

Opinnäytetyö AMK

Tekniikan Koulutus

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, LVI-tekniikka

2024

Tiina Torikka

# Olemmeko hulluja?

– Saako mittauksilla tukea käyttäjien kokemuksiin sisäympäristön ongelmista?

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Tekniikan koulutus | LVI-tekniikka

2024 | 63 sivua, 2 liitesivua

Tiina Torikka

## Olemmeko hulluja?

- Saako mittauksilla tukea käyttäjien kokemuksiin sisäympäristön ongelmista?

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää koulurakennuksen käyttäjien kokemuksia sisäympäristön ongelmista ja saadaanko kokemuksiin tukea mittauksista. Tutkimuskohteena on eräs toisen asteen ammatti-instituutin koulurakennus. Rakennuksen käyttäjät vastasivat kyselyyn kokemistaan ongelmista, ja näiden kyselyiden pohjalta valittiin kolme tilaa, joihin opinnäytetyössä keskityttiin tarkemmin. Näissä kolmessa tilassa toteutettiin mittauksia, joiden tuloksia verrattiin asetusten antamiin raja-arvoihin.

Mittauksissa yhdestä tilasta ei löytynyt asetusten vastaisia tuloksia. Muista kahdesta tilasta löytyi ongelmia, joihin pitäisi puuttua. Yhdestä työhuoneesta puuttui kokonaan ilmanvaihto, ja yhdessä luokassa LVIS-laitteiden aiheuttama äänitaso oli paljon asetuksia suurempi. Opinnäytetyössä ei selvitetty ongelmien lähdettä eikä annettu ratkaisuehdotuksia.

Käyttäjien kokemukset eivät kaikilta osin saaneet mittauksista tukea, mutta käyttäjien kokemuksia ei voi jättää huomiotta tutkittaessa ongelmia.

Asiasanat:

Sisäympäristö, ilmanvaihto, ilmanlaatu, koulu, käyttäjien kokemukset

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

HVAC engineer

2024 | 63 pages, 2 pages in appendices

Tiina Torikka

## Are we crazy?

- Can measurements support the user experiences on indoor environment?

The purpose of the thesis was to study user experiences on indoor environment problems at a school building and if there is a possibility to get support for the experiences through measurements. The subject is a building of a vocational institute. Users of the building answered to a questionnaire about the indoor environment problems that they have experienced. Based on the questionnaire three spaces were selected to be researched further with measurements. The results of the measurements were compared to regulations.

In one space there were no measurement results against the regulations. The other two spaces had problems that should be investigated further. One office had no ventilation, and one classroom had the voice from the HVAC exceeded regulations. The origin of the problems or solutions were not discussed in this thesis.

All of the user experiences were not supported by the measurements, but the user experiences cannot be ignored when studying the problems.

Keywords:

Indoor environment, air quality, ventilation, school, user experiences

# Sisältö

<b>Käytetyt lyhenteet tai sanasto</b>	<b>7</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>8</b>
<b>2 Tavoitteet, nykytilanne ja tutkimuskohde</b>	<b>10</b>
2.1 Tavoitteet	10
2.2 Nykytilanne	10
2.3 Tutkimuskohde Peltolan koulutalo yleisesti	10
2.4 Sisäympäristön tila Peltolassa	12
2.5 C-rakennus	14
<b>3 Koulurakennuksen ilmanvaihdon suunnittelu</b>	<b>16</b>
3.1 Koulu vaativana suunnittelukohteena	16
3.2 Sisäilmaston suunnittelu	17
<b>4 Sisäympäristön ongelmien aiheuttajat</b>	<b>21</b>
4.1 Fysikaaliset tekijät	21
4.1.1 Lämpö	21
4.1.2 Melu	23
4.2 Kaasumaiset ja hiukkasmaiset epäpuhtaudet	25
<b>5 Muita tutkimuksia sisäympäristön ongelmista kouluympäristöissä.</b>	<b>28</b>
<b>6 Henkilöstökysely</b>	<b>30</b>
6.1 Kyselylomake	31
6.2 Kyselyn tulokset	32
<b>7 Mittaukset</b>	<b>37</b>
7.1 Luokkatila	37
7.1.1 Mittauksien teko	39
7.1.2 Mittaustulokset	41
7.2 Työhuone 1	44

7.2.1 Mittauksien teko	46
7.2.2 Mittaustulokset	48
7.3 Työhuone 2	50
7.3.1 Mittauksien teko	53
7.3.2 Mittaustulokset	54
<b>8 Lopputulos hulluudesta</b>	<b>57</b>
8.1 Luokkahuone	57
8.2 Työhuone 1	59
8.3 Työhuone 2	60
<b>9 Yhteenveto</b>	<b>62</b>
<b>Lähteet</b>	<b>67</b>

## Liitteet

Liite 1. Kyselylomake.

Liite 2. Ilmamäärien mittauspöytäkirja.

## Kuvat

Kuva 1. Peltolan koulutalo.	11
Kuva 2. Peltolan koulutalon rakennukset karttakuvassa. (OpenStreetMap)	12
Kuva 3. Peltolan koulutalon B-rakennus.	13
Kuva 4. Peltolan koulutalon C-rakennus.	15
Kuva 5. Rakennusosaston työsalin.	35
Kuva 6. Rakennusosaston käytävä.	36
Kuva 7. Luokka pohjakuvassa ja äänenvoimakkuuden mittauspisteet esitettynä	37
Kuva 8. Luokkatila alkuperäisessä IV-suunnitelmassa.	38
Kuva 9. Luokkahuone, "huminaluokka".	39
Kuva 10. Tuloilman päätelaite luokan takaosassa.	41

Kuva 11. Työhuone 1, ”akvaario”	44
Kuva 12. Työhuoneen 1 pohjakuva	45
Kuva 13. Työhuone 1 alkuperäisessä IV-suunnitelmassa.	46
Kuva 14. Työhuoneen 2 ilmanvaihto seinän takana.	47
Kuva 15. Työhuone 2.	51
Kuva 16. Työhuone 2 pohjakuvassa	52
Kuva 17. Työhuone 2 alkuperäisessä IV-suunnitelmassa.	52

## Kuviot

Kuvio 1. Ulkoilmavirta henkilöä kohden vuonna 1978 (Sisäasiainministeriö 1978).	19
Kuvio 2. Hiilidioksidipitoisuus Helsingissä 2010–2024. (Ilmatieteenlaitos)	26
Kuvio 3. Hiilidioksidipitoisuus Pallaksella 1998–2024. (Ilmatieteenlaitos)	26
Kuvio 4. Luokan äänenvoimakkuus.	42
Kuvio 5. Työhuoneen 1 lämpötilamittaustulosten jakautuminen päivittäin	48
Kuvio 6. Työhuoneen 1 päivittäiset hiilidioksidipitoisuusmittauksien jakaumat.	49
Kuvio 7. Työhuoneen 1 hiilidioksidipitoisuus 9.–15.9.	49
Kuvio 8. Työhuoneen 1 hiilidioksidipitoisuus 12.9.	50
Kuvio 9. Työhuoneen 2 lämpötilajakauma päivittäin.	54
Kuvio 10. Työhuoneen 2 hiilidioksidipitoisuuden jakauma päivittäin	55
Kuvio 11. Työhuoneen 2 hiilidioksidipitoisuus 9.–15.9.	55
Kuvio 12. Työhuoneen 2 hiilidioksidipitoisuus 12.9.	56
Kuvio 13. Luokan äänitaso verrattuna määräykseen.	58

## Taulukot

Taulukko 1. Äänenvoimakkuuden mittaustulokset luokkatilassa	42
---	----

## Käytetyt lyhenteet tai sanasto

dB(A)	Äänenvoimakkuus A-painotettuna. A-painotettu mittari jäljittelee kuulon herkkyyden taajuuksia. (SFS 5907:2022).
ppm	parts per million, miljoonasosa

# 1 Johdanto

Ihmisen omat kokemukset ovat hyvin voimakas tunne ja vaikuttavat ihmiseen vahvasti niin psyykkisesti kuin fyysisestikin. Lumelääkkeiden teho perustuu kokonaisuudessaan ihmisen ajatukseen lääkkeen toimivuudesta. Ihmisen mieli vaikuttaa kokonaisuudessaan kehoon ja voi saada ihmisen kuvittelemaan asioita.

Puhuimme työpaikalla ongelmista ilmanvaihdossa ja nauroimme, olemmeko ihan hulluja. Sisäympäristöä on mitattu ja tutkittu aiemminkin, eikä ongelmia pitäisi olla. Silti koimme niitä. Nauroin pitkään muiden kuvittelevan vain äänet, kun muut kutsuivat erästä luokkahuonetta huminaluokaksi. Sitten menin luokkaan ja kuulin itse saman huminan. Toki muiden sanat saivat itseni kuuntelemaan tarkemmin ääntä. Sama itsensä tarkempi tarkastelu käy myös, mikäli joku kertoo olevansa vähän flunssainen tai saavansa oireita joissain tiloissa.

