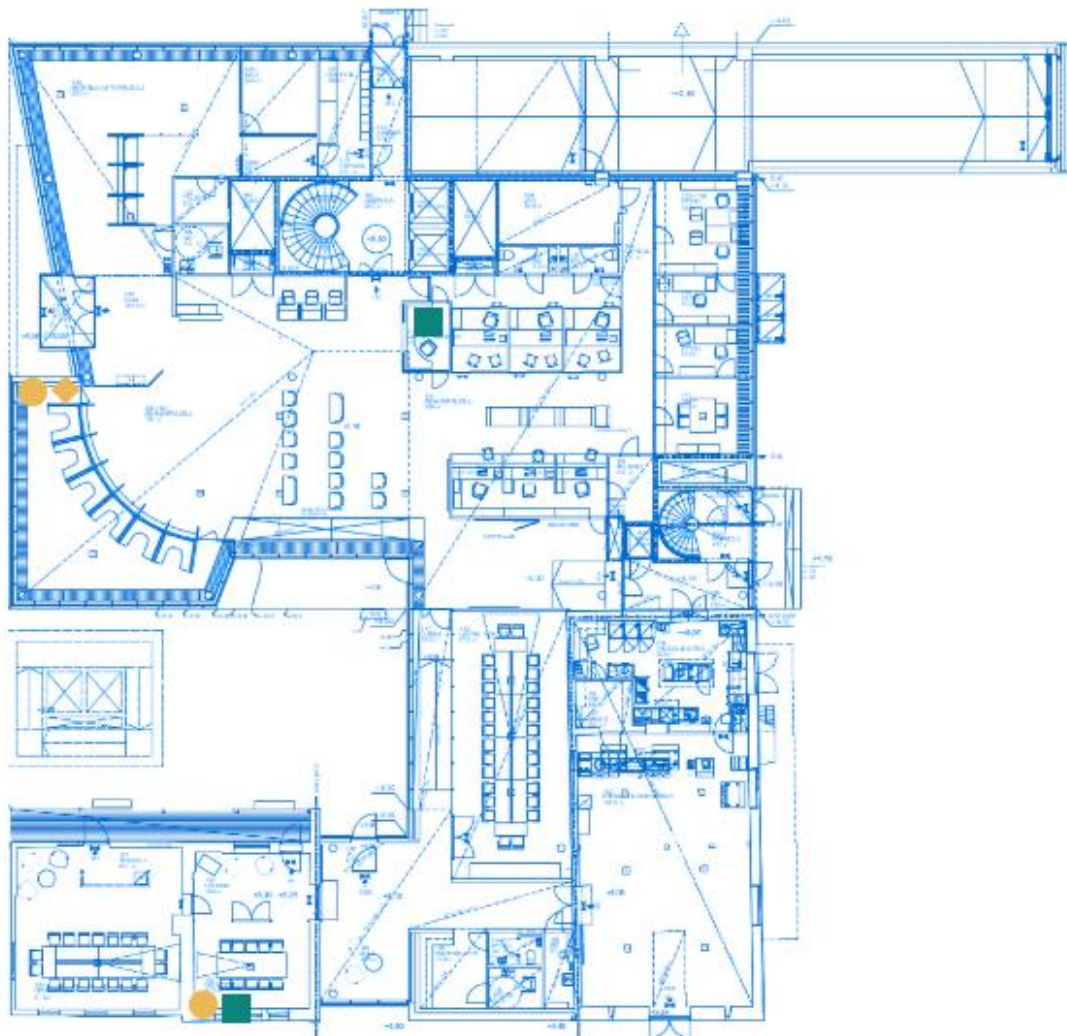


KUVA 25. Tilasta löytyi ilmankostutin, joka pitää sisäilmankosteuden yli 30 prosentissa

Kerros 1

Ensimmäisessä kerroksessa oli paljon aulatilaa, mutta myös muutamia isoja kokoustiloja. Aulatila toimi info-pisteenä, joten asiakaskunta oli laaja. Lisäksi vieressä oleva ulko-ovi avautui aika-ajoin, mikä tuntui aulassa työskentelevillä vedon tunteena ja samalla laski lämpötilaa.

Ensimmäiseen kerrokseen asennettiin kaksi sisäilman laatutekijöitä todentavia antureita, sekä yksi partikkeleita todentava anturi. Yksi laatutekijöitä todentava anturi asennettiin aulaan. (Kuva 26.)



KUVA 26. Keltainen pallo kuvastaa anturia, keltainen neljäkäs partikkeleita mittaavaa anturia sekä vihreä neliö tukiasemaa

Toinen laatutekijöitä todentava anturi asennettiin puolestaan neuvottelutilaan.
(Kuva 27.)



KUVA 27. Ensimmäisen kerroksen anturi asennettiin neuvotteluhuoneeseen

Lisäksi partikkeleita mittaava anturi asennettiin myös aulaan, jossa käyttäjät työskentelevät lähellä ulko-ovea. Ulko-oven jatkuva avautuminen aiheuttaa lämpötilan laskua ja vedon tunnetta. (Kuva 28.)



KUVA 28. Näkymä aulasta laatutekijöitä sekä partikkeleita todentavien antureiden edestä

Kerros 2

Toisessa kerroksessa oli paljon kokoustiloja sekä isoja avotoimistotiloja. Sinne asennettiin neljä laatutekijöitä todentavaa anturia, yksi partikkeleita todentava anturi sekä tukiasema. (Kuva 29.)



KUVA 29. Keltainen pallo kuvastaa anturia, keltainen neljäkäs partikkeleita mittaavaa anturia sekä vihreä neliö tukiasemaa

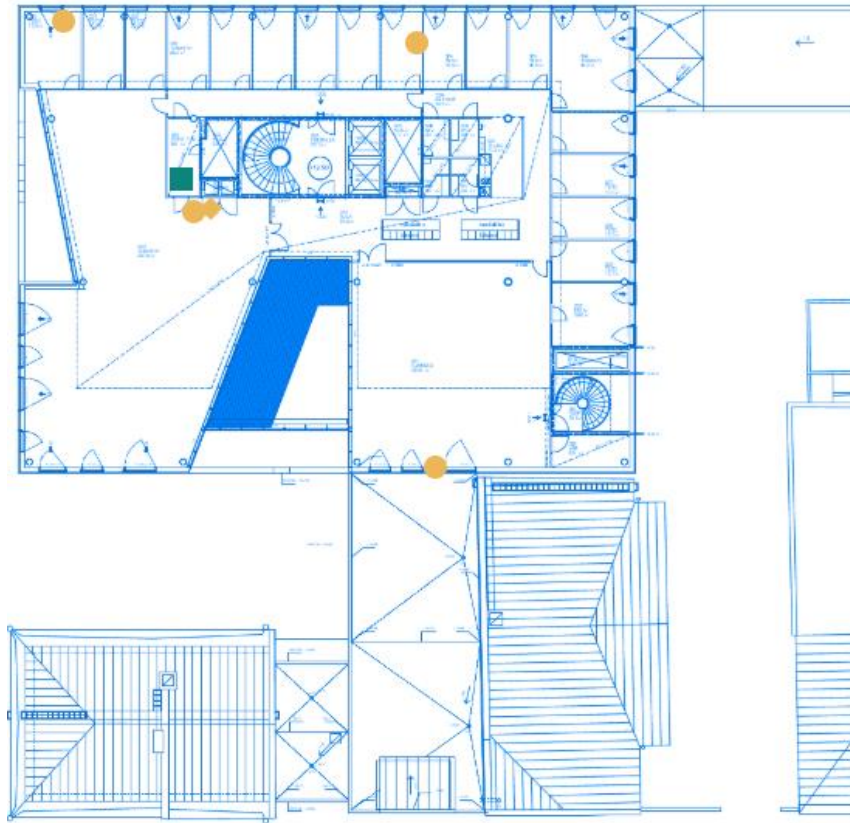
Laatutekijöitä todentava anturi asennettiin tavanomaiseen avotoimistotilaan (kuva 30).



KUVA 30. Kuva otettu laatutekijöitä todentavan sekä partikkeleita todentavan antureiden edestä

Kerros 3

Kolmannessa kerroksessa oli pääosin avotoimistotiloja muutamia pienempiä neuvottelutiloja lukuun ottamatta. Sinne asennettiin neljä laatutekijöitä todentavaa anturia, yksi partikkeleita todentava anturi sekä yksi tukiasema. (Kuva 31.)



KUVA 31. Keltainen pallo kuvastaa anturia, keltainen neljäkäs partikkeleita mittaavaa anturia sekä vihreä neliö tukiasemaa

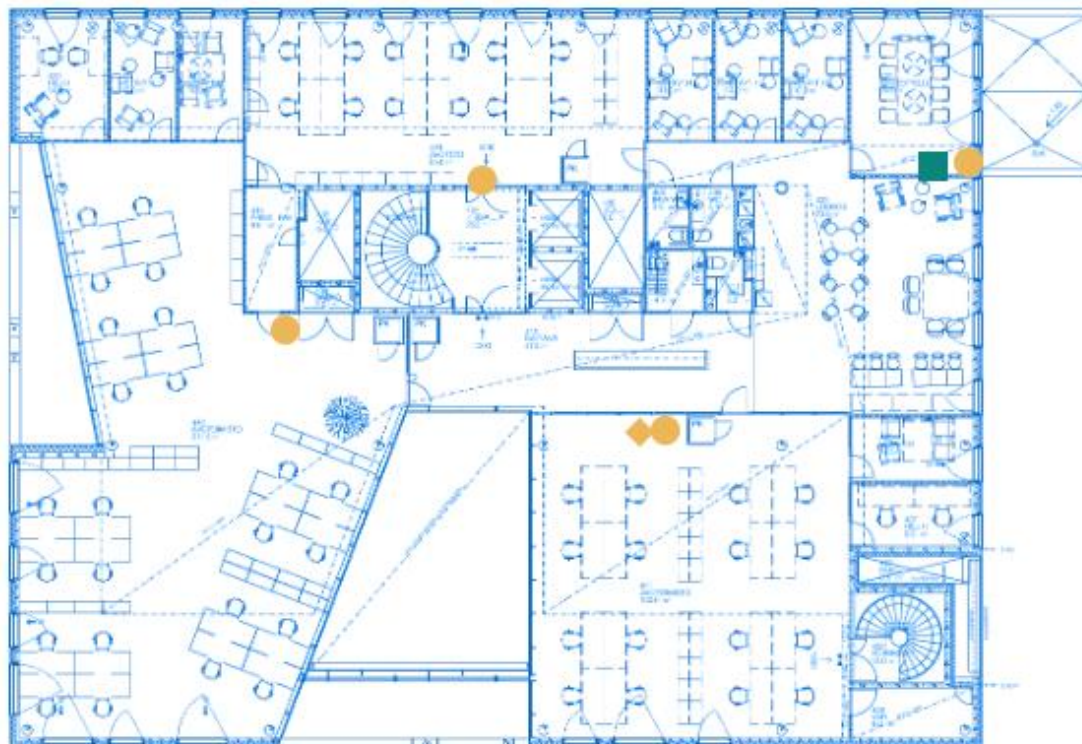
Laatutekijöitä todentava anturi asennettiin avotoimistoon, joita rakennuksessa oli paljon (kuva 32).



KUVA 32. Näkymä laatutekijöitä todentavan anturin edestä

Kerros 4

Ylimpään kerrokseen asennettiin neljä laatutekijöitä todentavaa anturia ja yksi partikkeleita todentava anturi. Neljännessä kerroksessa oli pääosin avotoimistotiloja muutamia neuvotteluhuoneita lukuun ottamatta. (Kuva 33.)



KUVA 33. Keltainen pallo kuvastaa anturia, keltainen neljäkäs partikkeleita mittaavaa anturia sekä vihreä neliö tukiasemaa

5.2 Tablettietokoneet

Opinnäytetyön päätavoitteena oli todentaa käyttäjälle rehellisesti ja avoimesti kiinteistössä vallitsevan sisäilman laatu. Kiinteistöön asennettiin kerroksiin 1-4 tablettietokoneet, jotka olivat yhteydessä antureihin. Kaikilta tablettietokoneilta pystyi näkemään kaikkien antureiden todentavat tulokset. Tämän avulla käyttäjä pystyi näkemään kiinteistön sisäilman laadun reaaliajassa. Lisäksi antureiden todentavia tuloksia sai näkyviin menneeltä kuudelta tunnilta.

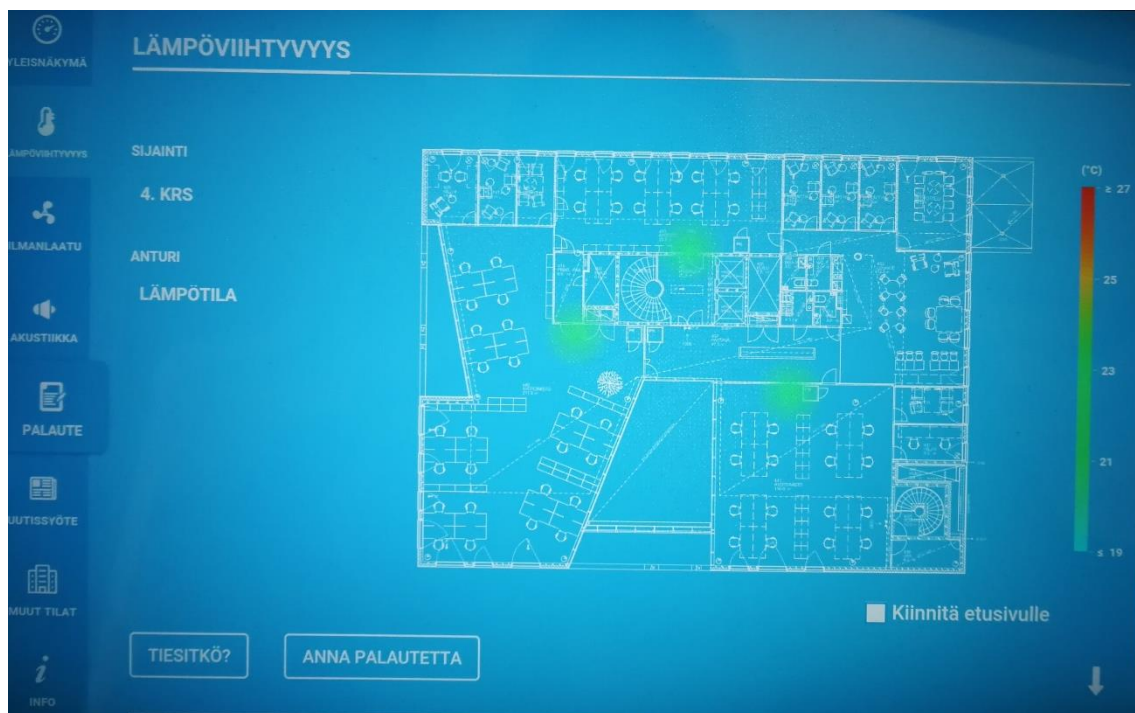
Tablettietokoneella käyttäjä pystyi antamaan palautetta sisäilman laadusta. Palautte meni suoraan kiinteistön omistajalle eli Oulun Tilapalvelut -liikelaitokselle.

Yleisnäkymä-välilehdellä käyttäjä pystyi katsomaan ”Sisäympäristön trendi” -kohdalta kaikkien kerroksien tilojen hiilidioksidipäästöt, suhteellisen ilmankosteuden, lämpötilan sekä partikkeleiden määrän. Lisäksi sisäilman partikkeleiden määrää oli verrattu ulkona olevien partikkeleiden määrään. Lisätietona oli annettu ulkona vallitsevan sään tiedot. (Kuva 34.)