Opinnäytetyöni käsittelee Varsinais-Suomessa sijaitsevan koulurakennuksen käyttäjien kokemuksia sisäympäristön ongelmista. Käyttäjät ovat kokeneet ilmanvaihdossa olevan ongelmia, joten tarkoitukseni on opinnäytetyössä selvittää, mitä ongelmia käyttäjät kokevat rakennuksessa olevan. Lisäksi on tarkoitus selvittää, ovatko käyttäjien kokemat ongelmat myös mittauksin havaittavissa, vai ovatko ongelmat vain niin sanotusti kokemus ongelmasta ilman, että sen voisi todeta mittauksin.

Teetän rakennuksen työntekijöillä kyselyn ilmanvaihdon ongelmista ja valitsen tarkemmin tutkittavat tilat kyselyn perusteella. Pysin tutkimaan opinnäytetyössä tarkemmin kolmea tilaa ja niissä havaittuja ongelmia. Havaittujen ongelmien perusteella valitsen sopivat mittaukset, mitkä toteutetaan tiloissa. Mittauksista saatuja tuloksia on tarkoitus verrata rakennuksen ilmanvaihdon suunnitelmaan ja asetuksiin ilmanvaihdosta.

Tutkimuksen lopputuloksena saadaan selvitys, ovatko käyttäjien kokemat ongelmat mittauksin havaittavissa ja ovatko ongelmat ongelmia myös

asetuksien ja suunnitelmien mukaan. Käyttäjät saavat opinnäytetyön pohjalta tiedot, joissa selvitetään tutkittujen tilojen havaitut ongelmat tiivistetysti.

Tutkittujen tilojen koetuista ongelmista, jotka ovat mittauksin havaittavissa ja ongelmia myös asetusten mukaan, annetaan mittaustulokset ja vertailuna asetusten raja-arvot. Toiveissa olisi, että mahdollisiin ongelmiin saataisiin ratkaisuja opinnäytetyön jälkeen. Opinnäytetyössä ei ole tarkoitus etsiä ratkaisuja ongelmiin tai hoitaa asioita kuntoon.

Opinnäytetyö alkaa rakennuksen ja nykytilanteen esittelemisellä. Tämän jälkeen on luvassa luku koulun ilmanvaihdon suunnittelusta ja vaatimuksista siihen liittyen. Neljännessä luvussa kerrotaan opinnäytetyön kannalta tärkeimmät sisäympäristön ongelmien aiheuttajat ja millaiset raja-arvot tekijöille on määritelty ohjeissa ja asetuksissa. Kouluissa tehdyistä sisäilmaan liittyvistä tutkimuksista on muutamasta kerrottu luvussa viisi. Luvussa viisi kerrotaan myös Terveystieteiden ja hyvinvointilaitoksen hankkeesta, mistä osittain tämän opinnäytetyö on saanut ideansa. Luvuissa kuusi ja seitsemän esitellään tutkimuksen tekoa ja siitä saatuja tuloksia, joita on verrattu asetuksiin ja ohjeisiin luvussa kahdeksan. Lopuksi on yhteenveto opinnäytetyöstä.

## 2 Tavoitteet, nykytilanne ja tutkimuskohde

### 2.1 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää yhden koulurakennuksen käyttäjien kokemuksia sisäympäristöstä. Käyttäjien kokemusten pohjalta tehdään mittauksia, joiden avulla saadaan kokemuksille tieteellistä tukea tai todettua, ettei kokemukset johdu ainakaan mittauksissa selvityistä syistä. Käyttäjien mielenterveyteen tai hulluuteen opinnäytetyö ei tule ottamaan suoraan kantaa. Opinnäytetyön tarkoituksena on saada aikaan keskustelua ihmisten kokemuksista ja pelkästään niiden perusteella tehdyistä päätelmistä ilman mittauksia ja muuta tutkimustietoa. Ihmisten kokemukset ovat tärkeä osa tutkimuksia rakennusten terveydestä, mutta tässä opinnäytetyössä selvitetään osaltaan kokemusten vastaavuutta mittauksin todettuun tilanteeseen. Opinnäytetyössä ei ole tarkoitus ratkaista mahdollisia mittauksissa ilmenneitä ilmanvaihdon ongelmia. Opinnäytetyötä ei toteuteta yhteistyössä rakennuksen omistajan tai tilapalveluiden kanssa.

### 2.2 Nykytilanne

Tutkimuskohteessa Peltolan koulutalon C-rakennuksessa työskentelevät ihmiset valittavat silloin tällöin huonosta ilmanvaihdosta ja melusta yhdessä luokassa. Rakennus on kaupungin omistama ja tilapalvelut hoitavat koulurakennuksen kiinteistöä. Lisäksi rakennuksesta pitää huolta kiinteistöhuolto ja siivousyritys. Rakennuksen lattiat siivotaan arkena joka päivä iltapäivällä.

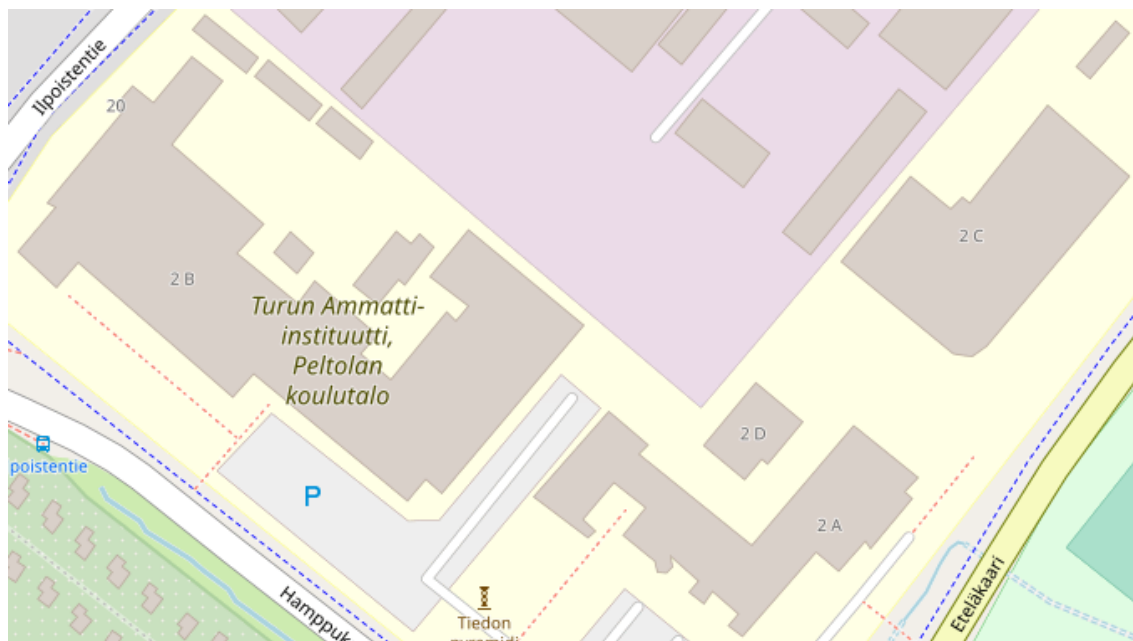
### 2.3 Tutkimuskohde Peltolan koulutalo yleisesti

Peltolan koulutalo on yksi Turun ammatti-instituutin koulutaloista. Se sijaitsee noin neljä kilometriä kaakkoon Turun keskustasta teollisuusalueen, siirtolapuutarhan ja asuinalueen vieressä.



Kuva 1. Peltolan koulutalo.

Peltolan koulutalo koostuu neljästä erillisestä punatiilisestä rakennuksesta. Kuvassa 1 on näkymä Hamppukadun puolelta pääsisäänkäynnin läheltä kohti B-rakennusta. Koulutalojen rakennus aloitettiin 1984, ja syksyllä 1985 saatiin ensimmäisenä C-rakennus osittain käyttöön. Kokonaisuudessaan kompleksi valmistui vuoden 1986 loppuun mennessä. Vihkijäisiä vietettiin kuitenkin vasta toukokuussa 1987. Valmistuessaan Peltolan koulutalo oli kooltaan 18 000 neliömetriä ollen näin Turun suurin koulurakennus. Tällöin opiskelijoita Peltolassa oli 656. (Turun ammatti-intituutti 2008, 3.)



Kuva 2. Peltolan koulutalon rakennukset karttakuvassa. (OpenStreetMap)

Peltolassa on alusta saakka ollut ammatillisen koulutuksen teknillistä koulutusta, jonka eri koulutukset on jaettu eri rakennuksiin. Nykyisin Peltolassa on seuraavien alojen koulutusta: rakennusala, puuala, talotekniikka, autoala, kone- ja tuotantotekniikka, puhtaus- ja kiinteistöpalveluala ja maanmittaus. Turun ammatti-instituutilla on muitakin koulutaloja eri puolilla Turku. Kuvassa 1 olevassa kartassa näkyvät A-, B ja C-rakennukset saivat 2000-luvulla seurakseen D-rakennuksen, jossa on lähinnä kaksoistutkintojen lukio-opintoja. Rakennusten sijoittelu tontilla näkyy kuvassa 2. Peruskorjaus A-, B- ja C-rakennuksiin on tulossa viimeistään vuonna 2030 henkilökunnan tietojen mukaan.

#### 2.4 Sisäympäristön tila Peltolassa

Ongelmat sisäympäristössä on Suomessa yleinen ongelma, kun puhutaan kouluista. Turun kaupunki ylläpitää sivustoa kaupungin tämänhetkisistä sisäilmakohteista. Selvityksistä vastaa kaupungin tilapalvelut. Sivustolla on näkyvissä tutkimusraportteja viimeisen kahden vuoden ajalta, ja raportteja löytyy kahdeksasta eri koulusta lokakuussa 2023. (Turun kaupunki 2023).

Peltolan koulutalo löytyy myös Turun kaupungin Sisäilma-sivustolta ja osa opiskelijoista ja henkilökunnasta ovat valittaneet ongelmista. Opinnäytetyön toteutuksen alkaessa vuonna 2022 ongelmista puhuttiin työyhteisön keskuudessa ja tutkimuksia asiasta toteutettiin yhdessä rakennuksessa omistajan toimesta. Opinnäytetyön kyselyn ja mittauksien jälkeen ongelmia on tullut enemmän. Syksyllä 2023 A-rakennuksesta on jouduttu laittamaan osa tiloista käyttökieltoon, ja B-rakennuksesta käyttäjät kertovat tehneensä uusia sisäilmailmoituksia. Turun kaupungin Sisäilma-sivustolta viimeisin raportti Peltolasta on vuodelta 2022. A-rakennuksessa on ruokala, hallinnon ja opiskelijahuollon tiloja, liikuntasali, luokkia ja henkilökunnan tiloja.



Kuva 3. Peltolan koulutalon B-rakennus.

Kuvassa 3 näkyvässä B-rakennuksessa käyttäjät ovat raportoineet ongelmista sisäilmassa, ja sitä on tutkinut Sirate Group Oy vuonna 2020 ja 2022. Vuoden 2020 tutkimuksen tavoitteena on ollut selvittää sisäilmaolosuhteita ja erityisesti rakennuksen toimintojen aiheuttamia hiukkaspäästöjä. Rakennuksessa

järjestetään talotekniikan, konetekniikan ja autoalan työopetusta ja lisäksi opetusta yhteisesti opetettavissa aineissa. Käytännön työopetus tapahtuu työsaleissa, joiden lisäksi rakennuksessa on teorialuokkia, työhuoneita ja sosiaalitylöitä. Käyttäjät ovat ilmoittaneet ongelmista sekä työsaleissa että teorialuokissa ja työhuoneissa. Mittaukset toteutettiin tiloissa, joissa käyttäjät ovat ilmoittaneet kokeneensa sisäilmahaittoja. Mittauksissa tutkittiin hiilidioksidipitoisuuksia, lämpötilaa, suhteellista kosteutta, pienhiukkasia ja hengitettäviä hiukkasia. Vuoden 2020 tutkimuksessa muut mittaustulokset olivat pääosin tavoitetasolla, mutta muutamassa tilassa havaittiin lievästi kohonneita pienhiukkaspitoisuuksia. Vuoden 2020 raportissa suositeltiin lisämittauksia pienhiukkasista ja nämä suoritettiin pienhiukkasista vuonna 2022. Vuoden 2022 mittaukset suoritettiin työtiloissa, joissa työskentelystä syntyy pienhiukkaspäästöjä. Tutkimuksessa pitoisuudet ylittivät ajoittain Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan moninkertaisesti. Tutkimus viittaa siihen, että ilmanvaihto ja kohdepoistot ovat puutteellisia. Tutkimusraportissa suositellaan kohdepoistojen korjaamista ja ilmanvaihdon säätämistä. (Sirote Group Oy, 2020 & 2022.)

## 2.5 C-rakennus

Varsinaisena tutkimuskohteena on Peltolan koulutalon C-rakennus. C-rakennus sijaitsee Peltolan kokonaisuudessa kauimpana pääportista Eteläkaaren puolella. Turun ammatti-intituutin (2008, 3) mukaan C-rakennus on saatu käyttöön 1985, kun puualan opiskelijat ja osa rakennusalan opiskelijoista aloittivat opiskelun rakennuksessa. Rakennus on pääsääntöisesti yksikerroksinen ja tiiliverhouksella. Rakennus on rakennettu alun perin nykyiseen käyttötarkoitukseensa kouluksi, mutta rakentamisen jälkeen opiskelija- ja henkilökuntamäärät ovat kasvaneet, joten joidenkin tilojen käyttötarkoitusta on muutettu ja tiloihin on rakennettu yksi teoriaopetusluokka lisää työsalin parvelle. Rakennuksessa sijaitsee rakennus- ja puuosasto kuten jo rakennuksen käyttöönotossa vuonna 1985. C-rakennuksessa on luokkatiloja, opettajien ja opiskelijoiden sosiaalitylöitä, varastoja, työhuoneita ja lisäksi

rakennusosaston ja puuosaston työsalit, joiden osalta rakennuksen huonekorkeus on normaalia korkeampi. Kuvassa 4 näkyy C-rakennuksen toinen siipi ja myös korkeammat osat muuten 1-kerroksisessa rakennuksessa. Henkilökuntaa rakennuksessa työskentelee päivästä riippuen noin 10–15 henkilöä.



Kuva 4. Peltolan koulutalon C-rakennus.

### 3 Koulurakennuksen ilmanvaihdon suunnittelu

Koulujen rakentamista määrittelee moni toimija ja ylimpänä lait ja ministeriöiden määräykset, asetukset ja ohjeet. Koulut ovat pääasiassa julkisia rakennuksia ja kunnan rakennuttamia. Julkisten kunnan tai valtion rakennuttamien rakennusten suunnitteluprosessissa on otettava huomioon julkisia hankintoja koskevat määräykset ja ohjeet (Sandberg yms. 2016, 7).

#### 3.1 Koulu vaativana suunnittelukohteena

Turun kaupungin LVI-suunnittelijan kelpoisuusvaatimukset (Turku, 2020) määrittelee koulut vaativaan suunnitteluluokkaan ja suuret koulut poikkeuksellisen vaativaan luokkaan. Nämä ovat Turun rakennusvalvonnan tulkintoja Ympäristöministeriön ohjeesta. Ympäristöministeriön ohje rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokista (601/2015) pohjaa Valtioneuvoston asetukseen suunnittelutehtävien vaativuudesta (214/2015). Asetus on velvoittavaa tekstiä, mitä on pakko noudattaa. Ohje ei ole velvoittavaa tekstiä, joten sitä ei ole pakko noudattaa. Asetuksen ensimmäinen momentti koskee uudisrakennusta ja toinen momentti korjaus- ja muutostyön suunnittelua. Asetuksen pykälä 15 momentti 1 vaativasta ilmanvaihdon suunnittelutehtävästä sanoo seuraavaa:

Ilmanvaihdon suunnittelutehtävä on vaativa, jos ilmanvaihdon on täytettävä korkeat tekniset tai toiminnalliset vaatimukset suunniteltavan rakennuksen koon, käyttäjämäärän tai käyttötarkoituksen tai muun ominaisuuden vuoksi.

Valtioneuvoston asetus 214/2015 pykälä 16 momentti1 määrittelee poikkeuksellisen vaativan ilmanvaihdon suunnittelutehtävän seuraavasti:

Ilmanvaihdon suunnittelutehtävä on poikkeuksellisen vaativa, jos:

- 1) ilmanvaihdon on täytettävä poikkeuksellisen korkeat tekniset tai toiminnalliset vaatimukset suunniteltavan rakennuksen käyttötarkoituksen, sisäilmaston tavoitetason tai muun ominaisuuden vuoksi; taikka
- 2) suunnittelu edellyttää uusien tai muutoin erittäin vaativien suunnittelu-, laskenta- tai mitoitusmenetelmien käyttöä.

Ympäristöministeriön ohje (601/2015) tarkentaa, milloin ilmanvaihdon suunnittelu on vaativaa ja milloin poikkeuksellisen vaativaa. Vaativaa suunnittelu on esimerkiksi yleensä, kun asuinkerrostalo on yli kolmikerroksinen tai liike-, toimisto-, tai teollisuusrakennus on yli kaksikerroksinen. Vaativaa suunnittelu on myös rakennuksessa, jossa on useampi käyttötarkoitus. Käyttötarkoitus voi tehdä suunnittelusta vaativaa, mikäli rakennuksessa vaaditaan erityistä lämmön tai kosteuden hallintaa tai sisäilman puhtautta. Vaativaa suunnittelusta tekee ilmanvaihdon korkeat tekniset tai toiminnalliset vaatimukset. Poikkeuksellisen vaativaa suunnittelua vaaditaan, kun ilmanvaihdon täytettävä poikkeuksellisen korkeat tekniset tai toiminnalliset vaatimukset. Näitä voidaan vaatia rakennuksen käyttötarkoituksen, sisäilmaston tavoitetason tai muun ominaisuuden takia. Poikkeuksellisen korkeat vaatimukset voivat liittyä lämmön ja kosteuden hallintaan, sisäilman laatuun, turvallisuuteen, toimintavarmuuteen, ääniolosuhteisiin tai varustetasoon. Suunnittelusta voi tehdä poikkeuksellisen vaativaa, mikäli käytetään uusia tai erittäin vaativia menetelmiä tai suunnitelmissa on ainutlaatuinen ratkaisu.