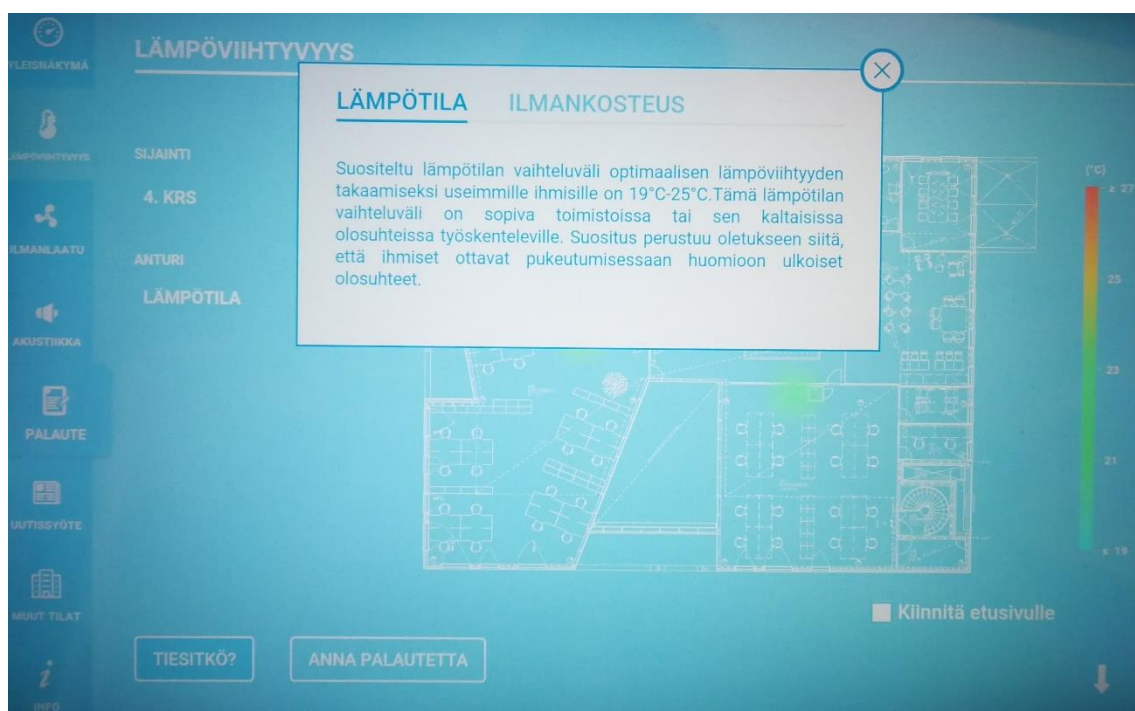
KUVA 34. Yleisnäkymä on käyttäjälle hyvin selkeä ja helppolukuinen

Lämpövihtyvyys-välilehdellä käyttäjä näki kunkin kerroksen pohjapiirustuksen ja lämpötilaa todentavien anturoiden sijainnit esimerkiksi vihreällä merkillä. Pohjapiirustuksen oikealla puolella näkyi lämpötilalle asteikko, jonka mukaan väri vaihteli. Vihreä väri kertoi, että lämpötila kyseisessä tilassa oli hyvä. Yksikkönä oli celsiusasteet. Lisäksi käyttäjä pystyi antamaan palautetta. (Kuva 35.)

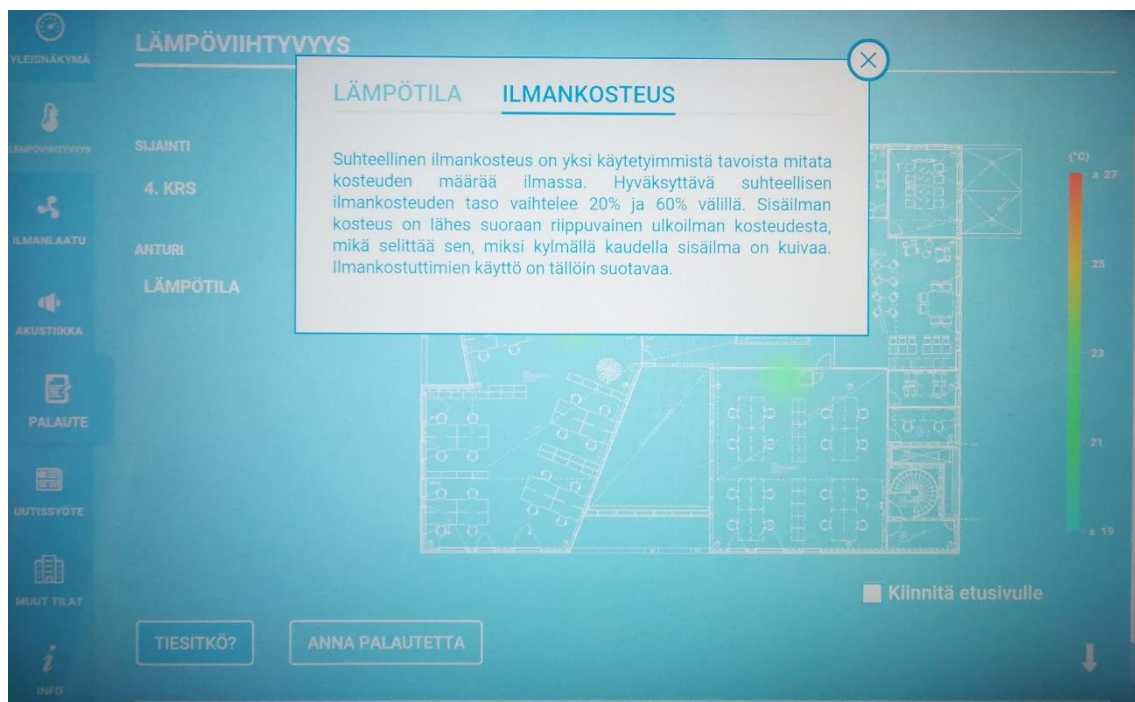


KUVA 35. Lämpöviihtyvyys on ilmaistu pohjapiirustukseen värikoodilla

Lisäksi käyttäjä sai lisätietoa Tiesitkö?-välilehdeltä. Siinä käyttäjälle oli kerrottu selkeästi, mitä esimerkiksi lämpötila ja ilmankosteus käsittää. (Kuva 36; 37.)



KUVA 36. Tiesitkö?-välilehdeltä käyttäjä saa lisätietoa koskien lämpötilaa



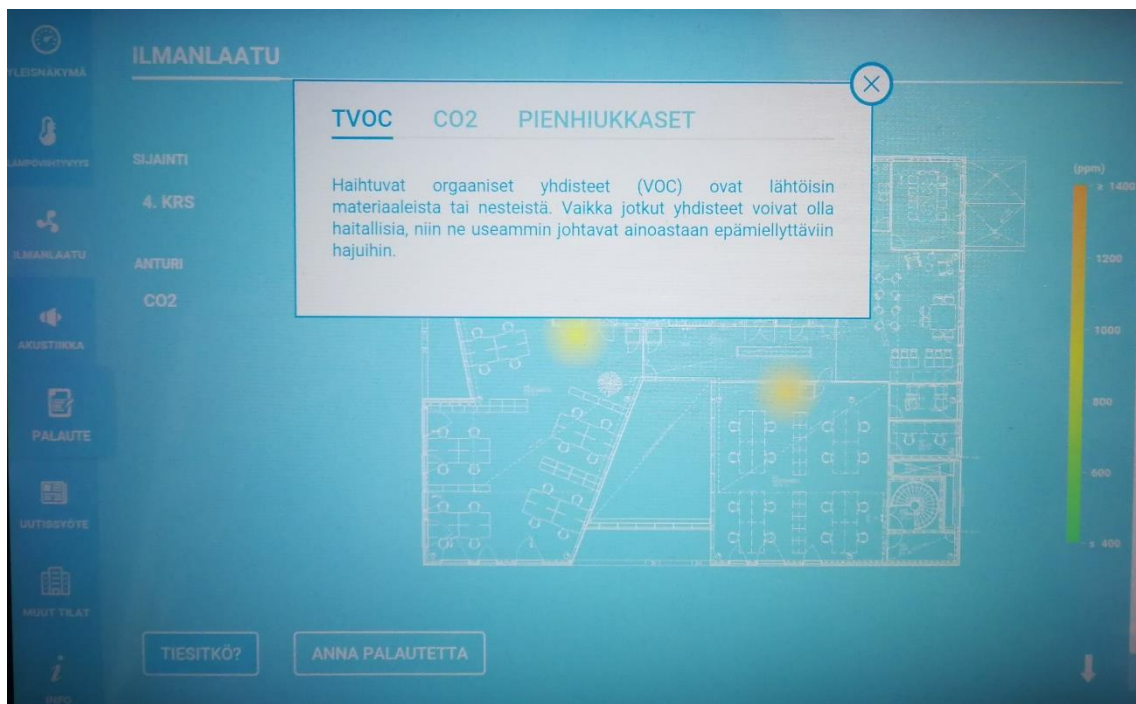
KUVA 37. Käyttäjä sai lisätietoa muun muassa ilmankosteudesta

Ilmanlaatu-välilehdellä näkyi jokaisen kerroksen pohjapiirustukset ja tilojen hiilidioksidia todentavien antureiden sijainnit tässä tapauksessa vihreällä merkillä. Pohjapiirustuksen oikealla puolella oli myös hiilidioksidipitoisuuksille asteikko, jonka mukaan merkin väri vaihtui. Yksikkö hiilidioksidipitoisuudelle oli ppm. Kohteen sisäilmastoluokka oli S2 eli enimmäisarvo sai olla noin 900 ppm. (Kuva 38.)

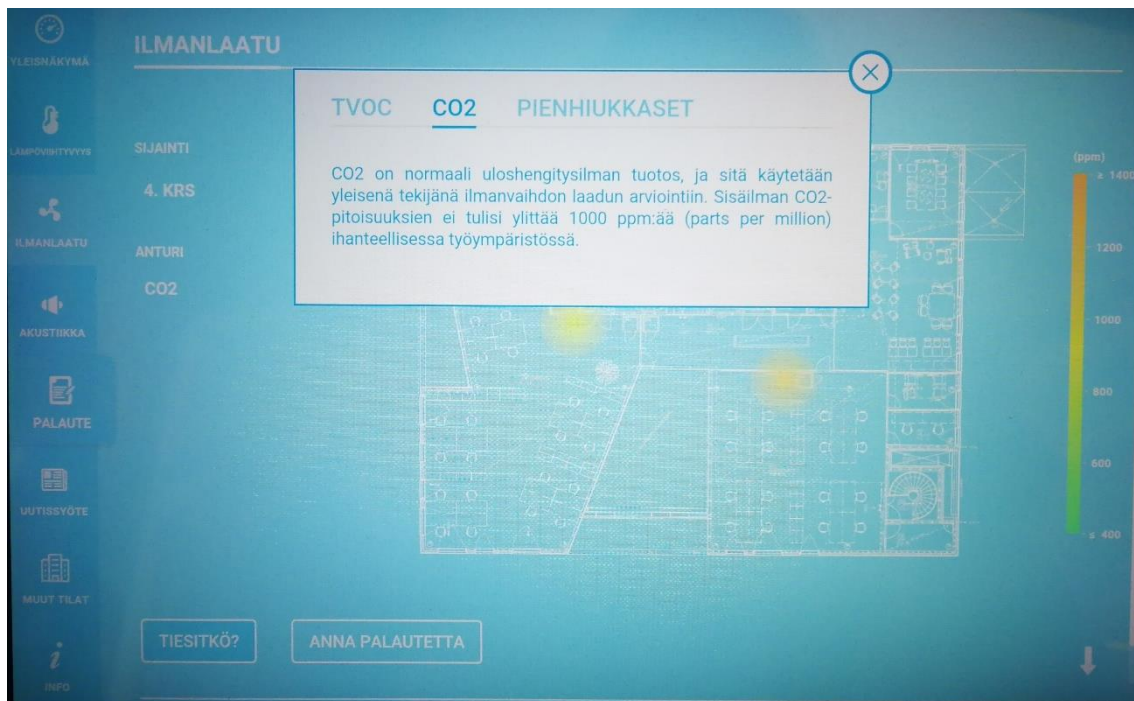


KUVA 38. Vihreä väri kertoo, että ilmanlaatu oli kuvanottohetkellä hyvä

Lisäksi painamalla kohdasta "Tiesitkö?" saatiin lisätietoja VOCeista, hiilidioksidista (CO2) sekä pienhiukkasista (partikkelit). Nämä oli selitetty selkeästi käyttäjälle. (Kuva 39; 40.)

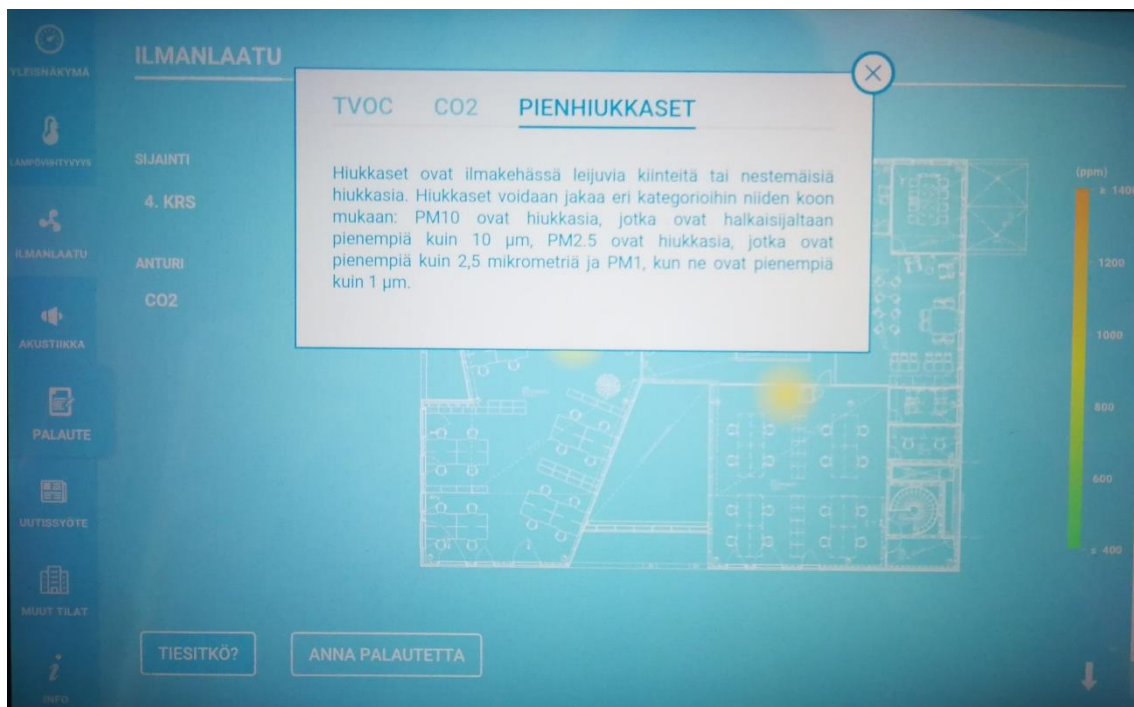


KUVA 39. Tiesitkö? -kohdasta käyttäjä näkee lisätietoja VOCeista



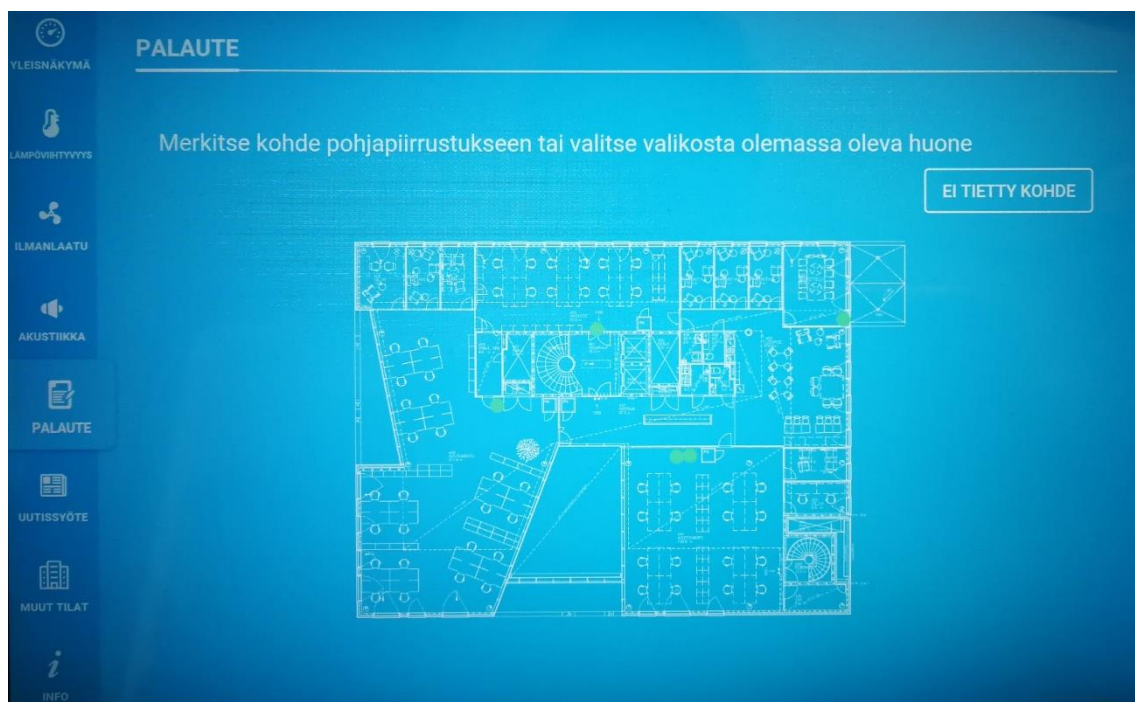
KUVA 40. Käyttäjä saa lisäksi lisätietoa CO2:sta eli hiilidioksidista

Lisäksi käyttäjä sai lisätietoa yksinkertaisesti selitettynä muun muassa pienhiukkasista. (Kuva 41.)



KUVA 41. Tiesitkö?-kohdasta käyttäjä saa tietoa pienhiukkasista eli partikkeleista

Akustiikkaa anturit eivät todentaneet, joten tästä syystä seuraava tarkasteltava välilehti oli ”Palaute”. Palaute-välilehti oli äärimmäisen tärkeä välilehti, sillä käyttäjä pystyi antamaan suoran palautteen sisäilman laadusta kiinteistön omistajalle reaaliajassa. Käyttäjä pystyi antamaan niin negatiivista kuin positiivistakin palautetta. Ensin valittiin esimerkiksi tietty tila, josta käyttäjä antoi palautetta. Palautetta pystyttiin antamaan myös hyvin yleisellä tasolla, eikä pelkästään esimerkiksi tietystä tilasta tai huoneesta. (Kuva 42.)