### 3.2 Sisäilmaston suunnittelu

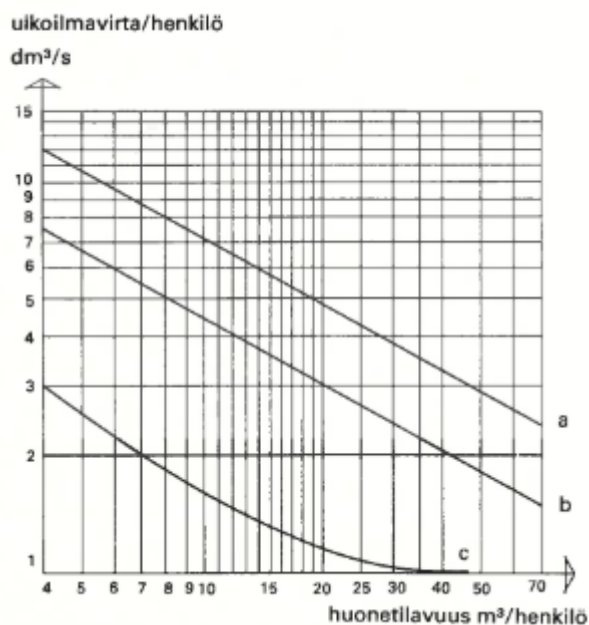
RT 07-11299 -ohjekortin (2018, 3, 5) sisäilmastoluokituksista on tarkoitus käyttää apuna määriteltäessä sisäilmaston tavoitearvoja. Sisäilmastoluokituksista voidaan käyttää niin asuinrakennuksissa kuin julkisissa rakennuksissa kuten kouluissa. On tärkeää muistaa, ettei luokitus kumoja viranomaismääräyksiä. Tilaaja valitsee suunnittelijoiden kanssa tavoitearvot, joita rakennuksessa pyritään saavuttamaan. Tavoitteet sisäilmastossa koskevat muutakin kuin ilmanvaihdon suunnittelua, mutta ilmanvaihto on yksi osa hyvää sisäilmastoa.

Sisäilmastoluokkia on kolme: S1, S2 ja S3. S1-luokka on yksilöllinen sisäilmasto, jossa sisäilman laatu on erittäin hyvä ja muun muassa lämpötila on yksilöllisesti käyttäjän hallitsema. S2-luokka on hyvä sisäilmasto, joka on edelleen hyvä, muttei erittäin hyvä kuten S1-luokka. S3-luokka on tyydyttävä sisäilmasto, jossa ilmanlaatu ja muut olosuhteet täyttävät annetut säädökset ja asetetut vähimmäisvaatimukset. Samassa rakennuksessa ei tarvitse käyttää

joka olosuhteen osalta samaa luokitusta, vaan luokituksia voi sekoittaa saman rakennuksen sisällä halutessaan. Luokitus voi vaihdella myös tilakohtaisesti.

Ministeriöiden antamat rakentamismääräykset muuttuvat säännöllisin väliajoin. Aikaisemmin rakentamismääräyskokoelman osa D2 on käsitelty rakennusten ilmanvaihtoa ja sisäilmaston suunnittelua. Ensimmäinen D2 on tullut vuonna 1976 ja seuraava vuonna 1978. Viimeisin D2 on tullut vuonna 2012, jonka jälkeen siirryttiin noudattamaan Ympäristöministeriön asetusta 1009/2017. (Edita Lakitieto Oy 2022, 1009/2017).

Peltolan koulurakennuksen ilmanvaihto on suunniteltu vuonna 1983. Tällöin on ollut voimassa D2 vuodelta 1978, joten ilmanvaihdossa on pitänyt noudattaa sen määräyksiä. Äänitekniset ominaisuudet ovat olleet rakennusmääräyskokoelman osassa C1. Ilmanvaihdosta määriteltiin vuonna 1978, että ilmanvaihdon tulee olla riittävää, jotta saavutetaan tyydyttävä ilmanlaatu. Määräyksessä sanotaan, että kaikkiin huoneisiin, joissa ihminen joutuu oleskelemaan tai työskentelemään, pitäisi tulla ulkoilmaa jokaista neliometriä kohden vähintään 0,35 l/s. Ilmamäärä on mahdollista mitoittaa myös määräyksen kaavion mukaan, mikä on nähtävissä kuviossa 1. Kuviossa 1 ilmamäärien mitoituksessa otetaan huomioon tupakoidaanko huoneessa vai ei. Käyrä a kuviossa 1 on tarkoitettu mitoitukseen huoneessa, missä tupakoidaan. Käyrä b on tarkoitettu tilaan, missä ei tupakoida. C-käyrä on lisäys niissä huoneissa, joissa ei ole helposti avattavaa ikkunaa tai muuta tuuletusaukkoa. Kolmas vaihtoehto on käyttää tilakohtaisia ohjearvoja, mitkä ovat määräyksen taulukossa. Opetustiloissa ohjeistetaan suunnittelemaan ilmanvaihto arvoon 3 l/s neliometriä kohden. Laboratorioissa ilmaa pitäisi vaihtua 4 l/s neliometriä kohden. Oppilaitosten kohdalla ei ole mainintaa toimistoista tai opettajanhuoneesta. Toimistotilojen luettelossa on kuitenkin määritelty toimistohuoneen ilmanvaihdoksi 0,8 l/s neliometriä kohden huoneessa, jossa tupakointi ei ole sallittu. (Sisäasiainministeriö 1978, 3–5.)



Kuvio 1. Ulkoilmavirta henkilöä kohden vuonna 1978 (Sisäasiainministeriö 1978).

Ympäristöministeriön asetus 1009/2017 on yleinen määräys sisäilmastosta ja antaa ulkoilmavirraksi vähintään 6 l/s henkilöä kohden oleskelutiloissa uusissa rakennuksissa. Koko rakennuksessa ulkoilmavirran on oltava vähintään 0,35 l/s neliometriä kohden. Asetuksen pohjalta on tehty opas uusien asuinrakennusten ilmanvaihtoon ja erikseen opas muiden kuin asuinrakennusten ilmanvaihtoon. Opas on tehty hankkeessa, jonka on käynnistänyt ympäristöministeriö. Opetusrakennuksille on oma osionsa muiden kuin asuinrakennusten oppaassa. Koulurakennuksessa yleisenä ulkoilman mitoitusperusteena voidaan pitää 6 l/s henkilöä kohden. Koulun ilmavirtoja voidaan mitoittaa kahdella tavalla. Ensimmäisessä tavassa koulurakennusta käsitellään kokonaisuutena, jossa kokonaisilmamäärä 6 l/s henkilöä kohden jaetaan eri tiloihin käyttötarkoituksen mukaan. Toinen vaihtoehto on mitoittaa tilakohtaisia ilmamääriä käyttäen. Opetustiloissa mitoitusvirtaama on 6 l/s henkilöä kohden tai 3 l/s neliometriä kohden. Opas ei kerro kumpi virtaama pitäisi valita, mutta voisi olettaa, että virtaama valitaan sen mukaan kumpi antaa suuremman arvon. Opettajainhuoneessa ja toimistotiloissa ilmavirta on 2 l/s neliometriä kohden.

Keskiasteen ammattiopetustiloissa ulkoilmavirran pitäisi olla 8 l/s henkilöä kohden. (Finvac 2019, 2, 9–10.)

## 4 Sisäympäristön ongelmien aiheuttajat

Jaottelu sisäympäristön ongelmista mukailee Salosen ym. (2011, 15) jaottelua oppaassaan. Jaottelussa ei ole mukana kaikki sisäympäristön ongelmat, vaan mukaan on otettu tässä kohteessa oleelliset. Salonen ym. (2011, 10) määrittelee oppaassaan termit sisäilma, sisäilmasto ja sisäympäristö. Sisäilma tarkoittaa rakenteiden rajaaman alueen sisällä olevaa ilmaa. Sisäilmastoon lasketaan sisäilman lisäksi ilmanvaihtojärjestelmä ja lämpötilaolosuhteet. Sisäympäristö on käsitteistä laajin ja käsittää sisäilmaston lisäksi valaistusta, ääniympäristöä ja ergonomisia tekijöitä. Sisäympäristöön kuuluu myös muita tekijöitä kuten käytettävyys, esteettömyys, turvallisuus ja psykososiaaliset näkökulmat. Tämän työn kannalta keskitytään vain sisäympäristön ilmanvaihtoon liittyviin tekijöihin.

### 4.1 Fysikaaliset tekijät

Fysikaalisista tekijöistä sisäympäristön viihtyvyyteen vaikuttavat eniten lämpö, kosteus, veto ja melu. Nämä ovat ihmisen havaittavissa olevia tekijöitä ja vaikuttavat näin henkilön kokemaan viihtyvyyteen. Alla on käsitelty tarkemmin lämpö ja melu, koska nämä tekijät tulivat kyselyissä ja mittauksissa esille.

#### 4.1.1 Lämpö

Sopiva lämpötila koetaan ihmisen viihtyvyyden perustaksi. Sopiva lämpötila vaikuttaa ihmisten viihtyvyyden lisäksi terveyteen ja tuottavuuteen. Sopivan lämpötilan tarkoituksena on säilyttää kehon lämpötasapaino. Aineenvaihdunta tuottaa lämpöä, minkä pitää pystyä poistumaan ympäristöön, jottei kehon lämpötila nousisi liian korkeaksi. Liian korkea lämpötila vähentää suorituskykyä ja voi aiheuttaa terveydellisiä haittoja, kuten lämpöhalvaus, nestehukka ja sydänkohtausten määrän kasvu. Korkea lämpötila lisää myös rakennusmateriaalien epäpuhtaustuottoa ja ihmisten hajupäästöjä. Rakennuksien sisällä harvoin koetaan terveydelle vaarallisen matalia

sisälämpötiloja, mikäli lämmitys toimii. Kylmä sisäilma lisää kuitenkin vedon tunnetta ja vähentää sorminäppäryyttä. Sopiva huonelämpötila riippuu muun muassa yksilön omista ominaisuuksista, vaatetuksesta ja aktiivisuudesta. Lämpötila on sopiva, kun ei osata sanoa, pitäisikö lämpötilaa laskea vai korottaa. Koska sopiva lämpötila on yksilökohtainen, kaikkein parasta olisi, mikäli käyttäjä pystyisi itse säätämään lämpötilaa. (Seppänen ym. 2004, 1–2; Seppänen & Seppänen 2010, 15–17; Sandberg ym. 2016, 39–47.)

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 545/2015 palvelutaloissa, vanhainkodeissa, lasten päivähoitopaikoissa, oppilaitoksissa ja vastaavissa tiloissa lämmityskaudella lämpötilan pitäisi olla 20–26 °C. Lämmityskauden ulkopuolella lämpötilan kuuluisi olla oppilaitoksissa 20–32 °C. Nämä lämpötilat ovat toimenpiderajoja. Ympäristöministeriö (1009/2017) ohjaa lämmityskauden suunnittelua ohjaavaksi lämpötilaksi 21 °C. Lämpötilan hallinnan suunnittelussa lämpötila voi vaihdella 20–25 °C välillä lämmityskaudella ja 20–27 °C lämmityskauden ulkopuolella. RT 07-11299 -ohjekortissa (2018, 5–6) S1-luokassa suunnitelluksi operatiiviseksi lämpötilan tavoitearvoksi on annettu 21,5–24,5 °C riippuen ulkolämpötilasta. Operatiivinen lämpötila ottaa huomioon ilman lämpötilan lisäksi myös pintojen säteilylämpötilat, jotka ihmiset kokevat vetona. Operatiivinen lämpötila antaa paremman kuvan ihmisen kokemasta lämpötilasta. Se ottaa huomioon esimerkiksi kylmän lattiapinnan vaikutuksen kokonaislämpötilaan, ja tällaisessa tilanteessa operatiivinen lämpötila voi erota paljonkin huoneilman lämpötilasta. S2-luokassa operatiiviset tavoitelämpötilat ovat 21,5–25,5 °C. Sekä S1- että S2-luokassa enimmäisarvo lämpötilalle saisi olla suunnittelussa 27 °C. Toimi- ja opetustiloissa olosuhteiden pitäisi pysyä ohjearvoissa 90 % käyttöajasta. S3-luokassa operatiivinen lämpötila on 21 °C eikä sitä ole tarkemmin määriteltä eri ulkolämpötiloille. Enimmäislämpötila S3-luokassa on 27 °C kun ulkona on yli 10 °C.

Peltolan koulutalon rakennusaikaan 1980-luvulla oli voimassa eri määräykset kuin nykyisissä uusissa rakennuksissa. Lämpötiloista määrättiin tuolloin Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D3 Rakennusten energiatalous (Ympäristöministeriö 1978, 2–3). Opetustiloissa lämpötila on pitänyt mitoittaa 20

°C. Lisäksi oppilaitoksista ja muista osa-aikaisessa käytössä olevista rakennuksista on ohjeistettu suunnittelemaan lämmitys laitteilla, joiden avulla sisälämpötilaa voidaan laskea esimerkiksi öisin ja viikonloppuisin.

#### 4.1.2 Melu

Meluksi määritellään pääsääntöisesti ei toivottu ääni, joka häiritsee ihmisen toimintaa tai on voimakkuudeltaan suurta. Ihmiset kokevat äänet eri tavoin, joten jonkun mielestä ääni voi olla melua, mutta toisen mielestä ääni ei ole melua. Melu on myös tilannekohtaista. Keskittymistä vaativissa töissä toisten ihmisten puhe voi häiritä, vaikkei se muuten häiritsisi. Jatkuva ääni, kuten esimerkiksi puhaltimen ääni, häiritsee yleensä vähemmän kuin ei jatkuva ääni, kuten esimerkiksi kolahtelut ja vesihanan aukaisu. (Sandberg ym. 2016, 68.)

Rakennuksen melu voi olla peräisin rakennuksen teknisistä järjestelmistä, ulkopuolelta tai ihmisen toiminnasta rakennuksessa. Melu voi aiheuttaa kuulon heikkenemistä. Kuulon heikkeneminen vaatii yleisesti pitkäaikaisen altistuksen yli 80 desibelin (A-painotettuna) melulle. Voimakas iskumelu voi aiheuttaa meluvamman hetkessä ilman pitkää altistusta. Kova melu saattaa aiheuttaa kuulon heikentymisen lisäksi myös korvien soimista eli tinnitusta. Asunnoissa ja toimistoympäristössä harvoin ylittyy kuulolle vaarallinen melutaso, vaikka melu olisikin häiritsevää. Teollisessa työssä, päiväkodeissa ja kouluissa melu saattaa ylittää 80 desibelin rajan. Vaikkei melu ylitä kuulovaurion aiheuttamaa rajaa, melu on biologinen stressitekijä ja vaikuttaa näin esimerkiksi sydämen sykkeeseen, unihäiriöihin ja vireystilaan. Melun takia puhuja joutuu käyttämään puhuessaan kovempaa ääntä, mikä voi johtaa ääniongelmiin. Melu häiritsee keskittymiskykyä ja työsuoritusta. (Seuri & Palomäki 2000, 38–39.)

Ympäristöministeriön asetus (796/2017) ei anna suoraa vastausta, millainen ääniympäristö opetustiloihin pitäisi suunnitella. Asetuksen mukaan opetustilojen äänieristys on oltava käyttötarkoitukseen huomioon ottaen riittävän hyvä ääniympäristö. Opetustiloille ei anneta erikseen sallittuja äänitasoja. Asuin-, majoitus- tai potilashuoneissa jatkuva laajakaistainen ääni saa olla

keskitasoltaan 28 dB(A) ja enimmäistasoltaan 33 dB(A). Asunnon keittiössä tai rakennuksen harrastustiloissa jatkuva ääni saa olla keskimäärin 33 dB(A) ja enimmäistasoltaan 38 dB(A). Impulssimaisen tai kapeakaistaisen äänen raja-arvot ovat hieman jatkuvaa ääntä pienemmät. Ympäristöministeriön asetuksista muutettiin kahta pykälää, mutta nämä eivät muuttaneet aiemman asetuksen raja-arvoja (Ympäristöministeriön asetus 360/2019). Valtioneuvoston päätös (993/1992) antaa opetustiloissa melutason päiväohjearvoksi 35 dB. SFS 5907 (2022, 6, 33, 35) standardi on rakennuksen akustisesta suunnittelusta ja laatuluokituksesta. Laatuluokitukset ovat A1, A2 ja A3, joista A3 on tarkoitettu vain vanhoille rakennuksille, kun halutaan ilmoittaa sen äänitasoja. A2 on asetuksien mukainen luokka ja A1 on vaativin luokka. Akustiset luokat voivat vaihdella rakennuksen sisällä tilakohtaisesti tai olla koko rakennuksessa samat. Standardi määrittelee opetustilasta ympäröiviin tiloihin äänieristyksen 44 desibeliin vanhoissa rakennuksissa luokassa A3 ja lisäksi A2-luokassa. Rakennuksen taloteknisten laitteiden aiheuttaman äänen raja-arvot ovat opetustiloissa yleensä luokassa A3 35 dB(A), luokassa A2 33 dB(A) ja luokassa A1 28 dB(A). Yleisen opetustilojen tason lisäksi raja-arvot on säädetty erikseen muille oppilaitoksen tiloille. RT 07-11299 -ohjekortissa (2018, 8) parhaissa S1- ja S2-luokissa opetustiloissa LVIS-laitteiden äänitasoksi määritellään korkeintaan 35 dB (A). Huonoimmassa S3-luokassa äänitaso LVIS-laitteissa saa olla 40 dB(A).