KUVA 42. Palautteen antaja valitsee esimerkiksi tilan, jonka sisäilman laadusta haluaa antaa palautetta

Palautteessa pystyi antamaan palautteen yleisesti kysymykseen ”Onko mielestäsi sisäympäristön laatu yleisesti hyvä?” vastaamalla joko ”Kyllä” tai ”Ei”. Lisäksi pystyttiin antamaan positiivista tai negatiivista palautetta eri tekijöistä koskien. Tekijöitä olivat

- ilmanlaatu
- lämpötila
- ilmankosteus

- melu
- valaistus
- puhtaus. (Kuva 43.)

PALAUTE

Merkitse kohde pohjapiirrustukseen

Onko mielestäsi sisäympäristön laatu yleisesti hyvä?

KYLLÄ EI

(Valinnainen) Mitä mieltä olet seuraavista ympäristötekijöistä? Sinun ei tarvitse vastata kaikkiin.

POSITIIVINEN	NEGATIIVINEN	TEKIJÄT
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ilmanlaatu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lämpötila
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ilmankosteus
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Melu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Valaistus
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Puhtaus

Onko jotain muuta, mistä haluaisit kertoa?

KUVA 43. Palautetta pystyi antamaan nopeasti ja yksityiskohtaisesti

Palautteen pystyi antamaan hyvin nopeasti ja helposti. Sen pystyi kohdistamaan muun muassa ilmanlaatuun, lämpötilaan tai ilmankosteuteen. (Kuva 44; 45.)

PALAUTE

Merkitse kohde pohjapiirustukse...

Toimisto 440

LÄMPÖTILA	SUHTEELLINEN KOSTEUS	CO2	TVOC
23.2°C	17%	600ppm	725.4µg/m³

Mitä on mielessäsi?

Onko mielestäsi sisäympäristön laatu yleisesti hyvä?

(Valinnainen) Mitä mieltä olet seuraavista ympäristötekijöistä? Sinun ei tarvitse vastata kaikkiin.

POSITIIVINEN	NEGATIIVINEN	TEKIJÄT
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ilmanlaatu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lämpötila

KUVA 44. Palautteen anto on pyritty tekemään mahdollisimman helpoksi

PALAUTE

Onko mielestäsi sisäympäristön laatu yleisesti hyvä?

POSITIIVINEN	NEGATIIVINEN	TEKIJÄT
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ILMANLAATU
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	LÄMPÖTILA
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ILMANKOSTEUS
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MELU
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VALAISTUS
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PUHTAUS

☒ LÄHETÄ

KUVA 45. Palautetta ei tarvinnut kohdistaa välttämättä tiettyyn tilaan tai huoneeseen, vaan sen pystyi antamaan myös yleisesti

Uutissyöte-välilehdellä ei kuvienottohetkellä ollut uutisia.

Muut tilat -välilehdeltä saatiin kokonaisnäkymä, josta näkyi kaikki kerrokset ja niiden antureiden todentavat tulokset. Tällä välilehdellä käyttäjä pystyi vertailemaan eri tilojen sisäilman laatua ja siitä näki eri laatutekijöiden pitoisuuksia. Näkymästä näki lämpötilan, suhteellisen ilmankosteuden, hiilidioksidipitoisuuden (CO₂), VOCit sekä partikkelit. (Kuva 46.)

The screenshot shows a web application interface with a sidebar on the left containing icons for 'YLEISNÄKYMÄ', 'LÄMPÖVAKTUUS', 'ILMAANLAATU', 'AKUSTIIKKA', 'PALAUTE', 'UUTISSYÖTE', 'MUUT TILAT', and 'INFO'. The 'MUUT TILAT' section is active, displaying a table of environmental data. The table has columns for 'KERROKSET' (Floors), 'LÄMPÖTILA' (Temperature), 'SUHTEELLINEN KOSTEUS' (Relative humidity), 'CO2', 'TVOC', 'PM 2.5', and 'DESIBELIT'. The data is presented for five locations: 1. krs, 2. krs, 3. krs, 4. krs, and Kellari. A note at the bottom indicates that the values are averages from the last 15 minutes.

KERROKSET	LÄMPÖTILA	SUHTEELLINEN KOSTEUS	CO2	TVOC	PM 2.5	DESIBELIT
• 1. krs	21.9°C	18.4%	512.3ppm	438.0µg/m³	0.1µg/m³	
• 2. krs	23.4°C	16.5%	528.3ppm	376.4µg/m³	0.0µg/m³	
• 3. krs	23.1°C	17.8%	577.4ppm	351.9µg/m³	0.0µg/m³	
• 4. krs	23.0°C	17.3%	605.5ppm	868.4µg/m³	0.0µg/m³	
• Kellari	21.4°C	18.1%	411.2ppm	147.4µg/m³		

* Viimeisen 15 minuutin keskiarvo

KUVA 46. Muut tilat -välilehdeltä saa auki koko kiinteistön, josta näkee kaikkien antureiden todentamat arvot

INFO-välilehdellä oli hieman tietoa itse tablettietokoneen käyttöliittymästä.

6 PAINE-EROMITTAUS

Kiinteistöön asennetut anturit eivät todentaneet paine-eroa, joten sitä todennettiin Oulun Tilapalvelut -liikelaitoksen omilla paine-eromittareilla. Paine-ero todennettiin kiinteistön rakennuksen vaipan yli. Aiemmin suoritettun ilmanvaihtokanavien puhdistus- sekä ilmanvaihdon mittaus- ja säätötyön osalta kiinteistö oli säädetty hieman alipaineiseksi – keskimäärin noin 6 %:ia alipaineiseksi. Kohteessa oli koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä, jossa ilmanvaihto oli ohjattu käymään samalla teholla vuoden jokaisena päivänä.

Paine-eromittaus suoritettiin sähköisellä paine-eromittarilla, joka oli yhteydessä elektroniseen tallentimeen. Tallentimen avulla pystyttiin katsomaan anturin todentavat arvot pilvipalvelussa. Pilvipalvelussa pystyi näkemään paine-eron eri kellonaikoina ja vuorokausina. Lisäarvoa tallentavaan mittaukseen toi se, että painesuhteet nähtiin myös yöaikaan sekä silloin, kun rakennus ei ollut käytössä.

Painesuhteet voivat vaihdella, koska mittaushetkellä olisi tärkeää, että ovet ja ikkunat olisivat suljettuina. Tämä ei ollut mahdollista, koska käyttäjä oli kiinteistössä arkisin noin aamu kahdeksasta iltapäivä neljään. Paine-eromittaukseen tulisi myös välttää sellaisella säällä, jolloin tuulen nopeus on yli 5 m/s sekä ulkolämpötilan ollessa alle -20°C:n tai yli +22°C:tta, sillä mittaustulos näissä olosuhteissa ei edusta tavanomaista tilannetta. (28, s. 89.) Näistä suosituksista huolimatta paine-eromittaus suoritettiin, jota voitiin pitää vähintään suuntaa-antavana. Paine-eromittarit asennettiin rakennuksen jokaiselle julkisivulle kerroksiin 1-4. Tällä tavoin paine-eromittauksessa otettaisiin tuuli mahdollisimman hyvin huomioon. Mittarit asennettiin ikkunoihin niin, että osa paine-eroputkesta jäi rakennuksen ulkopuolelle ja itse laite sisäpuolelle. (Kuva 47;48.)

Paine-eromittauksen ajankohta oli 7.–14.1.2019. Mittausta suoritettiin yhden viikon ajan, jotta mittaustulokset olisivat luotettavat.



KUVA 47. Paine-eroletku jätettiin osaksi rakennuksen ulkopuolelle, minkä jälkeen ikkunat laitettiin kiinni

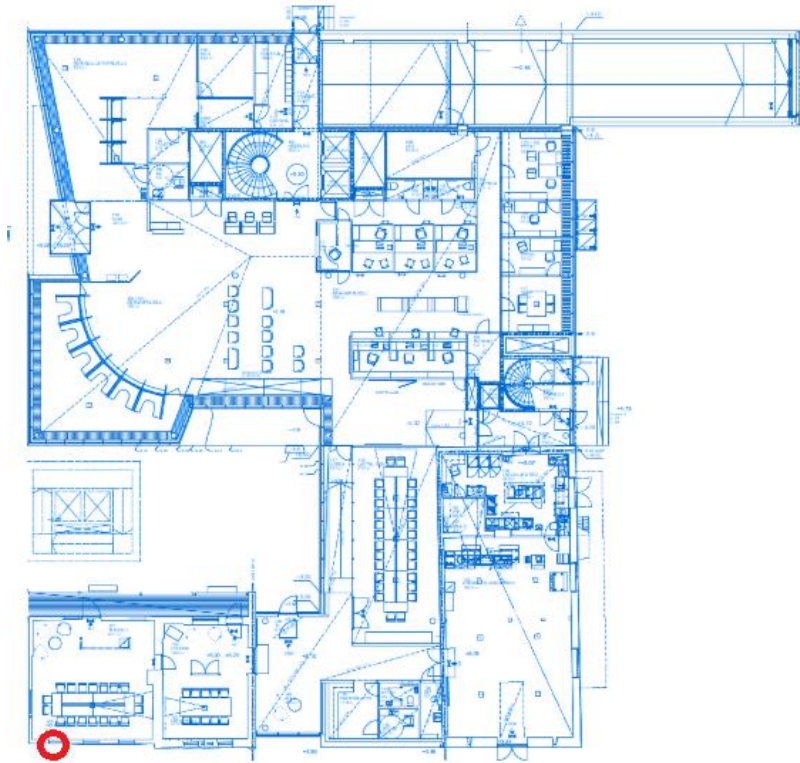


KUVA 48. Paine-eromittari on toiminnassa

Paine-eromittauksen tulokset

Kerros 1

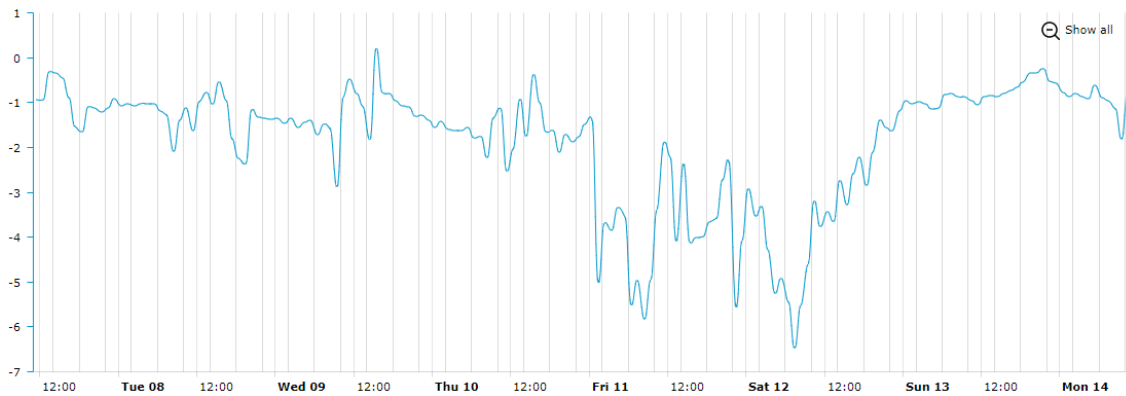
Ensimmäisen kerroksen paine-eromittari sijoitettiin rakennuksen julkisivulle, joka oli suuntautunut koilliseen. Tilana toimi neuvottelutila. (Kuva 49.)



KUVA 49. 1. kerroksen paine-eromittaus suoritettiin neuvottelutilassa, jossa sisäilma koettiin epämiellyttäväksi (paine-eromittari havainnollistettu punaisella ympyrällä)

Keskimääräisesti tarkasteltuna paine-erot olivat hyvät ja suunnitelmien mukaiset. Keskimäärin tila oli hieman alipaineinen. Vaikka tila kävi perjantaina (Fri) sekä lauantaina (Sat) suunnitellusta poiketen hieman liian alipaineisena, ei se aiheuttanut toimenpiteitä, koska se oli tilapäistä. (Kuva 50.)

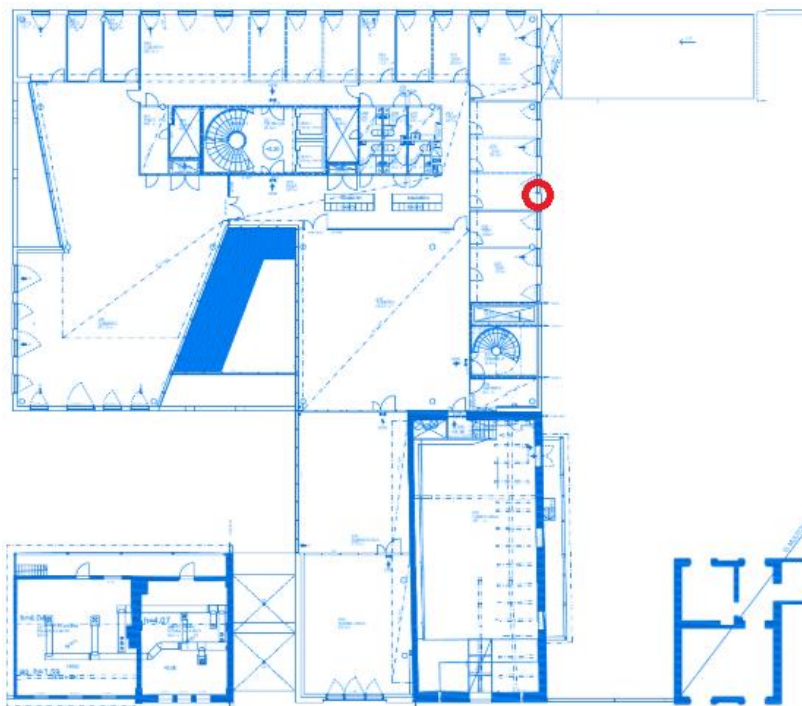
Oulussa 11.1.-12.1.2019 välisenä aikana tuulen puuskanopeus oli jopa 20,1 m/s ja tuulen nopeus jopa 15,2 m/s. Tällä oli vaikutusta ratkaisevasti paine-eroihin. (Liite 1.).



KUVA 50. Paine-erokuvaajan tarkkuudeksi määritettiin 1 tunti, jolloin ohjelma antoi tarkan sekä helppolukuisen diagrammin (paine-eroyksikkönä vasemmassa reunassa on pascal (Pa) ja päivämäärä sekä kellonaika alhaalla)

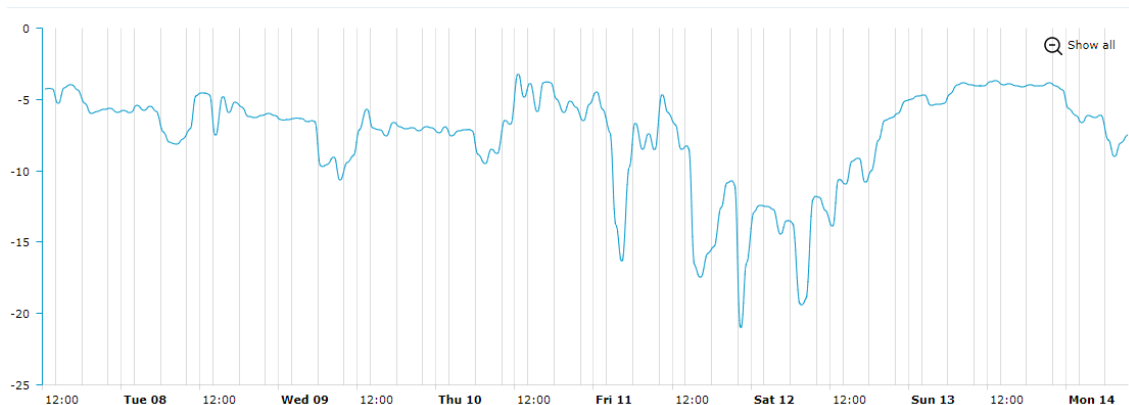
Kerros 2

Toisen kerroksen paine-eromittari sijoitettiin kiinteistön julkisivulle, joka oli suuntautunut luoteeseen. Anturi asennettiin tilaan, joka toimi tarvittaessa myös keittönä. Kyseinen tila toimi lähtökohtaisesti kuitenkin kahvittelu- sekä ruokailutilana – ei niinkään ruoanlaitto-tilana. (Kuva 51.)