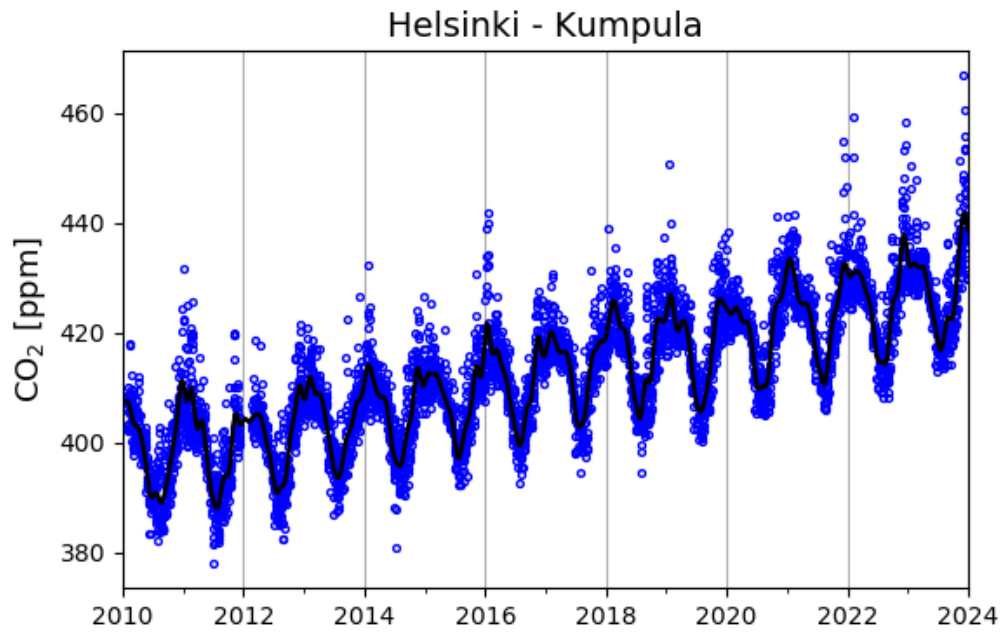
Peltolan koulurakennus on otettu käyttöön vuonna 1985 ja suunniteltu 1983, jolloin oli voimassa rakennusmääräykset 1970-luvun lopulta. Suomen rakennusmääräyskokoelma C1-4 1976–78 (Sisäasiainministeriö 1975, 2) on antanut äänierityksestä määräykset asuinrakennuksessa ja muissa rakennuksissa. Kouluja ei ole eroteltu määräyksessä erikseen. Rakennuksen tekniset laitteet ovat saaneet aiheuttaa enintään 35 dB(A) melutason keittiössä ja 30 dB(A) muissa asuintiloissa. Majoitusliikkeessä ja sairaalassa teknisten laitteiden äänitaso on saanut olla korkeintaan 30 dB(A). Seuraavassa rakennusmääräyskokoelmassa C1, äänieristyksen määräykset 1985 (Ympäristöministeriö 1984, 5) erottelee jo koulut ja muut opetusrakennukset

omaksi kohdaksi. Kouluissa ja muissa opetusrakennuksissa LVIS-laitteiden aiheuttama melu on saanut olla luokissa enintään 35 dB(A).

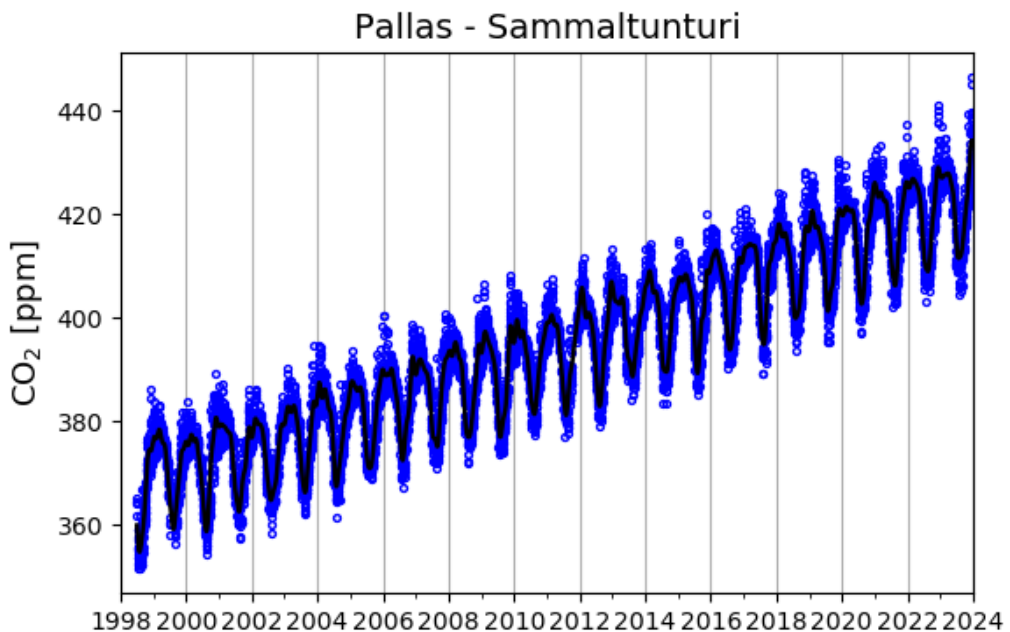
#### 4.2 Kaasumaiset ja hiukkasmaiset epäpuhtaudet

Kaasumaisia epäpuhtauksia ovat muun muassa hiilidioksidi, formaldehydi, radon ja orgaaniset kaasumaiset epäpuhtaudet. Hiukkasmaisia epäpuhtauksia on biologista alkuperää ja muita hiukkasia. Hiilidioksidipitoisuudella saadaan kuva ilman kokonaislaadusta, joten tässä tutkielmassa keskitytään vain sen mittaamiseen. Ympäristöministeriön asetus (1009/2017) määrittelee vain hiilidioksidille enimmäisarvon. Muista epäpuhtauksista todetaan vain, että niitä ei saa esiintyä terveydelle haitallisia määriä. Sosiaali- ja terveysministeriö (545/2015) määrittelee myös muille epäpuhtauksille toimenpiderajat.

Hiilidioksidi eli CO<sub>2</sub> on kaasu, jota on meidän ilmakehässämme luonnollisesti. Hiilidioksidi on peräisin kasvien ja maaperän hengityksestä ja lisäksi polttoprosesseista ja sementintuotannosta. Kasvien yhteyttäminen sitoo hiilidioksidia ja erityisesti maapallon kylmillä merialueilla meriveteen liukenee hiilidioksidia. Hiilidioksidin määrä ilmakehässä kasvaa noin 2 ppm vuodessa, kuten kuvioista 2 ja 3 näkee. Keskimäärin hiilidioksidipitoisuus Helsingissä ja Pallaksella vuonna 2023 on ollut noin 420 ppm. Kuvioista 2 ja 3 näkee myös, kuinka pitoisuus vaihtelee vuodenaikojen mukaan ja kasvukaudella pitoisuus on pienin, koska kasvillisuus sitoo enemmän hiilidioksidia. (Ilmatieteenlaitos)



Kuvio 2. Hiilidioksidipitoisuus Helsingissä 2010–2024. (Ilmatieteenlaitos)



Kuvio 3. Hiilidioksidipitoisuus Pallaksella 1998–2024. (Ilmatieteenlaitos)

Sandberg ym. (2016, 63), Seuri ja Palomäki (2000, 40), Seppänen ja Seppänen (2010, 27) ja Seppänen ym. (2004, 21) mainitsevat kaikki sen, että sisätiloissa

hiilidioksidi on peräisin pääosin ihmisten uloshengityksestä. Levossa ihminen tuottaa keskimäärin 20 l/h hiilidioksidia ja toimistotyössä 24 l/h.

Hiilidioksidipitoisuudesta voidaan suoraan päätellä ilmanvaihdon riittävyys tai puutteet. On hyvin epätodennäköistä, että hiilidioksidipitoisuus kasvaisi vaarallisen korkeaksi pelkästä ihmisen tuottamasta hiilidioksidista suljetuissakaan tiloissa, mutta kohonneet pitoisuudet saattavat johtaa keskittymisen herpaantumiseen, väsymiseen, haukotteluun, poskien punoitukseen ja pääsärkyyn. Liian korkeaksi nouseva hiilidioksidipitoisuus on merkki liian vähäisestä ilmanvaihdosta. Hiilidioksidia voidaan käyttää kuvaamaan ilmanlaatua kokonaisuudessaan sisätiloissa.

Ympäristöministeriön asetus (1009/2017) määrittelee, että hiilidioksidipitoisuuden suunnitteluarvona voi olla enintään 800 ppm suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus. Mikäli ulkona hiilidioksidipitoisuus olisi 420 ppm, tämä tarkoittaisi enintään 1220 ppm kokonaispitoisuutta. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus (545/2015) antaa hiilidioksidin toimenpiderajaksi 1150 ppm suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus. Toimenpiderajan ja suunnitteluarvon välillä on 350 ppm ero. RT 07-11299 -ohjekortissa (2018, 7) hiilidioksidipitoisuuden tavoitearvot ovat S1-luokassa enintään 350 ppm, S2-luokassa enintään 550 ppm ja S3-luokassa enintään 800 ppm suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus. S3-luokan tavoitearvo on sama kuin ympäristöministeriön asetuksen (1009/2017) suunnittelua ohjaava hiilidioksidipitoisuus.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 vuodelta 1978 (Sisäasiainministeriö 1978, 2) määrittelee ilmanvaihdon suunnittelua Peltolan koulurakennuksen rakentamisen aikaan 1980-luvun alkupuolella. Ilmanvaihdosta määritellään, että ilmanvaihdon tulee olla riittävä, jolla saavutetaan tyydyttävä sisäilman laatu. Tämä tarkoittaa hiilidioksidissa, että pitoisuus on alle 2500 ppm. Määräys ei ohjeista, onko pitoisuus kokonaispitoisuus vai saako sisäilman hiilidioksidipitoisuus olla 2500 ppm ulkoilman pitoisuutta suurempi.