KUVA 51. Haalealla olevat väliseinät olivat purettu ja tilalle oli rakennettu keittömainen kahvittelutila (paine-eromittari havainnollistettu punaisella ympyrällä)

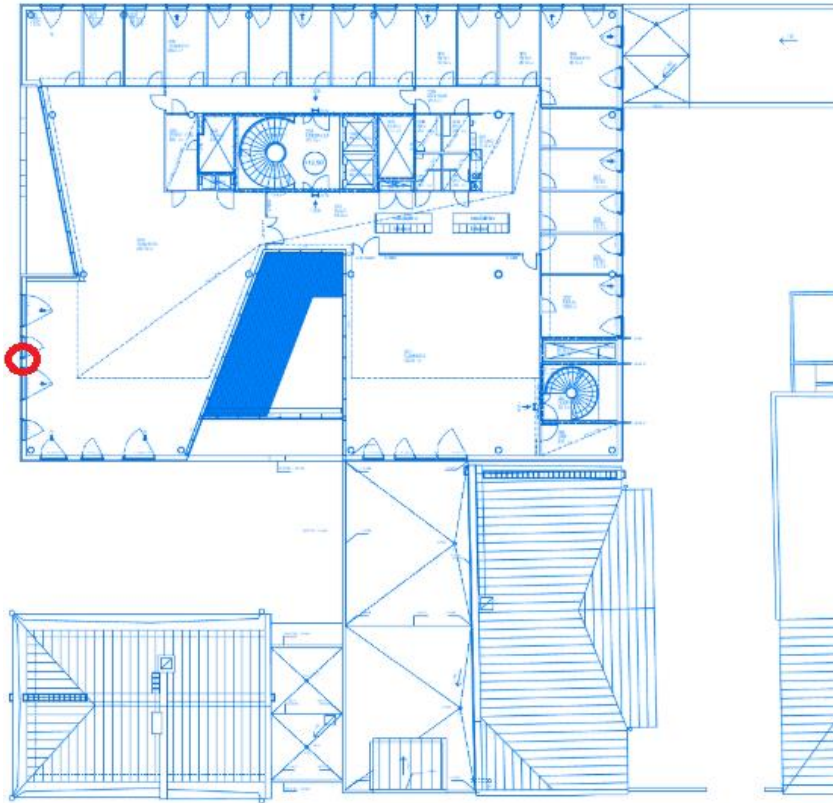
Tilassa alipaineisuus kävi jopa -20 pascalissa. Suurimmat alipaineet olivat 11. sekä 12.1.2019, jolloin Oulussa mitattiin suuret tuulen nopeudet sekä puuskanopeudet. (Kuva 52.) (Liite 1.) Tilassa oli lisäksi liesituuletin, jonka käyttö voi aiheuttaa alipaineisuutta. Liesituulettimen käyttö oli todennäköisesti harvinaista. Alipaineisuus voi johtua myös lähellä olevien WC-tilojen erillispoistoista sekä lähellä sijaitsevien toimistotilojen ovien avaamisista ja niiden auki jättämisistä.



KUVA 52. Paine-erokuvaajan tarkkuudeksi oli määritetty 1 tunti, joka antoi tarkan sekä helppolukuisen diagrammin (paine-eroyksikkönä vasemmassa reunassa on pascal (Pa) ja päivämäärä sekä kellonaika ovat alhaalla)

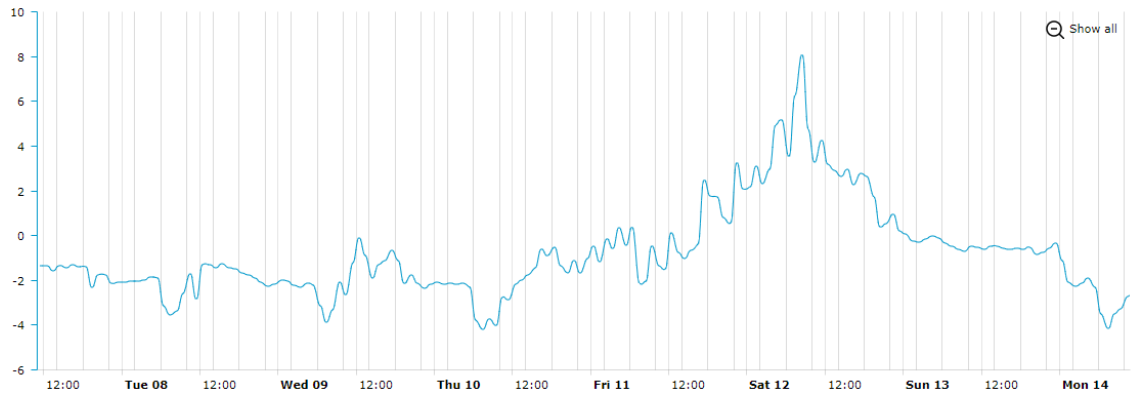
Kerros 3

Kolmannen kerroksen paine-eromittari sijoitettiin rakennuksen julkisivulle, joka oli suuntautunut kaakkoon. Mittari asennettiin avotoimistotilaan. (Kuva 53.)



KUVA 53. Paine-eromittari sijoitettiin tavanomaiseen avotoimistotilaan (mittari havainnollistettu punaisella ympyrällä)

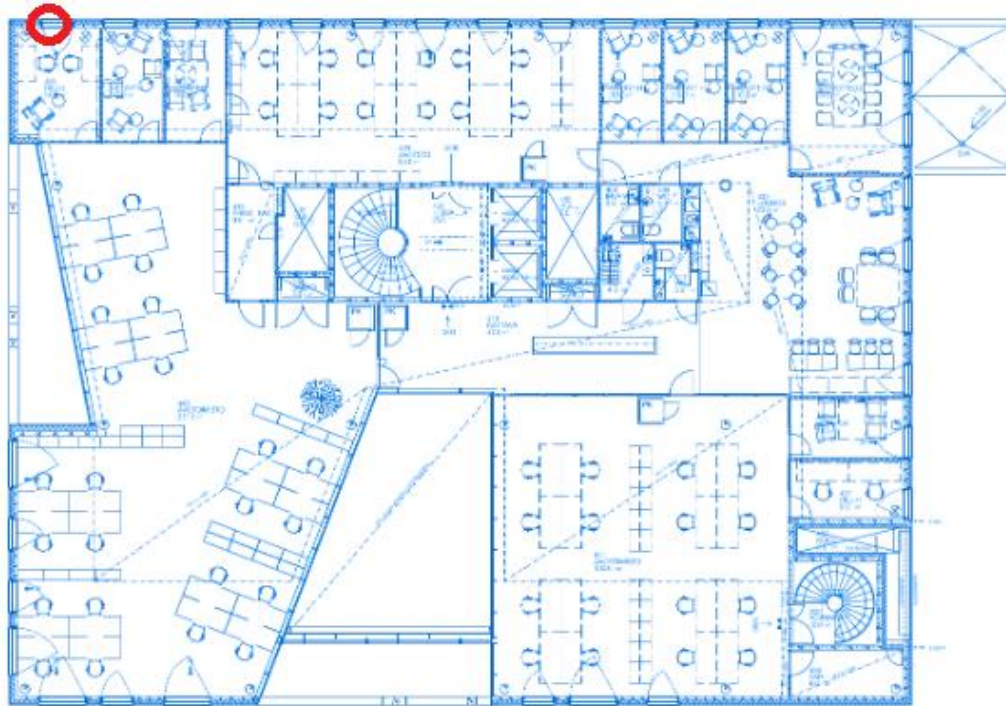
Kyseisen tilan paine-eron todentaminen oli erityisen tärkeää, sillä kyseisessä tilassa työskenneltiin jatkuvasti. Ensimmäisen, toisen sekä neljännen kerroksen tiloissa sen sijaan työskenneltiin vain satunnaisesti. Paine-erot olivat keskimääräisesti suunnitellut, pois lukien lauantai (Sat), jolloin tila kävi ylipaineisena, joka johtuu silloin Oulussa vallinneesta kovasta tuulesta. Tuulen laannuttua paine-ero palautui suunnitelluksi. (Kuva 54.) (Liite 1.)



KUVA 54. Paine-erokuvaajan tarkkuudeksi määritettiin 1 tunti, jolloin ohjelma antoi tarkan sekä helppolukuisen diagrammin (paine-eroyksikkönä vasemmassa reunassa on pascal (Pa) ja päivämäärä sekä kellonaika ovat alhaalla)

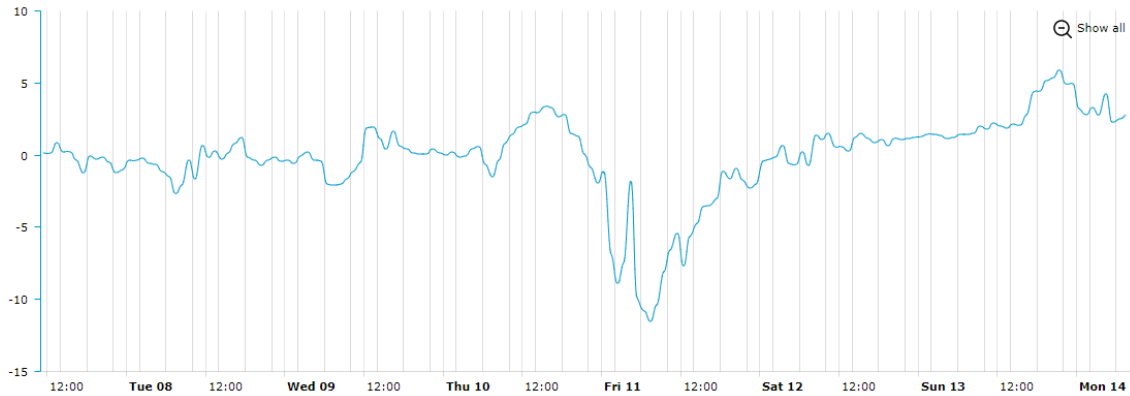
Kerros 4

Ylimmässä kerroksessa mittari sijoitettiin neuvotteluhuoneeseen, jonka ikkuna oli suuntautunut lounaaseen. (Kuva 55.)



KUVA 55. Paine-eromittari havainnollistettu punaisella ympyrällä

Paine-erot olivat keskimääräisesti suunnitelmien mukaiset ja hyvät. Tila kävi perjantaina (Fri) aamuyöstä alipaineisena, mutta tasoittui päivän myötä lähelle suunniteltua. Tilapäinen alipaineisuus 11.1.2019 johtui kovasta tuulesta, joka vallitsi Oulussa tuohon aikaan. (Kuva 56.) (Liite 1.)



KUVA 56. Paine-erokuvaajan tarkkuudeksi määritettiin 1 tunti, jolloin ohjelma antoi tarkan sekä helppolukuisen diagrammin (paine-eroyksikkönä vasemmassa reunassa on pascal (Pa) ja päivämäärä sekä kellonaika ovat alhaalla)

7 HELMIKUUN SISÄILMANLAADUN KYSELY KÄYTTÄJILLE

Lokakuun ja helmikuun kyselyn välillä on ollut reilu kolme kuukautta ja sisäilman laatua on todennettu toiseen kyselyyn mennessä kolme kuukautta.

Helmikuun kyselyn tarkoituksena oli saada selville, kuinka käyttäjä on kokenut kiinteistön sisäilman laadun viimeisen kolmen kuukauden sisällä. Lisäksi haluttiin tietää, miten käyttäjä on kokenut anturitekniikan hyödyntämisen sisäilman laadun tutkimisessa ja todentamisessa. Kysely suoritettiin ZEF-kyselytyökalua käyttäen.

7.1 Helmikuun kysely

Toinen kysely lähetettiin 227 henkilölle ja se suoritettiin helmikuussa 2019.

Kutsuviesti oli henkilökohtainen sähköpostiviesti, jonka kyselyyn kutsuttu sai. Kyselyn kutsuviesti suunniteltiin mahdollisimman hyvin, sillä sen tiedettiin vaikuttavan ratkaisevasti vastausprosenttiin. Vastaamisen tärkeyttä painotettiin muun muassa opinnäytetyön tekemisen mainitsemisella. Kyselyyn kutsun saanut näki, keltä kutsu oli peräisin. Kutsu oli henkilökohtainen. (Kuva 57.)

Hei taas!

Kutsun sinut Joel Tikkinen antamaan palautteesi seuraavaan arviointiin:
sisäilman laatuun liittyvä 2. kysely

Teen kiinteistön sisäilman laadusta opinnäytetyötä, joten vastauksesi on erityisen tärkeä. Lähetin viime vuonna samantyyllisen kyselyn. Tässä on minun toinen ja samalla viimeinen kysely.
Kysely koskee sisäilman laatua viimeisen kolmen kuukauden ajalta.

Opinnäytetyöni on tämän kyselyn jälkeen valmis, joten minun osioni koskien sisäilman laatua päättyy tähän kyselyyn.
Sisäilman laadun mittaaminen ja todentaminen kiinteistössä jatkuu tästä huolimatta samanlaisena kuten tähänkin asti!

Kysely sulkeutuu 10.02.2019.
Kyselyyn vastaaminen vie aikaasi noin 2 minuuttia.

Vastaamisen voit aloittaa klikkaamalla seuraavaa linkkiä tai kopioimalla linkin Internet-selaimen osoiteriville
<https://player.myzef.com/>

Huom! Linkki on henkilökohtainen, ethän siis välitä sitä eteenpäin.

Suuret kiitokset vastauksista ja mukavaa kevään odotusta!
Liikelaitos Oulun Tilakeskus
Joel Tikkinen

KUVA 57. Kutsuviestissä painotettiin, että sisäilman laadun todentaminen jatkuu, vaikka opinnäytetyön osalta kyseinen pilottihanke tulee päätökseen

7.2 Helmikuun väittämät

Lähtökohtaisesti päädyttiin esittämään lähes samankaltaiset väittämät kuin ensimmäisessä kyselyssä, koska haluttiin mahdollisimman helposti vertailtavat vastaukset. Tällöin vastaaminen pystyttiin pitämään helppona, nopeana ja yksinkertaisena.

Lopulta väittämiä muodostui 11. Joihinkin väittämiin seurasi jatkokysymys tai väittämä riippuen siitä, miten vastaaja oli alkuperäiseen väittämään vastannut.

Väittämät olivat seuraavanlaiset:

1. Olen havainnut sisäilman laadussa muutoksia viimeisen kolmen kuukauden aikana.
2. Olen kokenut sisäilman laadun paranevan viimeisen kolmen kuukauden aikana.
3. Sisäilman laadussa on eroja eri vuorokauden aikana.
4. Pöytien tasopinnat ovat vapaat (papereista, ym.) ja siivottavissa.
5. Lattiapinnat ovat puhtaat ja pölyttömät.
6. Sisäilma tuntuu raskaalta/tunkkaiselta.
7. Sisäilma tuntuu raikkaalta ja puhtaalta.
8. Olen tyytyväinen sisäilman laatuun.
9. Sisäilman laatu vaikuttaa työpanokseeni negatiivisesti.
10. Ilmanvaihto on mielestäni riittävä.
11. Olen kokenut sisäilman laadun todentamisen anturitekniikalla hyvänä asiana.

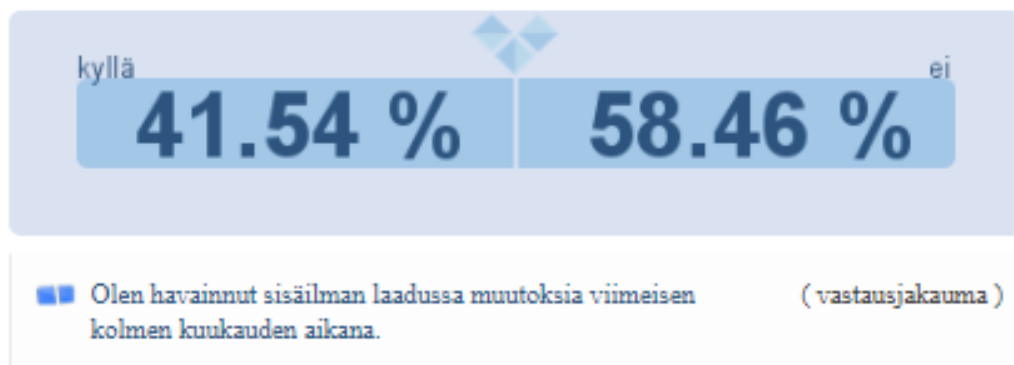
Väittämiä 2, 3, 4, 5, 6, 9 ja 12 seurasi jatkokysymys, mikäli vastaaja vastasi ”kyllä”. Lisäksi vastaajalla oli kommentointimahdollisuus kyseisiin väittämiin. (Liite 4.)

7.3 Helmikuun vastaukset

Kyselyyn vastasi 133 henkilöä 227 henkilöstä. Vastausprosentiksi muodostui noin 58 %. Osaa vastaanottajista kysely ei ikinä saavuttanut, sillä muutamia sähköposteja tuli takaisin. Vastausviesteistä kävi ilmi, että työntekijä oli esimerkiksi lomalla.

Väittämä 1: Sisäilman laadun muutokset

Kyselyn ensimmäinen väittämä koski sisäilman laatua ja sen muutoksia viimeisen kolmen kuukauden ajalta. Väittämässä painotettiin viimeistä kolmea kuukautta, jolloin sisäilman laadun todennus tapahtui. Tällä haluttiin myös välttää se, ettei vastaaja vertailisi esimerkiksi viime kesän ja vastaushetken sisäilman laadun eroa. (Kuva 58.)



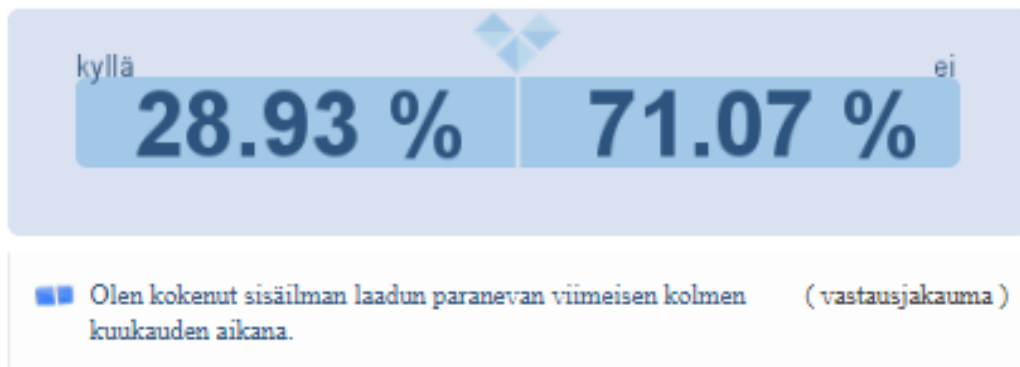
KUVA 58. Lähes 60 % vastaajista eivät havainneet sisäilman laadussa eroa ensimmäisen kolmen kuukauden aikana (kuvan alareunassa väittämä, johon vastaaja vastasi)

Seuraavassa on koottu havainnot, joita kyselyyn vastanneet ovat kirjanneet:

- "ilman laatu parantunut, ei vedon tunnetta"
- "Hieman parempi ilma ajoittain. Tosin lämpötilaheittoja edelleen."
- "Sisäilma on raikkaampi siivouksen jälkeen."
- "Sisäilma on tunkkainen ja silmät kirvelee".

Väittämä 2: Sisäilman laadun paraneminen

Toisessa väittämässä käsiteltiin mahdollista sisäilman laadun paranemista viimeisen kolmen kuukauden aikana. Yli 70 % ei ollut kokenut sisäilman laadun paranevan viimeisen kolmen kuukauden aikana. (Kuva 59.)



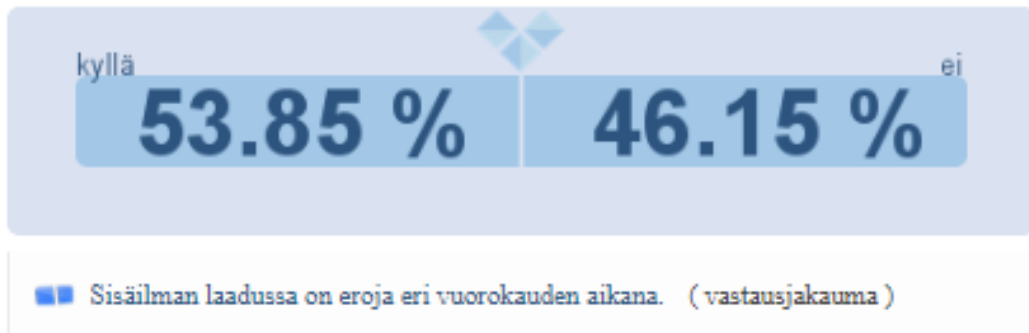
KUVA 59. Lähes 29 % vastaajista oli kokenut sisäilman paranevan viimeisen kolmen kuukauden aikana (kuvan alareunassa väittämä, johon vastaaja vastasi)

Seuraavassa on koottu havainnot, joita kyselyyn vastanneet ovat kirjanneet:

- "Raikkaampi ilma. vähemmän ihon kuivumista"
- "Silmät ei kirvele aiempaan tapaan"
- "ei ole niin tunkkaista kuin aiemmin"
- "Sisäilma on ollut puhtaampaa ja helpompaa hengittää".

Väittämä 3: Sisäilman laadun erot

53 % vastaajan mielestä sisäilman laadussa on eroja eri vuorokauden aikana. Yli 46 % vastaajista on puolestaan sitä mieltä, ettei sisäilman laadussa ole eroja. (Kuva 60.)



KUVA 60. Vastaajien mielipiteet sisäilman laadusta jakautuivat lähes puoleksi (kuvan alareunassa väittämä, johon vastaaja vastasi)

Seuraavassa on koottu havainnot, joita kyselyyn vastanneet ovat kirjanneet:

- ”illalla raskaampi ilma”
- ”maanantait ja etenkin maanantai aamuisin on huono ilma”.

Väittämä 4: Pöytien tasopinnat

Pöytien tasopintojen tulee olla siivottavissa, kun siivooja tulee. Mikäli ne eivät ole siivottavissa, niin ne jäävät siivoamatta ja pölyisyys sisäilmassa kasvaa. Vain 50 % vastaajista pitävät tasopinnat vapaina ja siivottavissa olevina. (Kuva 61.)



KUVA 61. Pöydät voivat olla hyvinkin pölyiset, jos vain 50 % vastaajista pitävät tasopinnat siivottavissa olevina (kuvan alareunassa väittämä, johon vastaaja vastasi)

Väittämä 5: Lattiapinnat

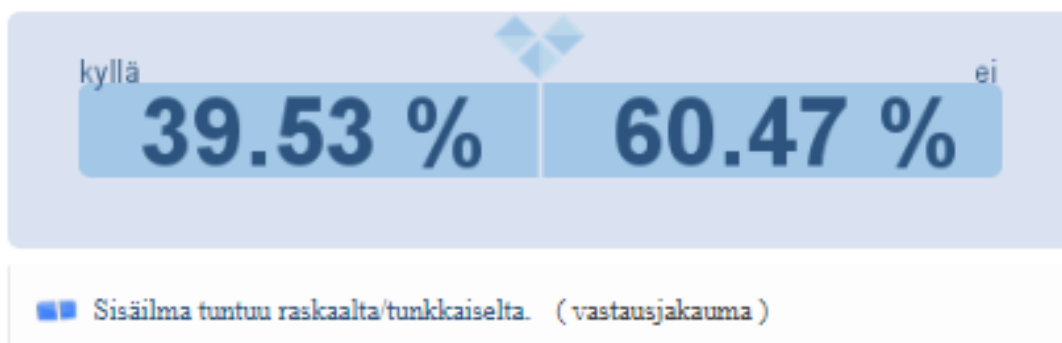
Kiinteistössä on tapana jättää kengät kunkin kerroksen niin sanottuun eteiseen. Toisena vaihtoehtona on käyttää ulkokenkien päällä tossuja. Näillä pyritään hillitsemään pölyä ja muuta likaa sekä pitämään lattiapinnat puhtaina. Yli 48 % vastaajista kokee lattiapintojen olevan puhtaat ja pölyttömät. (Kuva 62.)



KUVA 62. Kiinteistössä on käytössä pääosin kokolattiamatto, jota ulkopuolinen toimija käy siivoamassa säännöllisesti (26) (kuvan alareunassa väittämä, johon vastaaja vastasi)

Väittämä 6: Sisäilman raskaus/tunkkaisuus

Reilut 60 % vastaajista ei koe sisäilmaa raskaana tai tunkkaisena. Kiinteistössä on useita neuvottelu- ja kokoushuoneita, joissa sisäilma saattaa tuntua raskaalta, kun huoneessa on paljon ihmisiä ja kokous on kestänyt kauan. Miltei 40 % vastaajista kokee sisäilman raskaana ja tunkkaisena. (Kuva 63.)



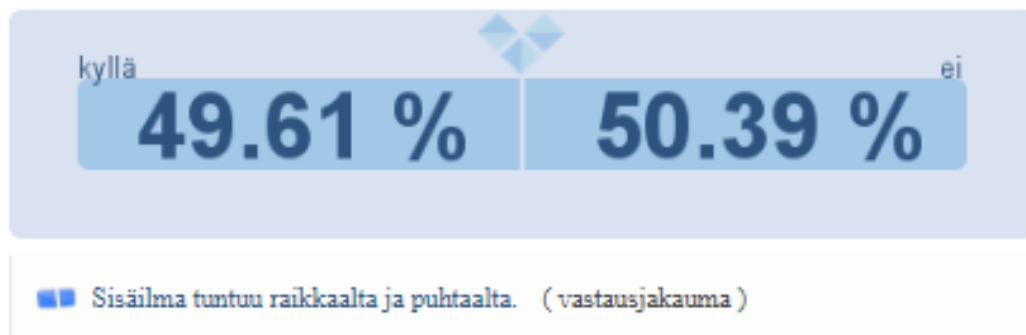
KUVA 63. Sisäilma tuntuu raskaana/tunkkaisena usean vastaajan mielestä (kuvan alareunassa väittämä, johon vastaaja vastasi)

Seuraavassa on koottu havainnot, joita kyselyyn vastanneet ovat kirjanneet:

- ”neuvotteluhuoneet, monet vieraatkin saavat oireita sisäilman laadusta”
- ”Iltapäivällä sisäilma tuntuu tunkkaiselta ja silmiä kuivaa sekä kutittaa.”.

Väittämä 7: Sisäilman raikkaus/puhtaus

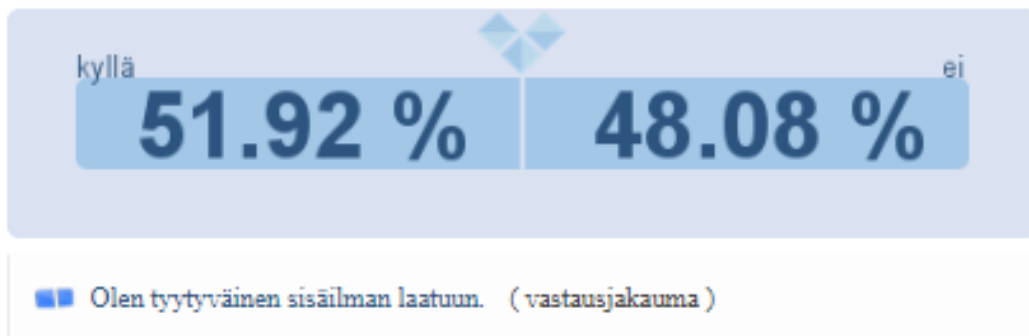
Kiinteistön ilmanvaihto on säädetty käymään yhtä tehokkaana ympäri vuorokauden. Lisäksi ilmanvaihtoa koskevat korjaustyöt suoritettiin ennen kuin sisäilman laadun todentaminen anturitekniikalla aloitettiin. Tästä huolimatta vain reilut 49 % vastaajista kokee sisäilman raikkaana ja puhtaana. (Kuva 64.)



KUVA 64. Yli puolet vastaajista ei pidä sisäilmaa raikkaana ja puhtaana (kuvan alareunassa väittämä, johon vastaaja vastasi)

Väittämä 8: Tyytyväisyys

On todettua, että sisäilman laadulla on suora vaikutus ihmisen terveyteen ja täten esimerkiksi työtehoon ja viihtyvyyteen. (2, s. 3.) Ainoastaan puolet vastaajista on tyytyväisiä sisäilman laatuun. 48 % vastaajista ei ollut siihen tyytyväisiä. (Kuva 65.)



KUVA 65. Väittämä koskien tyytyväisyyttä sisäilman laatuun jakoi vastaajien mielipiteet miltei puoleksi (kuvan alareunassa väittämä, johon vastaaja vastasi)

Väittämä 9: Työpanos

Yli 40 % vastanneiden työpanokseen sisäilman laatu ei vaikuta ollenkaan. On valitettavaa, että miltei 60 % vastaajista puolestaan kokee sisäilman laadun vaikuttavan työpanokseen negatiivisesti. (Kuva 66.)



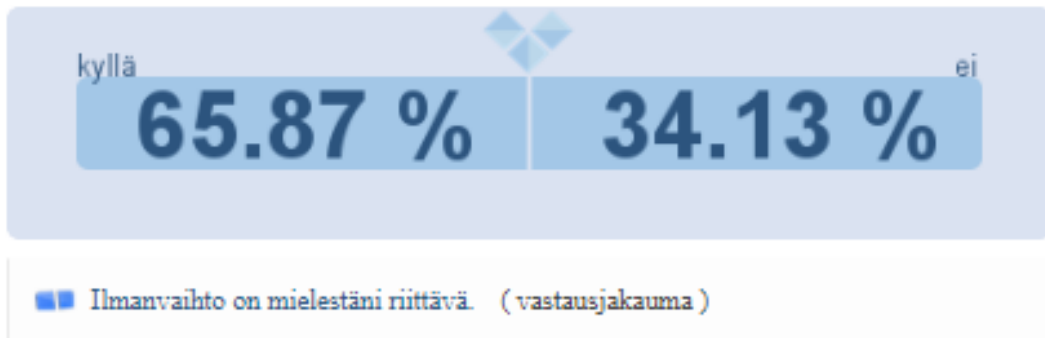
KUVA 66. Joiden vastaajien työpanos kärsii sisäilman laadun takia. Kuvan alareunassa väittämä, johon vastaaja vastasi (kuvan alareunassa väittämä, johon vastaaja vastasi)

Seuraavassa on koottu havainnot, joita kyselyyn vastanneet ovat kirjanneet:

- ”kylmää ja vetoista”
- ”ajoittainen tunkkaisuus/raskas ilma häiritsee. Välillä hyvin voimakas vedon tunne tekee työskentelystä ajoittain epämiellyttävää tilassa”
- ”Silmien kirvelyä ja nuhaa on liikaa”.

Väittämä 10: Ilmanvaihto

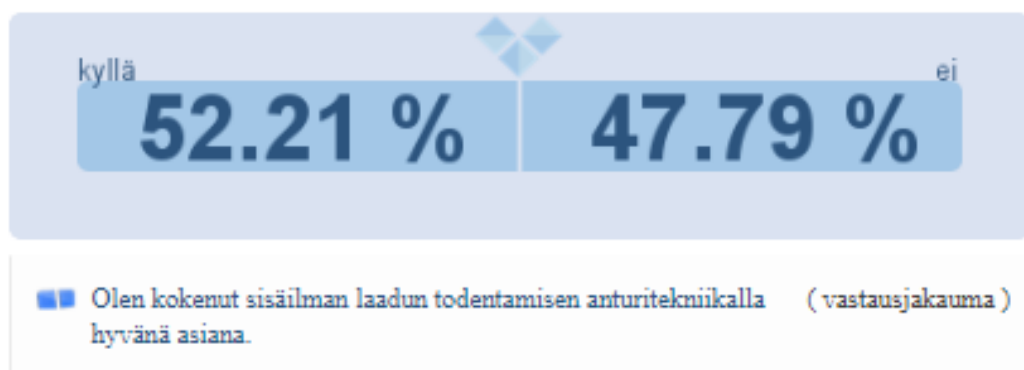
Tässä väittämässä käsiteltiin ilmanvaihtoa ja sen riittävyyttä. Lähes kaksi kolmasosaa vastaajista koki ilmanvaihdon riittävänä. (Kuva 67.)



KUVA 67. Yli 33 % vastaajista koki ilmanvaihdon riittämättömänä (kuvan alareunassa väittämä, johon vastaaja vastasi)

Väittämä 11: Anturitekniikka

Viimeisessä väittämässä vastaaja pääsi ilmaisemaan mielipiteensä sisäilman laadun todentamisen anturitekniikalla. Yli puolet koki sen hyvänä asiana. (Kuva 68.)



KUVA 68. Sisäilman laadun todentaminen koettiin enimmäkseen hyvänä asiana (kuvan alareunassa väittämä, johon vastaaja vastasi)

Seuraavassa on koottu havainnot, joita kyselyyn vastanneet ovat kirjanneet:

- ”Nyt hyvä työskennellä, kun pöydän pinnat eivät ole kylmät ja veto loppunut. Allerginen yskäkin loppunut.”

- ”Pöytien ja kaappien tasopinnoissa puhun vain omasta puolestani. Yleisellä tasolla edelleen parannettavaa. Anturitekniikka hyvä jotta saadaan NÄKYVÄÄ faktaa tilanteesta mm lämpötilat keskusteluttaa ajoittain , mutta kun on luotettava mittari... Hienoa kun olet tutkijana näyttäytynyt työpäikällä, motivoi meitä vastaajia kunnioittamaan opinnäytettäsi ja toivottavasti saat kattavan vastaus%.”
- ”Olen tyytyväinen että sisäilman laatuun on kiinnitetty huomiota ja sen laatu on saatu parannettua”
- ”Antureiden antama tieto selittää monia asioita. Joskus CO2-pitoisuudet ovat korkealla, ja porukka nuupahtaa. Joskus joku valittaa kylmyyttä, vaikka tilassa on 23 astetta lämmintä. Paikallaan istuminen vain heikentää pintaverenkiertoa.”.

7.4 Lokakuun ja helmikuun vastauksien analyysi

Ensimmäisen, lokakuun, ja toisen, helmikuun, kyselyissä käytettiin samoja väittämiä, jotta vastauksien vertailu olisi helpompaa. Kyselyiden välissä oli noin kolme kuukautta. Samoja väittämiä oli kahdeksan. Käyttäjien vastauksien perusteella oltiin menty huomattavasti parempaan suuntaan.