## 5 Muita tutkimuksia sisäympäristön ongelmista kouluympäristöissä.

Koulujen sisäilmaongelmat ja epäilyt niistä ovat yleisiä, joten niitä on myös tutkittu paljon Suomessa. Eri raporteissa ja kyselyissä kosteus- ja homeongelmia on todettu 25–60 prosentissa koulurakennuksista. Sisäilmaongelmia tulee muistakin syistä kuten esimerkiksi kuivasta ilmasta, joka aiheuttaa samanlaisia oireita kuin homealtistus. (Pöntinen 2016.) Verrattuna Hollantiin ja Espanjaan suomalaisissa kouluissa on parempi sisäilma. Suomessa 24 prosentissa kouluista havaittiin merkkejä kosteudesta tai homeesta. Hollannissa ja Espanjassa merkkejä löydettiin yli 40 prosentista koulurakennuksista. Suomalaiset saivat kuitenkin eniten homeoireita. Kosteusvaurioisia kouluja enemmän Suomessa on kouluja, joissa on huono sisäilma tai tuuletus. Vakavammin kosteusvaurioituneessa koulussa saattaa olla vähemmän oirehtivia kuin vähemmän vaurioituneessa. (Valtanen & Mölsä 2017.)

Vertanen-Greis ym. (2019, 335–337) tutkivat koulujen sisäilmaongelmien yhteyttä opettajien ääniongelmiin. Sisäilmaongelmien epäiltyä läsnäoloa kysyttiin rehtoreilta. Rehtoreiden vastauksien mukaan 72 prosentissa koulurakennuksista oli esiintynyt sisäilmaongelmia. Tämä on selvästi enemmän kuin aiemmassa tutkimuksessa saatu tulos 24 prosenttia. Opettajilta kysyttiin äänihäiriöistä, joista kärsi vastanneista 56 prosenttia. Kouluissa, joissa ei ollut todettu tai epäilty sisäilmaongelmaa, 40 prosentilla opettajista oli äänihäiriöitä. Kouluissa, joissa oli todettu tai epäilty sisäilmaongelmia, äänihäiriöistä ilmoitti 60 prosenttia opettajista. Riski äänihäiriöihin oli 2,4-kertainen opettajilla, jotka työskentelivät kouluissa, joissa oli todettu tai epäiltiin sisäilmaongelmia.

Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksella on ollut vuosina 2016–2021 hanke nimeltään Oppilaiden terveys ja sisäilma Helsingin peruskouluissa. Hankkeen tavoitteena on ollut selvittää sisäilman haittoja helsinkiläisissä peruskouluissa. Hankkeen tuloksia on esitelty useissa artikkeleissa. (THL 2023.) Hankkeessa tehdyssä tutkimuksessa tutkittiin sisäympäristön laadun ja oireiden yhteyttä

oppilaiden ilmoittamana. Tutkimuksessa löydettiin yhteys todettujen sisäympäristön ongelmien ja erityisesti hengitystieoireiden ja yleisten oireiden välillä. Yleisiksi oireiksi tutkimuksessa laskettiin väsymys, keskittymisvaikeudet ja päänsärky. Yhteys oli voimakkaampi, mitä enemmän sisäympäristön ongelmia oli. Yhteys sisäympäristön ja kouluun yhdistettyjen oireiden välillä oli suurempi kuin yhteys sisäympäristön ja oireiden välillä, mitä ei yhdistetty kouluympäristöön. Alakoulun oppilaista, jotka ilmoittivat hengitystieoireista, 7,1 prosenttia yhdisti oireet kouluun. Yleisissä oireissa kuten sama luku oli 12,2 prosenttia. Yläkouluikäisistä yleiset oireet yhdistivät kouluun 29,7 prosenttia ja hengitystieoireista 7,2 prosenttia. Toisaalta yleisistä oireista kärsivistä 27–28 prosenttia ja hengitystieoireista kärsivistä 35–36 prosenttia ei osannut sanoa liittyykö oireet kouluun. (Savelieva ym. 2019, 1, 3, 5, 8–10.)

Samana Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen hankkeen pohjalta on tehty myös tutkimus psykososiaalisten tekijöiden ja sisäympäristön laadun yhteyttä hengitystieoireisiin koululaisilla. Vanhempi ikä, naissukupuoli, passiivinen tupakointi, astma, heinänuha ja atooppinen iho olivat tekijöitä, jotka nostivat hengitystieoireiden ilmoitusten määrää kyselyssä. Mikäli vastaaja oli huolissaan koulun sisäympäristön laadusta, hänellä oli todennäköisemmin myös hengitystieoireita kyselyssä. Huoli sisäympäristön laadusta selitti yläkoulun oppilailla ja vanhemmilta kysyttäessä lapsen oireista suuremman osan vaihtelusta hengitystieoireissa koulujen välillä kuin varsinainen sisäympäristön laatu. Huono ilmanlaatu lisäsi oppilaiden hengitystieoireiden määrää vain vanhemmilta tehdyssä kyselyssä niillä, jotka olivat huolissaan sisäympäristön laadusta. Vanhempien ilmoittamana oppilaiden oireet eivät lisääntyneet huonossa sisäilman laadussa, mikäli vanhemmat eivät olleet huolissaan ilmanlaadusta. Tutkimuksessa löydettiin myös yhteys kouluviihtyvyyden ja hengitystieoireiden välillä. Persoonallisuuspiirteistä hengitystieoireiden todennäköisyyttä kasvattivat neuroottisuus ja vähäisempi tunnollisuus. Sisäympäristön laadun lisäksi psykososiaalisilla tekijöillä, persoonallisuudella ja allergioilla on yhteys hengitystieoireisiin. Tutkijat suosittavat, että sisäympäristön laadun lisäksi tutkittaisiin muitakin tekijöitä oireiden taustalla. (Savelieva ym. 2020.)

## 6 Henkilöstökysely

Kyselyllä oli tarkoitus kerätä työntekijöiden kokemuksia ilmanvaihdon ongelmista C-rakennuksessa. Kysely toteutettiin keväällä 2022 paperikyselyllä suoraan työntekijöille. Internetkysely olisi mahdollistanut tarvittaessa suuren vastaajamäärän ja samalla analyysivaihe helpottuu, kun aineisto on valmiina koneella eikä sitä tarvitse syöttää käsin (Heikkilä 2010, 47). Tässä tapauksessa paperikysely oli järkevämpi, koska vastaajamäärä oli pieni ja vastaajat samassa työpaikassa. Kyselyä pohjustettiin lyhyellä esittelyllä opinnäytetyöstä. Halukkaat työntekijät saivat vastata nimettömänä kyselyyn, eikä kysely ollut kenellekään pakollinen. Kyselypaperit olivat vapaasti otettavissa kahvihuoneessa, mihin niitä myös palautettiin sen lisäksi, että tutkija sai niitä suoraan itselleen. Kysely on kontrolloitu, kun tutkija on paikalla ja suorassa kontaktissa vastaajan kanssa jakamalla kyselyn (Hirsjärvi ym. 2009, 196). Tässä tapauksessa kysely on kontrolloitu, sillä tutkija on osa työyhteisöä, joten vastaajat saivat vapaasti esittää lisäkysymyksiä tutkijalle väärinymmärryksien välttämiseksi. Kyselyissä on riski väärinymmärryksiin, jotka vaikuttavat lopputulokseen (Hirsjärvi ym. 2009, 195). Lisäkysymyksiä ei tullut montaa ja ne koskivat lähinnä opinnäytetyön tarkoitusta. Tutkijan ollessa vastaajaryhmän kollega, vastausprosentti oli suuri. Korkea vastausprosentti saadaan pienissä tutkimuksissa spesifoidulle vastaajaryhmälle (Hirsjärvi 2009, 195). Kyselyn täytti kymmenen henkilöä. Osa henkilöstä ei käynyt vastausaikaan kahvihuoneessa ja osalla ei ollut aikaa vastata. Tutkija pyrki, ettei kysele lomakkeiden perään, jottei vastaajille tule tunnetta vastaamisen pakollisuudesta. Cohen ym. (2007, 317–318) mukaan ketään ei voi pakottaa vastaamaan kyselyyn. Ihmiset tekevät päätöksen vastaamiseen tietojensa pohjalta miettien kyselyn mielekkyyttä ja hyötyä itselle. Vastaaja haluaa tuntea olevansa tärkeä tutkimukselle, mutta samalla ei halua käyttää paljoa aikaa kyselyn tekemiseen. Vaikka kyselylomake oli nimetön, työryhmä on suhteellisen pieni, joten tutkija tiesi ketkä vastasivat kyselyyn.