Väittämä 1: Sisäilman laatu

Väittämä oli: Sisäilman laadussa on eroja eri vuorokauden aikana. Vastausprosentit helmi- ja lokakuun välillä jakautuivat lähes samalla tavalla. Vastausprosentit olivat

- | | | |
|---------------|---------------|-------------|
| • lokakuussa | kyllä 54,73 % | ei 45,27 % |
| • helmikuussa | kyllä 53,85 % | ei 46,15 %. |

Väittämä 2: Pöytien tasopinnot

Toinen sama väittämä oli: Pöytien tasopinnot ovat vapaat (papereista, ym.) ja siivottavissa. Vastausprosentit jakautuivat tässäkin lähes samalla tavalla. Vastausprosentit olivat

- | | | |
|--------------|---------------|------------|
| • lokakuussa | kyllä 53,00 % | ei 47,00 % |
|--------------|---------------|------------|

- helmikuussa kyllä 50,00 % ei 50,00 %.

Väittämä 3: Lattiapinnat

Kolmas väittämä oli: Lattiapinnat ovat puhtaat ja pölyttömät. Vastausprosentit jakautuivat melko samankaltaisesti. Vastausprosentit olivat

- lokakuussa kyllä 52,70 % ei 47,30 %
- helmikuussa kyllä 48,40 % ei 51,60 %.

Väittämä 4: Sisäilman raskaus/tunkkaisuus

Seuraava sama väittämä oli: Sisäilma tuntuu raskaalta/tunkkaiselta. Eroavaisuutta vastausprosenttien kesken oli melko paljon:

- lokakuussa kyllä 55,67 % ei 44,33 %
- helmikuussa kyllä 39,53 % ei 60,47 %.

Väittämä 5: Sisäilman raikkaus/puhtaus

Väittämä viisi oli: Sisäilma tuntuu raikkaalta ja puhtaalta. Vastausprosentit olivat melko samankaltaiset

- lokakuussa kyllä 46,30 % ei 53,70 %
- helmikuussa kyllä 49,61 % ei 50,39 %.

Väittämä 6: Tyytyväisyys

Kuudes sama väittämä oli: Olen tyytyväinen sisäilman laatuun. Tyytyväisyys sisäilman laatuun oli parantunut, mikä käy ilmi vastausprosentteista:

- lokakuussa kyllä 43,3 % en 56,6 %
- helmikuussa kyllä 51,92 % en 48,08 %.

Väittämä 7: Työpanos

Seitsemäs väittämä oli: Sisäilman laatu vaikuttaa työpanokseeni negatiivisesti. Vastausprosenttien perusteella oltiin menty parempaan suuntaan:

- lokakuussa kyllä 47,99 % ei 52,01 %
- helmikuussa kyllä 40,94 % ei 59,06 %.

Väittämä 8: Ilmanvaihto

Viimeinen sama väittämä oli: Ilmanvaihto on mielestäni riittävä. Vastausprosentit pysyivät lähes samankaltaisina:

- lokakuussa kyllä 62,60 % ei 37,40 %
- helmikuussa kyllä 65,87 % ei 34,13 %.

8 TODENNUSTULOKSET

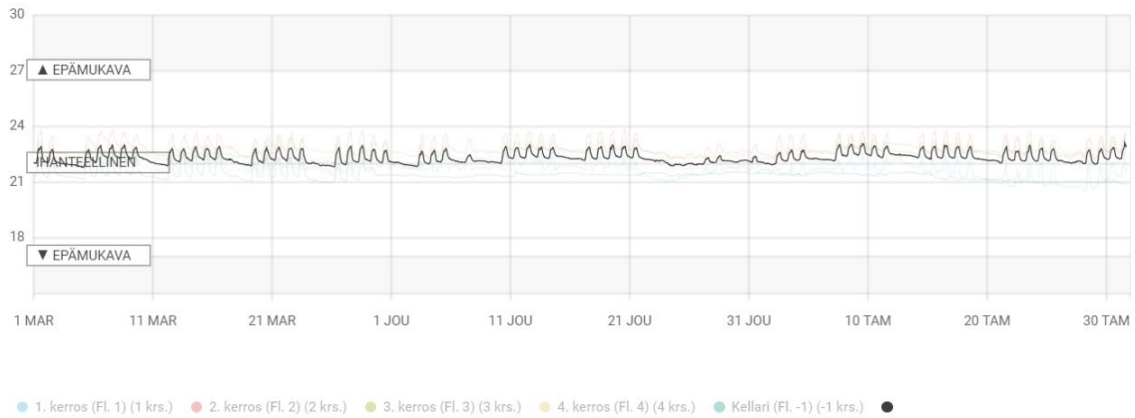
Kiinteistössä todennettiin sisäilman laatua kolme kuukautta. Aika haluttiin pitää kolmena kuukautena, jotta tarkasteltava ajanjakso osuisi nimenomaan talvisai-kaan, eikä esimerkiksi syksylle tai keväälle. Tästä syystä todennustuloksia voi- daan pitää luotettavina. Antureiden todentavia tuloksia katseltiin pilvipalvelusta, josta saatiin tarkasteluun esimerkiksi kukin kerros erikseen. Alla olevien kuvaa- jien käyrien värit kuvaavat eri kerroksia ja musta väri kuvaa koko kiinteistön ky- seisen laatutekijän keskiarvoa.

Lämpötila

Kiinteistön sisäilman lämpötila keskiarvoltaan oli noin 21 °C, kun käyttäjä ei ollut paikalla. Työntekijät saapuivat kiinteistöön noin kello 7-8 aamulla ja poistuivat klo 14-15 iltapäivällä. Työntekijöiden tultua kiinteistöön sen sisäilman lämpötila ko- hosi paikoin jopa yli 23 °C:seen.

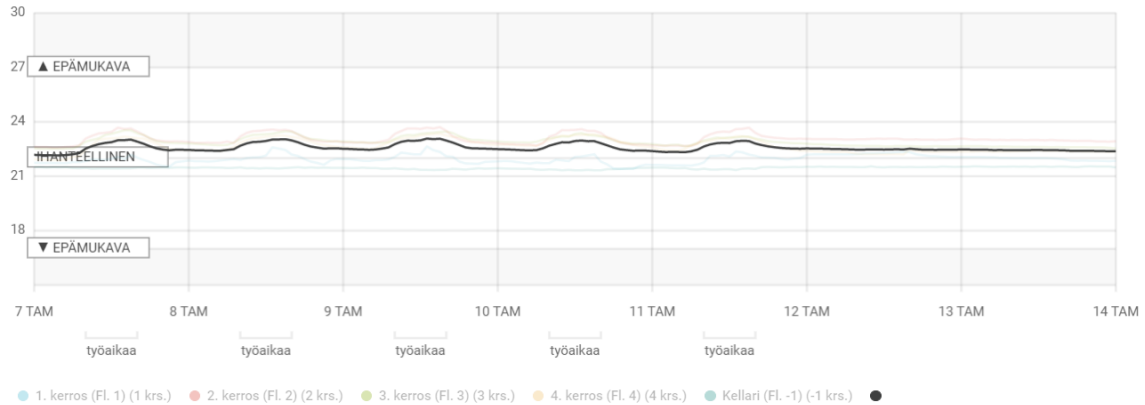
Lämpötila ei kohoa pelkästään työntekijöiden takia, vaan esimerkiksi jokaisen henkilökohtainen tietokone nostaa lämpötilaa entisestään. Pilvipalvelusta tulos- tetusta lämpötilakuvaajasta näkee hyvin, kuinka lämpötilaa kuvaava käyrä vaih- telee kolmen kuukauden aikana. Lämpötilan nousun voi havaita 14 erillisinä ”piik- kiryhminä”. Jokaisessa ”piikkiryhmässä” on pääosin viisi yksittäistä ”piikkiä”. Nämä ”piikit” kuvaavat arkipäivää. Kuvaajasta voidaan huomata, että kunkin ar- kipäivän kohdalla lämpötilaa kuvaava käyrä kohoo.

Tasaisempi käyrä 21.12.2018 – 10.1.2019 selittyy joululomalla, jolloin kiinteistön käyttöaste putosi roimasti. (Kuva 69.) Musta käyrä kuvastaa koko kiinteistön läm- pötilan muutosta keskiarvona. Kuvan alareunassa on kunkin kerroksen väri. Ker- roksien värikoodit näkyvät kuvaajassa taustalla himmeämmillä käyrillä, sillä kes- kiarvokäyrä on kuvaajassa korostettuna. Lämpötilakuvaajan aikaväliksi on ase- tettu kolme kuukautta eli 1.11.2018 – 31.1.2019.



KUVA 69. Kuvaajasta voidaan nähdä, kuinka lämpötila kohoaa, kun työntekijät saapuvat työpisteille (kuvassa himmeämmällä värikoodein kunkin kerroksen lämpötila viikon ajalta, vasemmalla lämpötila yksikkönä °C ja alareunassa aika sekä värikoodit kerroksille)

Kun tarkastellaan tavanomaista työviikkoa tunnin tarkkuudella, voidaan huomata selkeästi, että lämpötilaa kuvaava käyrä vaihtelee työntekijän saavuttua kiinteistöön. Tarkasteltava työviikko on 7. – 14.1.2019. (Kuva 70.)

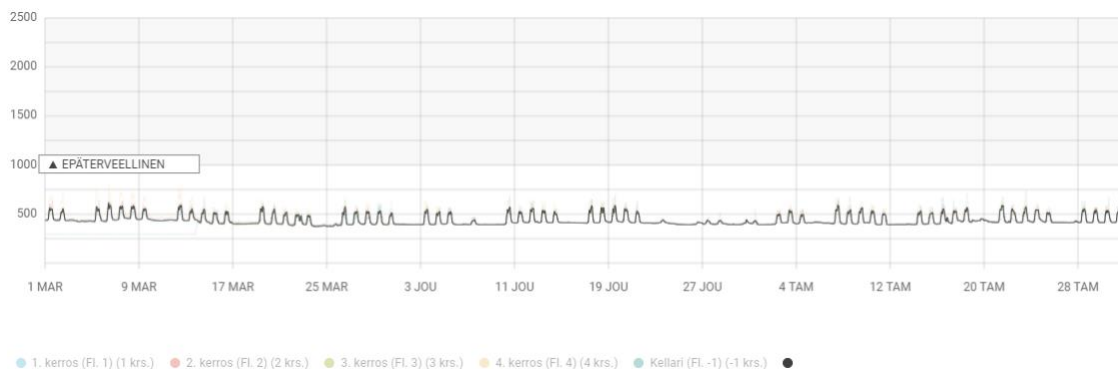


KUVA 70. Kuvasta nähdään lämpötilan muutokset tavanomaisen viikon ajalla (kuvassa himmeämmällä värikoodein kunkin kerroksen lämpötila viikon ajalta, vasemmalla lämpötila yksikkönä °C ja alareunassa aika sekä värikoodit kerroksille)

Hiilidioksidi

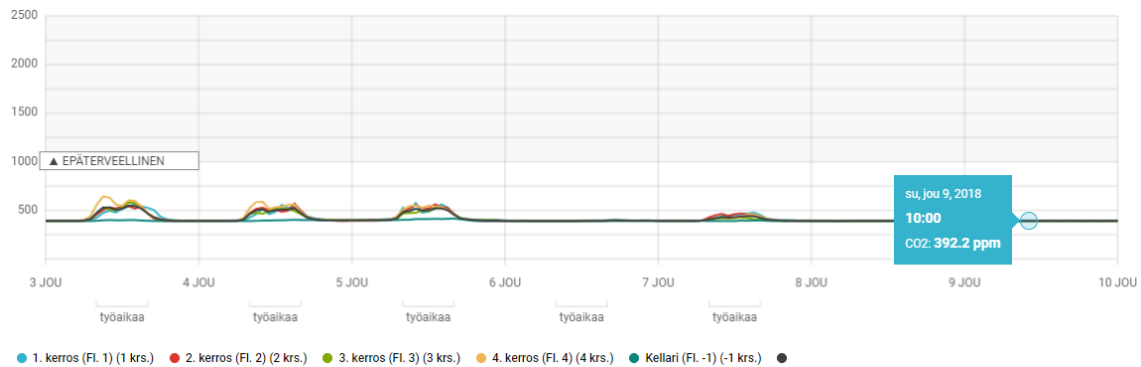
Hiilidioksidikuvaaja käyttäytyy samalla tavalla kuin lämpötilakuvaaja. Kuvaajan aikaväliksi asetettiin 1.11.2018 – 31.1.2019. Kuvaajassa esiintyy ”piikkiryhmiä”,

joita esiintyvät viikoittain. Yksittäiset ”piikit” kuvastavat arkipäiviä. Kyseisen kiinteistön sisäilmaluokka on S2, joka tarkoittaa sitä, että siihen kuuluvan rakennuksen sisäilman hiilidioksidipitoisuuden enimmäisarvo saisi olla noin 550 ppm. (11; 26.) Kuvaajasta voidaan nähdä, että kiinteistön hiilidioksidipitoisuus on noin 400 ppm, kun siellä ei ole työntekijöitä, joten sisäilmaluokituksen asettama enimmäisarvo ei ylity. Työntekijöiden työskennellessä hiilidioksidipitoisuus on noin 600-750 ppm. Tasainen käyrä selittyy joululomalla, joka näkyy kuvaajassa kohdassa 27.12.2019. (Kuva 71).



KUVA 71. Kuvaajasta voidaan todeta, että työntekijät nostavat sisäilman hiilidioksidipitoisuutta (vasemmalla hiilidioksidipitoisuus yksikkönä ppm ja alareunassa aika sekä värikoodit kerroksille)

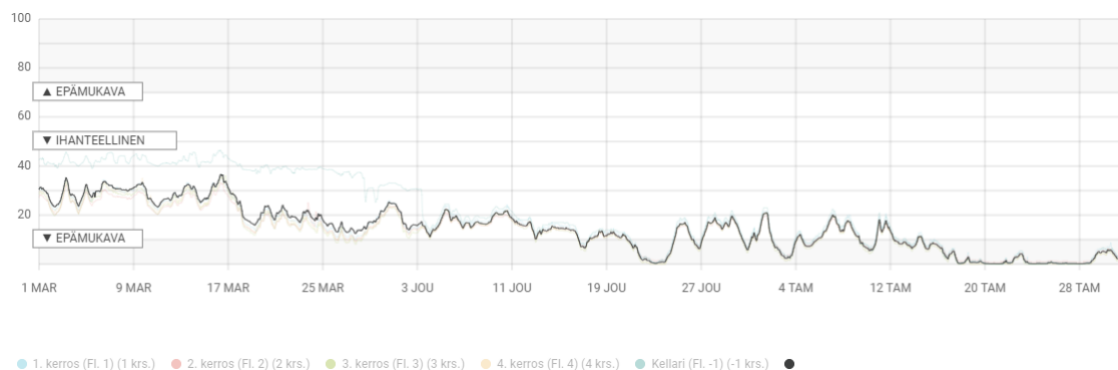
Tavallisen viikon käyrä käyttäytyy samalla tavalla kuin lämpötilakuvaajan käyrä. Hiilidioksidipitoisuus nousee, kun kiinteistöön tulee käyttäjiä. (Kuva 72.) Aikaväli on 3.12. – 10.12.2018.



KUVA 72. Kun kiinteistössä ei ole työntekijöitä, sen hiilidioksidipitoisuus on noin 400 ppm (vasemmalla hiilidioksidipitoisuus yksikkönä ppm ja alareunassa aika sekä värikoodit kerroksille)

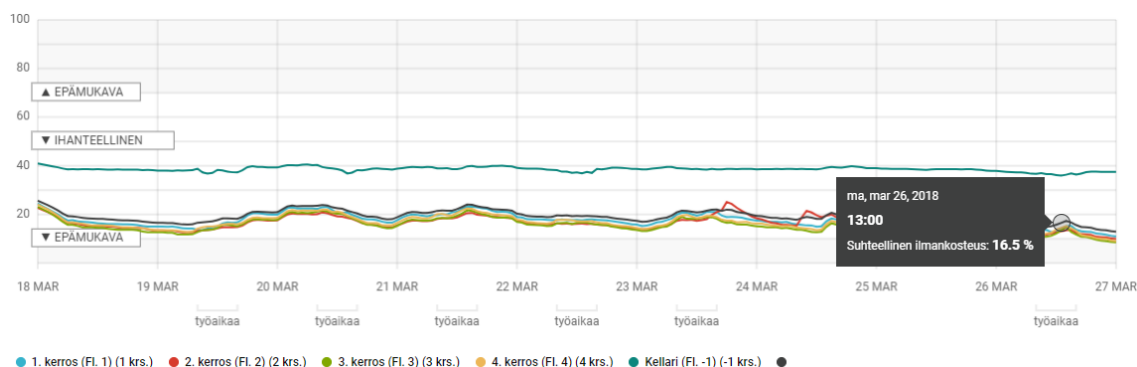
Suhteellinen ilmankosteus

Talvisin sisäilman suhteellinen ilmankosteus laskee usein alle 20 % - niin tässäkin tapauksessa. Kuvaajasta nähdään, kuinka suhteellinen ilmankosteus laskee, mitä lähemmäksi tammikuuta mennään. Aikaväli on 1.11.2018 – 31.1.2019. Vielä marraskuussa suhteellinen ilmankosteus oli hyvä: noin 30 %, mutta joulukuussa se laskee lähes poikkeuksetta kokonaan alle 20 %:n. (Kuva 73.) Joissakin kerroksissa käyttäjä oli omatoimisesti hommannut ilmankostuttimen, mutta kiinteistön omistajan puolesta ilmankostuttimia ei oltu asennettu.



KUVA 73. Suhteellinen kosteus on paikoin jopa 7 %, joka voi aiheuttaa nenän tukkoisuutta, kurkun kuivamista sekä väsymyksen tunnetta (15.) (vasemmalla suhteellinen ilmankosteus yksikkönä % ja alhaalla aika sekä värikoodit kerroksille)

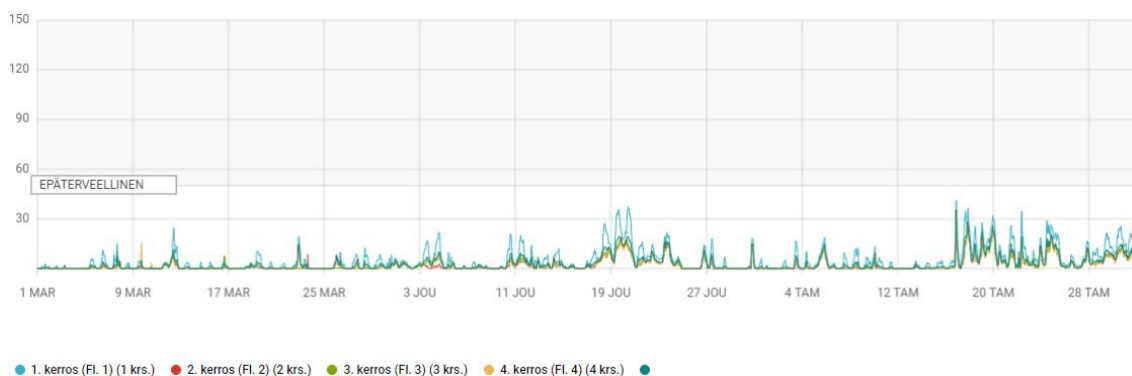
Tavanomaisen marraskuisen viikon suhteellinen ilmankosteus oli noin 16 %. Aikaväli on 18. – 27.11.2018. Poikkeuksen 1-4 kerroksiin tekee kellarikerroksen suhteellinen ilmankosteus, joka on koko tarkasteltavan aikavälin noin 40 %. Tämä johtuu kellarissa sijaitsevasta suuresta ilmankostuttimesta, sillä siellä pidetään paljon erilaisia papereita, jotka vaativat tietyn ilmankosteuden. (Kuva 74.)



KUVA 74. Vielä marraskuussa sisäilman suhteellinen kosteus oli epämukavan paremmalla puolen (vasemmalla suhteellinen ilmankosteus yksikkönä % ja alhaalla aika sekä värikoodit kerroksille)

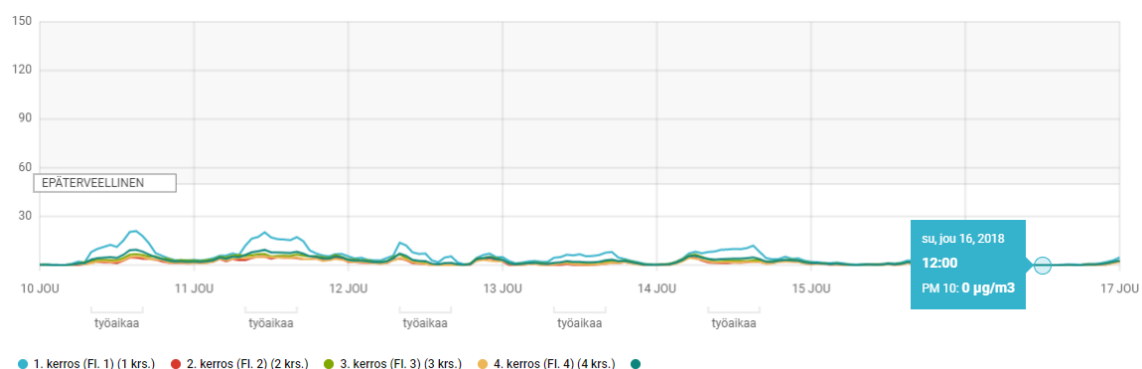
Partikkelit eli pienhiukkaset

Anturit todensivat kolmen kuukauden aikana myös partikkeleita, joiden halkaisijat ovat alle 10 mikrometriä sekä alle 2,5 mikrometriä. Partikkeleiden kuvaaja käyttäytyi samalla tavalla kuin hiilidioksidi- sekä lämpötilakuvaaja: kun työntekijät tulivat kiinteistöön, niin syntyi ”partikkelipiikki”. Kun kiinteistö oli tyhjänä käyttäjistä, olivat partikkelipitoisuudet äärimmäisen pienet. Tämä puolestaan kertoo siitä, etteivät partikkelit kulkeudu kiinteistöön ilmanvaihdon yhteydessä ja ilmanvaihtokoneen suodattimet toimivat moitteettomasti. Partikkelikuvaajasta, joiden halkaisija on 10 mikrometriä (PM 10), näkee, että piikit ovat koholla pääosin arkipäivinä. Tarkasteluaikaväli on 1.11.2018 – 31.1.2019. (Kuva 75.) Toimenpiderajana sisäilmassa tämän kokoisille partikkeleille pidetään arvoa 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. (4, s. 9)



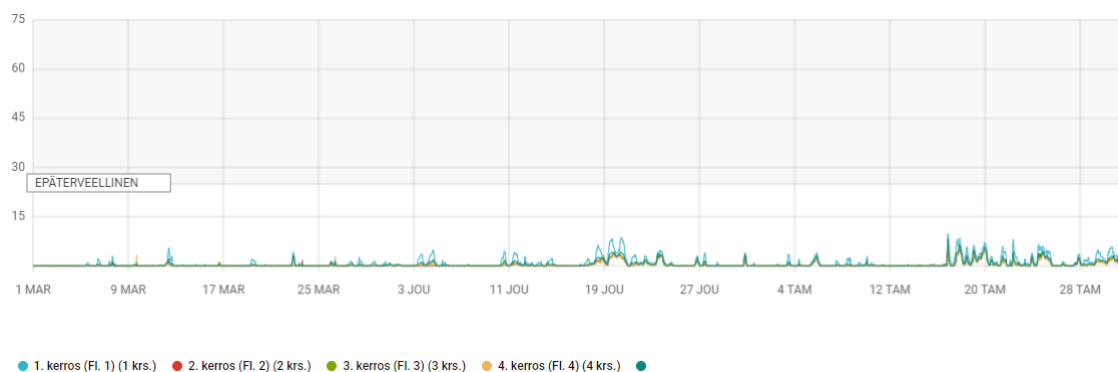
KUVA 75. Kuvaajasta näkyy, että ”piikit” kohoavat arkipäivinä ja laskevat lähelle nollaa, kun kiinteistö on tyhjä (kuvaajan vasemmalla partikkeliyksikkö $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja alareunassa aika sekä värikoodit kerroksille)

Kun otetaan tarkasteluun tavanomainen viikko, niin voi huomata arkipäivät selkeämmin. Aikavälinä on 10.-17.12.2018. Partikkelipitoisuus (PM10) käy korkeimmillaan lähelle arvoa $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (Kuva 76.)



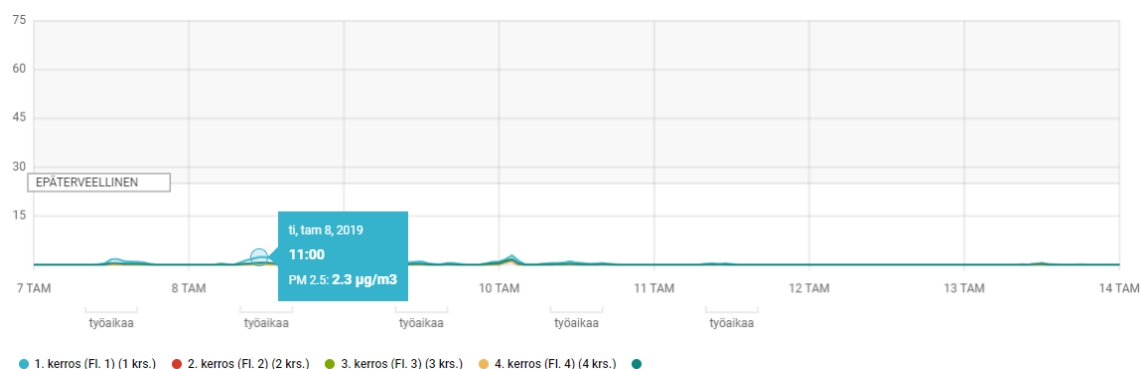
KUVA 76. Arkipäivinä partikkeleiden pitoisuus sisäilmassa kohoaa huomattavasti, kun vertaillaan esimerkiksi saman arkipäivän illan arvoihin (kuvaajan vasemmalla on partikkeliyksikkö $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja alareunassa aika sekä värikoodit kerroksille)

Anturit todensivat myös partikkeleita, joiden halkaisija oli 2,5 mikrometriä. Tämän kokoisille partikkeleille toimenpiderajana pidetään arvoa $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Aikavälinä kuvaajassa on 1.11.2018 – 31.1.2019. Partikkelikuvaajasta ei näin isossa aikavälissä käy ilmi, kuinka ”piikit” kohoavat, koska pitoisuudet ovat niin alhaiset. (Kuva 77.)



KUVA 77. Pitoisuudet kolmen kuukauden aikana olivat hyvin pienet (kuvaajan vasemmalla on partikkeliyksikkö $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja alareunassa aika sekä värikoodit kerroksille)

Kun tarkasteluajankohta on yksi viikko, 7.1. – 14.1.2019, niin voidaan huomata, että pienet kohoumat partikkelikuvaajassa kohdistuvat arkipäiville. Näiden partikkeleiden (PM_{2,5}) pitoisuus on hyvin pieni. (Kuva 78.)

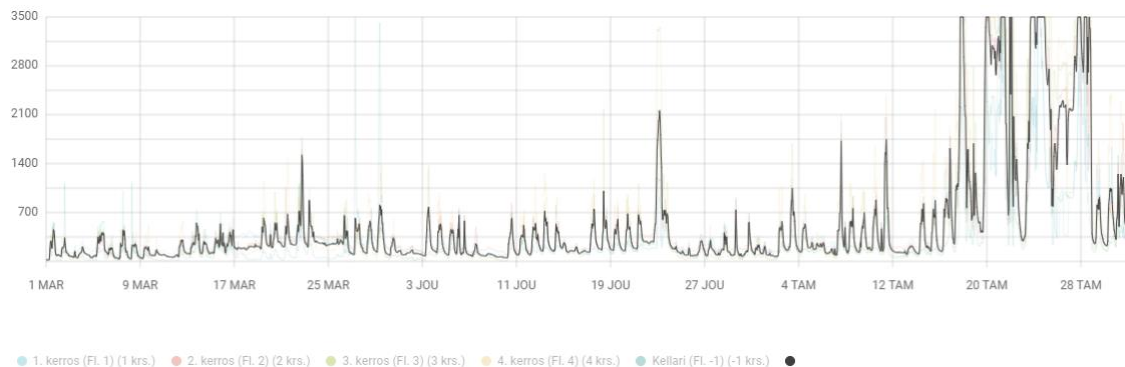


KUVA 78. Partikkeleiden pitoisuus sisäilmassa on hyvin pieni (kuvaajan vasemmalla partikkeliyksikkö $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja alareunassa aika sekä värikoodit kerroksille)

VOCit

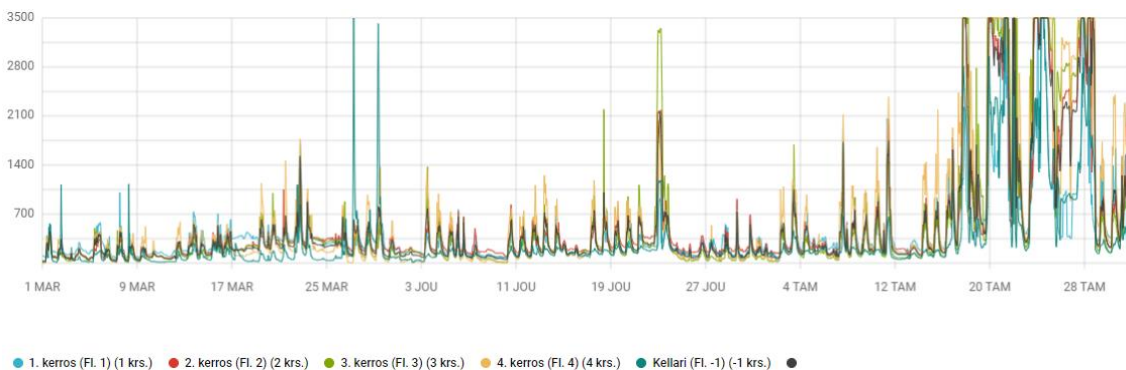
VOCeja kuvaava käyrä kolmen kuukauden ajalta, 1.11.2018 – 31.1.2019, käyttäytyy pääosin samalla tavalla kuin hiilidioksidi-, lämpötila- sekä partikkelikuvaaja: ”piikit” kohoavat arkipäivisin. Kuvaajasta voidaan nähdä, että piikit kohdistuvat selkeästi arkipäiville. Iltaisin sekä viikonloppuisin käyrä on hyvin matalalla. VOCien toimenpiderajana pidetään sisäilmassa 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Kuvaajasta nähdään, että kyseinen arvo ylitetään hurjan paljon ja joka arkipäivä. Merkille pantavaa on se, kuinka matalat arvot anturi todentaa, kun kiinteistössä ei ole käyttöä. (Kuva

79.) Koska arvot nousevat arkipäivisin, kun kiinteistö on täynnä työntekijöitä, on VOC-arvojen nousu oltava ihmisperäistä.



KUVA 79. Arkipäivisin kiinteistön keskiarvoa kuvaava musta käyrä näyttää VOC-pitoisuuksille arvoja, jotka ylittävät toimenpiderajat selkeästi käyttäjien ollessa kiinteistössä (kuvassa vasemmalla VOC-pitoisuus, jonka yksikkö on $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja alhaalla aika sekä värikoodit kerroksille)

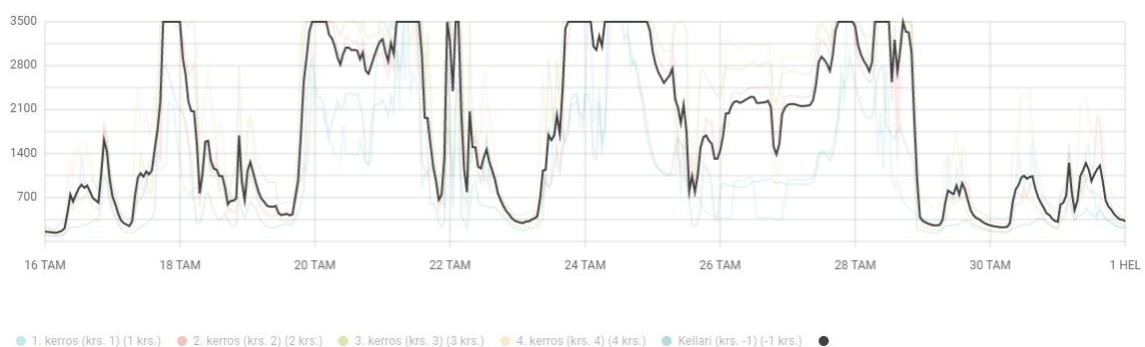
Kun tarkastellaan kuvaajaa, jossa näkyy värikoodein kaikki kerrokset, voidaan helpommin eritellä kerrokset. Kuvaaja on hyvin vaikealukuinen johtuen suuresta aikavälistä, mutta siitäkin voidaan huomata, kuinka ”piikit” osuvat arkipäiville ja kuvaajan arvot putoavat iltaisin sekä viikonloppuisin. (Kuva 80.)



KUVA 80. Kuvaajassa kaikki eri kerrokset värikoodein (kuvassa vasemmalla VOC-pitoisuus, jonka yksikkö on $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja alhaalla aika sekä värikoodit kerroksille)

VOC-arvot käyvät suurimpina välillä 17. – 29.1.2019. Kuvaajan perusteella arvot ovat reilusti yli $3\,500\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Se selittyy ainakin osittain Oulussa vallinneesta kovasta pakkasesta. Pakkanen käy esimerkiksi 17.1. jopa $-25,1\ ^\circ\text{C}$:tta. Pakkanen

hellittää ja putoaa reilusti $-13,9\text{ }^{\circ}\text{C}$:een 19.1., ja tällöin VOC-arvot putoavat reilusti lähelle arvoa $400\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$. Esimerkiksi 23.1. pakkasen liikkuu $-10,5\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa, ja tällöin VOC-arvot ovat alhaalla, kuten kuvaajasta voidaan nähdä. 23.1. aamusta pakkasen kiristyy taas $-25,5\text{ }^{\circ}\text{C}$:n ja vielä 24.1. pakkasen on noin $-21,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pakkanen lauhtuu 25.1. ja on noin $16,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, joka on havaittavissa VOC-kuvaajassa VOC-käyrän notkahduksena. Tämän jälkeen pakkasen taas kiristyy lähes poikkeuksetta $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$:n ja lauhtuu vasta 28.1. illalla $-15,5\text{ }^{\circ}\text{C}$:n. Kun pakkasen kiristyy $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$:n, niin sillä on suora vaikutus VOC-käyrän käyttäytymiseen kuvaajassa. (Kuva 81.) (Liite 2.)

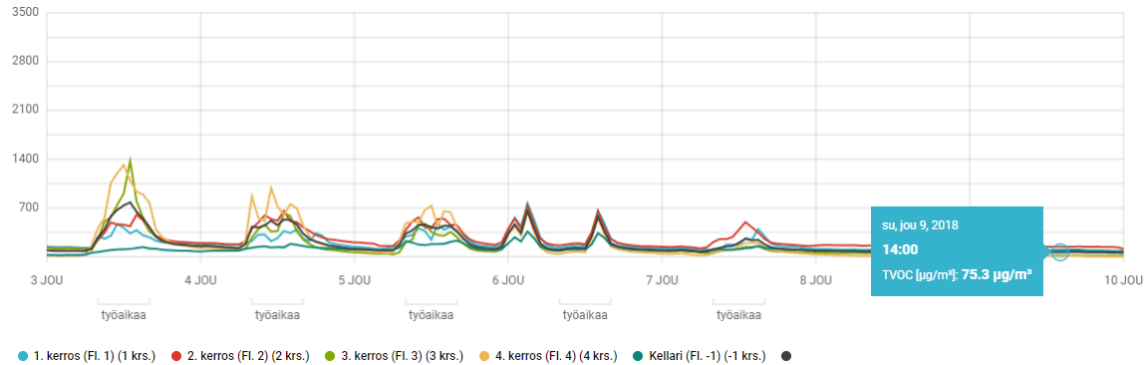


KUVA 81. Kun pakkasen on kova, VOC-arvot käyvät ylhäällä (liite 2) (kuvassa vasemmalla VOC-pitoisuus, jonka yksikkö on $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja alhaalla aika sekä värikoodit kerroksille)

Se, miksi pakkasella on näin suuri vaikutus VOC-käyrien käyttäytymiseen, jäi opinnäytetyötä tehtäessä hieman epäselväksi. Mahdollisia syitä tapahtuneelle voisi olla esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden huurteenpoiston aktivoituminen, joka voisi aiheuttaa painesuhteisiin muutoksia, sekä ilmanvaihtokoneiden pakkaspudotukset. Nämä voidaan tosin poissulkea, sillä kohteen ilmanvaihtokoneissa ei ole käytössä pakkaspudotuksia ja huurteenpoistot eivät olleet aktiivisena tammi-kuun aikana. Lisäksi on mahdollista, että kovalla pakkasella kiinteistön rakennuksen lämmityksen kohottua joidenkin esineiden pinnat saattavat vapauttaa VOC-päästöjä.

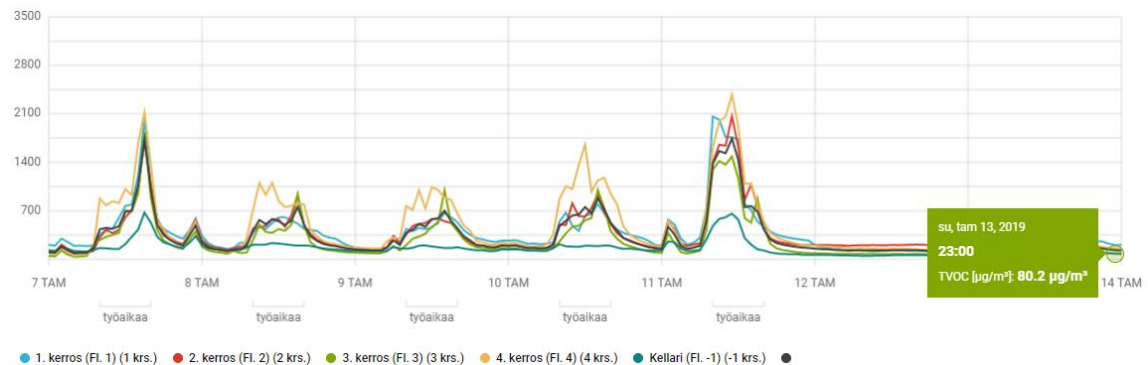
Kuvaajaa, jonka aikaväli on 3. – 10.12.2018, on huomattavasti helpompi tulkita. Lyhyemmän aikavälin ansiosta nähdään tarkasti, kuinka ”piikit” kohdistuvat juuri arkipäivälle ja suoraan työaikaan, joka kyseisessä kiinteistössä on pääosin välillä

kello 07 – 18. Huomionarvoista on se, että iltaisin ja viikonloppuna arvot putoavat jopa $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja sen alle. (Kuva 82.) Tämä vahvistaa sen, miten kohoavat arvot ovat ihmisperäisiä.



KUVA 82. Arvot ovat pahimmillaan sisäilmassa jopa $1\,400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vasemmalla VOC-pitoisuus, jonka yksikkö on $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja alhaalla aika sekä värikoodit kerroksille)

Kun tarkastellaan kuvaajaa, jonka aikaväli on 7. - 14.1.2019, huomataan, että kuvaaja käyttäytyy samalla tavalla kuin aiemmalla aikavälillä (3. – 10.12.2018). ”Piikit” kohoavat, kun kiinteistössä on käyttö päällä ja putoavat, kun kiinteistö tyhjenee työntekijöistä. (Kuva 83.)



KUVA 83. Arvot ovat pahimmillaan sisäilmassa jopa $2\,450 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mutta sunnuntai-iltana arvo on noin $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kun kiinteistön käyttöaste on alhainen (vasemmalla VOC-pitoisuus yksikkönä $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja alhaalla aika sekä värikoodit kerroksille)

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli todentaa käyttäjälle kiinteistössä vallitsevan sisäilman laatu anturitekniikalla. Tavoitteena oli myös pyrkiä parantamaan käyttäjien työtehoa sekä luottamusta kiinteistön omistajan ja käyttäjien välillä.

Kiinteistön sisäilman laatua alettiin tutkimaan, sillä osa käyttäjistä oli kokenut sisäilman laadun epämiellyttävänä. Lisäksi jotkut olivat saaneet oireita, joiden epäiltiin johtuvat huonosta sisäilman laadusta. Kiinteistön sisäilman laatua todennettiin anturitekniikalla opinnäytetyötä varten kolme kuukautta. Opinnäytetyössä todennettiin VOCeja, hiilidioksidia, suhteellista ilmankosteutta, lämpötilaa, partikkeleita sekä paine-eroa. Kun kiinteistö oli tyhjä käyttäjistä ja ulkoilma oli tavanomainen, antureiden todentamat tulokset eri laatutekijöistä pysyivät hyväksyttävissä rajoissa. Täten ne eivät aiheuttaneet toimenpiteitä.

VOC- sekä paine-erokäyrät olivat yllättävän riippuvaisia sääolosuhteista. Se kävi selkeästi ilmi kolmen kuukauden ajanjaksona. Esimerkiksi pakkasen laskiessa alle 20 °C:tta VOC-käyrät ylittivät toimenpiderajat selkeästi. Lisäksi käyttäjän ollessa kiinteistössä toimenpiderajat ylitettiin. Tästä voidaan todeta, miten ihminen itse nostaa toiminnoillaan ja läsnäolollaan esimerkiksi VOC-pitoisuuksia.

On äärimmäisen harmillista, että sisäilman laatu voi aiheuttaa oireita. Tämä kävi selkeästi ilmi kyselyn vastauksista. Täytyy kuitenkin muistaa se fakta, että kodin sisäilma voi erota huomattavasti työpaikan sisäilmasta. Kotona esimerkiksi voi olla painovoimainen ilmanvaihto erillispoistoilla, joka tuntuu hyvin erilaiselta kyseisen kiinteistön sisäilmaan verrattuna, sillä ilmanvaihto toimii esimerkiksi tässä kiinteistössä koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä. Lisäksi kotona tehdään esimerkiksi liesituulettimen ääressä ruokaa, jolloin voidaan keittää esimerkiksi perunoita tai riisiä. Kiehunut vesi muuttuu vesihöyryksi, joka välittömästi nostaa sisäilman suhteellista ilmankosteutta ja samalla kostuttaa nenän limakalvoja. Tätä ei töissä tapahdu, joten on luonnollista, että esimerkiksi nenän limakalvot hieman kuivuvat.

Helmikuun kyselyn vastauksista kävi ilmi käyttäjän tyytyväisyys siitä, että sisäilman laatua tutkittiin ja todennettiin avoimesti ja rehellisesti käyttäjälle. Luottamus

kiinteistön käyttäjän ja omistajan välillä parani ja sisäilman todentaminen koettiin pääosin positiivisena asiana.

Opinnäytetyön aihe on erittäin tärkeä ja ajankohtainen. Sisäilman laatutekijät riippuvat hyvin monesta tekijästä, kuten opinnäytetyössä on käynyt ilmi. Sisäilman laadulla on suora yhteys terveyteen. Opinnäytetyön tilaajalle kyse oli pilottihankkeesta, jota voisi jatkossa hyödyntää esimerkiksi uudisrakennuskohteissa, jotta sisäilman laatu olisi heti kiinteistön käyttöönottovaiheessa tiedossa. Todentaminen kiinteistössä jatkuu opinnäytetyön valmistumisen jälkeen, joten kohteen sisäilman laatu on edelleen suuren tarkennuslasin alla.

LÄHTEET

1. Sisäilmatutkimus. Raksystems. Saatavissa: https://www.raksystems.fi/fi/palvelut/sisailma/sisailmatutkimus?gclid=CjwKCAiAt4rfBRBKEi-wAC678KWQ6KD0_IUFQHzA-ovXI48eGYIwu83-7MV6CF3Pv790TjX58pvBN3BoCq4kQAvD_BwE.
Hakupäivä 7.11.2018.
2. Sisäilmaopas. Allergia- ja Astmaliitto ry ja Hengityслиitto ry. Saatavissa: <https://docplayer.fi/922587-Sisalto-2-sisailmaopas-julkaisija-allergia-ja-astmaliitto-ry-ja-hengityслиitto-ry.html>. Hakupäivä 11.12.2018.
3. Asumisterveysohje. 2003. Sosiaali- ja terveysministeriö. Helsinki. Saatavissa: https://www.finlex.fi/data/normit/14951/asumisterveysohje_pdf.pdf.
Hakupäivä 7.11.2018.
4. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuuden (TVOC) tavoitetasot teollisten työympäristöjen yleisilmassa. 2012. Työterveyslaitos. Helsinki. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/12/TVOC-tavoitetasot.pdf>. Hakupäivä 7.11.2018.
5. Kemialliset tutkimukset. 2008. Sisäilmayhdistys. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Ongelmien-tutkimien/Muut-sisailmatutkimukset/Kemialliset-tutkimukset>. Hakupäivä 8.11.2018.
6. VOC-yhdisteet. Hengityслиitto. Saatavissa: https://www.hengityслиitto.fi/fi/sisailma/sisailma-asiat-sisailmaongelmat/kaasumaiset-epapuh-taudet/voc-yhdisteet?gclid=CjwKCAiAt4rfBRBKEi-wAC678KQI72OZRFor35B5hFVMGKyGKsJSwKP7_XPPHnUck3216c37OpWnnqBoCzXYQAvD_BwE. Hakupäivä 7.11.2018.
7. Palomäki, Eero 2011. Rakennusmateriaaleista peräisin olevat sisäilman epäpuhtaudet. Työterveyslaitos. Saatavissa: http://www.ecophon.com/globalassets/old-structure/15.suomi/ulkopuolisten-luennoitsijoiden-esitykset/ecophon---uusittu_rakennusmateriaaleista-peraisin-olevat-sisailman-epapuh-taudet.pdf. Hakupäivä 13.11.2018.

8. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje osa 3. Asumisterveysasetus § 14-19. 8/2016. Valvira. Helsinki. Saatavissa: <https://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Asumisterveysasetuksen+soveltamisohje+osa+III.pdf/997eeca1-53f7-4d4e-bb7a-df6ef7ee0e9c>. Hakupäivä 8.11.2018.
9. OVA-ohje: Hiilidioksidi. 2017. Työterveyslaitos. Saatavissa: <http://www.ttl.fi/ova/hiilidioksidi.html>. Hakupäivä 12.11.2018.
10. Hiilidioksidi. 2018. Hengityслиitto. Saatavissa: <https://www.hengityслиitto.fi/fi/sisailma/sisailma-asiat-sisailmaongelmat/kaasumaiset-epapuh-taudet/hiilidioksidi>. Hakupäivä 8.11.2018.
11. RT 07-11299. 2018. Sisäilmastoluokitus. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Saatavissa: https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2007-11299?query=sis%C3%A4ilmastoluokitus%202018&external_system=Juha&page=1 (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 27.2.2019.
12. Kukkonen, Esko. Sisäilmaluokitusta uudistettiin. Sisäilmayhdistys ry. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK020303.pdf>. Hakupäivä 8.11.2018.
13. Pursiainen, Teemu. Suhteellinen ilmankosteus. KosteusmittausFi. Saatavissa: <http://kosteus-mittaus.fi/suhteellinen-ilmankosteus/>. Hakupäivä 8.11.2018.
14. Lämpöolot. 2018. Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu. Saatavissa: <https://www.tyosuoja.fi/tyoolot/fysikaaliset-tekijat/lampoolot>. Hakupäivä 12.11.2018.
15. Huoneen optimaalinen kosteus. 2012. Rytmirakennus. Saatavissa: <http://www.rytmirakennus.fi/2012/01/huoneen-optimaalinen-kosteus/>. Hakupäivä 8.11.2018.
16. Sisäilman kosteus ja lämpötila. 2018. Hengityслиitto. Saatavissa: <https://www.hengityслиitto.fi/fi/sisailma/sisailma-asiat-sisailmaongelmat/sisailman-kosteus-ja-lampotila>. Hakupäivä 8.11.2018.
17. Shemeikka, Jari 2018. Tarkenisitko 18 asteessa? Rakennuslehti 16.11.2018. S. 12.

18. Virta, Maija. Hyvän sisäilman edellytykset. FläktGroup Finland Oy. Saatavissa: <https://www.hyvasisailma.fi/asiantuntijan-nakokulma/hyvan-sisailman-edellytykset/>. Hakupäivä 13.11.2018.
19. Hiukkaset ja kaasumaiset aineyhdisteet. 2018. Hengityслиitto. Saatavissa: <https://www.hengityслиitto.fi/fi/terveys-hyvinvointi/ulkoilma-ilmanlaatu/ilmanlaatu-saasteet/hiukkaset-ja-kaasumaiset-aineyhdisteet>. Hakupäivä 13.11.2018.
20. Hiukkasmaiset epäpuhtaudet. 2008. Sisäilmayhdistys ry. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Hiukkasmaiset-epapuhautet>. Hakupäivä 13.11.2018.
21. Ilmanvaihdon perusteet. Sisäilmayhdistys ry. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Ilmanvaihdon-perusteet>. Hakupäivä 13.11.2018.
22. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje osa 1. Asumisterveysasetus § 1-10. 8/2016. Valvira. Helsinki. Saatavissa: <https://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Asumisterveysasetuksen+soveltamisohje/ac8d5e16-97be-456c-9c9c-ce8560f2092e>. Hakupäivä 11.12.2018.
23. Ilmanvaihtojärjestelmät. 2018. Hengityслиitto. Saatavissa: <https://www.hengityслиitto.fi/fi/sisailma/ilmanvaihto/ilmanvaihtojarjestelmat>. Hakupäivä 13.11.2018.
24. RT 07-10564. 1995. Rakennuksen sisäilmasto. Rakennustieto Oy. Saatavissa: https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2007-10564?query=rt%2007-10564&external_system=Juha&page=12 (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 13.11.2018.
25. Ilmanvaihto-ongelmat. 2018. Hengityслиitto. Saatavissa: <https://www.hengityслиitto.fi/fi/sisailma/ilmanvaihto/ilmanvaihto-ongelmat>. Hakupäivä 13.11.2018.
26. Akkuna. Oulun kaupunki. Saatavissa: <https://uusiakkuna.oulunkaupunki.fi/Sivut/Default.aspx> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 2.2.2019.
27. Työterveyslaitoksen sisäilmastokysely. 2018. Työterveyslaitos. Lausunto. Ei julkinen. Hakupäivä 23.8.2018.

28. Pitkäranta, Miia 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kunto-
tutkimus. Ympäristöopas. Saatavissa: [http://julkaisut.valtioneu-
vosto.fi/bitstream/handle/10024/75517/YO_2016_Kuntotutkimus-
opas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75517/YO_2016_Kuntotutkimus-opas.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Hakupäivä 21.1.2019.