## 6.1 Kyselylomake

Kyselylomake näkyy liitteessä 1. Kyselylomakkeessa käytettiin sekä avoimia että strukturoituja kysymyksiä. Strukturoiduissa eli suljetuissa kysymyksissä on valmiit vastausvaihtoehdot. Avoimet kysymykset ovat strukturoitujen kysymysten vastakohta ja niissä vastaaja voi kirjoittaa vastauksen ilman rajoituksia. Avoimia kysymyksiä käytetään usein pienemmissä tutkimuksissa ja vastaajamäärän kasvaessa kysymykset muuttuvat strukturoidummiksi. (Cohen ym. 2007, 320–321.) Lomakkeessa ensimmäisenä on taustakysymys, kuinka monta tuntia viikossa vastaaja viettää rakennuksessa. Kysymys on avoin, ja vastaajat antoivat keskimääräisen tuntimäärän oman arvionsa mukaan. Rakennuksessa on töissä vähän yli kaksikymmentä ihmistä, mutta työntekijät viettävät rakennuksessa eri aikoja. Alle puolet työntekijöistä viettää pääsääntöisesti työaikansa tutkitussa rakennuksessa, kun taas muut viettävät osan työajasta muissa rakennuksissa tai työmailla. Kaikilla opetustyössä olevilla työajasta vähintään 25 prosenttia on sitomatonta työaika, jonka voi tehdä työpaikan ulkopuolella ja mihin aikaan haluaa. Kysymyksen tarkoituksena on saada selville, onko ongelmien kokemisessa yhteyttä rakennuksessa vietettyyn aikaan.

Toisessa kysymyksessä kysytään, onko vastaaja kokenut ongelmia tutkitun rakennuksen ilmanvaihdossa tai ilmanlaadussa. Muuttuja on dikotominen ja siinä on vain vaihtoehtoina kyllä ja ei. Useampia vaihtoehtoja ei mielestäni tarvita, sillä ongelmia on joko kokenut tai ei. Mikäli vastaaja vastaa tähän kysymykseen ei, kysely päättyy tähän. Kyllä-vastauksen antaneet jatkavat ongelmien kuvailuun. Tämä kysymys on tutkimuksen jatkon kannalta hyvin merkityksellinen. Mikäli kukaan ei koe ongelmia ilmanvaihdossa tai ilmanlaadussa, ei ole mielekästä tutkia kokemuksia ongelmista ja tehdä mittauksia koettujen ongelmien taustoista.

Kyselylomakkeessa on annettu valmiiksi mahdollisuus kirjoittaa kolmesta ongelmasta avoimilla kysymyksillä. Jokaisesta ongelmasta vastaaja kirjoittaa tilan, missä ongelma on, ja lisäksi kuvailee ongelman. Lopuksi vastaajalta

kysytään jokaisesta ongelmasta Likert-asteikolla 1–5, kuinka häiritseväksi vastaaja ongelman kokee. Asteikolla 1 on hieman häiritsevä ja 5 hyvin häiritsevä. Vastaajat saivat kertoa niin monesta ongelmasta, kun halusivat ja vastaajia oli ohjeistettu jatkamaan tarvittaessa paperin tyhjälle kääntöpuolelle tai ottamaan uuden lomakkeen ja laittaa lomakkeet niitillä yhteen, mikäli ongelmat eivät mahtuneet yhdelle lomakkeelle.

Viimeisin kysymysosoio antaa tärkeää tietoa työntekijöiden kokemista ongelmia ja on pohjana jatkotutkimukselle tiloista. Kysymyksessä saa selville, missä tiloissa ongelmia koetaan, jotta mittaukset ja tarkemmat tutkimukset voidaan kohdistaa oikeisiin tiloihin. Ongelman kuvailu antaa tarkemman kuvauksen siitä, millaiseksi vastaaja kokee ongelman. Tästä saadaan selville myös millaisia mittauksia tiloissa kannattaa tehdä. Tutkija antoi vastaustilaisuudessa luvan kirjoittaa saman ongelman alle myös muita saman tilan ongelmia. Ongelmat ovat monesti yhteydessä toisiinsa, joten saman tilan eri ongelmien erottelu ei ole aina mielekästä. Ongelma 1, ongelma 2 ja ongelma 3 tilalla kyselyssä olisi voinut olla myös tila 1, tila 2 ja tila 3, mutta halusin korostaa ongelmia.

Kysymys ongelman häiritsevyydestä on hyvin subjektiivinen, joten vastauksia on vaikea vertailla toistensa kanssa. Eri ihmiset voivat kokea saman ongelman hyvin eri tavoin. Toinen kokee ongelman hyvin häiritsevänä, kun taas toisella sama ongelma häiritsee vain vähän. Ongelman häiritsevyyttä kysyvällä erillisellä kysymyksellä annetaan vastaajalle mahdollisuus kuvailla ongelman vakavuus lyhyesti numerolla, eikä vastaajan tarvitse kuvailla ongelman vakavuutta. Vastauksia analysoitaessa on otettava huomioon kysymyksen subjektiivisuus, ja ettei vastauksia voi vertailla toisiinsa suoraan.

## 6.2 Kyselyn tulokset

Kyselyyn vastasi kymmenen C-rakennuksessa työskentelevää henkilöä eri ammattiryhmistä. Vaikka kysely oli nimetön, tutkija osana työyhteisöä tiesi ketkä kyselyyn ovat vastanneet. Suurin osa vastaajista oli opettajia, kuten koulurakennuksessa voi olettaa, mutta kyselyyn vastasivat heidän lisäksi

myös muilla nimikkeillä työskenteleviä. Ammattinimikkeellä ei ollut merkitystä tutkimuksen tulosten tulkinnessa, eikä ammattinimikettä kysytty lomakkeella.

Vastaajat ilmoittivat viettävänsä rakennuksessa aikaa viikoittain 8–45 tuntia. Suurin osa vastaajista vietti keskimäärin aikaa rakennuksessa 20–30 tuntia viikoittain. Vastaajista kaksi ei kokenut rakennuksessa olevan ongelmia ilmanvaihdossa ja kahdeksan koki siinä olevan ongelmia. Vähiten aikaa rakennuksessa viettävä vastaaja ei kokenut rakennuksessa olevan ongelmia. Muuten voisi sanoa, ettei rakennuksessa vietetyllä ajalla ollut paljon merkitystä siihen, kokiko rakennuksessa olevan ilmanvaihto-ongelmia. Enemmän kysymykseen vaikutti vastaajien rakennuksessa käyttämät tilat. Tilojen käyttöä ei kyselyssä kysytty, mutta vastauksista huomasi, mitä tiloja vastaajat käyttivät. Osa myös kertoi vastauksessaan, että kyseessä on oma työhuone. Työhuoneiden ongelmista kertoivat vain vastaajat, joiden oma työpiste sijaitsee tilassa. Toisten työhuoneissa ei yleensä vietetä paljon aikaa, joten muut eivät tiedä myöskään työhuoneiden ongelmista tai he eivät ole niitä ainakaan itse kokeneet kovin häiritseviksi.

Ongelmallisia tiloja vastaajat mainitsivat yhdeksän. Työntekijät tekevät töitä eri puolilla rakennusta työtehtävien mukaan, joten jotkut viettävät aikansa vain pääsääntöisesti vain yhdessä tilassa, kun taas toiset käyttävät useita tiloja. Eniten mainintoja sai luokkatila, missä vastaajat kokivat ilmanvaihdon olevan erittäin äänekäs. Ilmanvaihdon humina häiritsee erään käyttäjän mukaan tuntien pitämistä luokassa. Kaikki neljä, jotka mainitsevat luokan, mainitsevat ääniongelman luokassa. Lisäksi yksi kokee silmien kirvelevän luokassa ilmanvaihdon vuoksi. Tämä oli ainut luokkatila, mikä mainittiin vastauksissa. Vastaajat kokivat ongelman vaikeudeksi 3–5 Likert-asteikolla.

Toiseksi eniten mainintoja sai yksi työhuone, joka mainittiin kolmessa vastauksessa. Kaikki vastaajat kertoivat eri sanoin samasta ongelmasta, eli ilma ei vaihdu. Lisäksi yksi mainitsi, että tilassa on välillä lämmin. Työhuoneessa työskentelee parhaimmillaan viisi opettajaa ja lisäksi tilassa saattaa olla opiskelijoita hoitamassa asioita. Työhuonetta ei koettu niin vaikeaksi ongelmaksi Likert-asteikolla, eikä se saanut yhtään arviota 5 vaan suurimmat

arviot olivat 4. Työhuoneita mainittiin vastauksissa useita, joten tämä työhuone kulkee jatkossa työhuoneena 1.

Kahvihuone sai kaksi mainintaa, joista molemmat kertovat ongelmaksi haju. Toisessa vastauksessa kerrottiin ongelmalle myös syy eli roskien kierrätys, mitä kahvihuoneessa harrastetaan. Tilassa ei ole varsinaista roskien kierrätystä, vaan kierrätys hoidetaan avoimilla pahvilaatikoilla, joista hajut pääsevät tilaan. Kierrättäjät eivät pese kierrätykseen meneviä ruoka-astioita, joten vanha ruoka jää haisemaan kierrätyspahveihin ja -muoveihin. Vastaaja kertoo idean kierrätyksestä olevan hyvä, mutta sitä pitäisi kehittää. Kahvihuonetta ei muuten koeta ongelmaksi. Likert-asteikolla kahvihuoneen haju koettiin arvosanan 3 arvoiseksi.

Kuvassa 5 näkyvä rakennusosaston työsalin mainittiin vastauksissa kaksi kertaa ja molemmissa ongelmaksi koettiin pölynpoisto. Ongelma ei ole varsinaisesti ilmanvaihdon ongelma, koska ongelma on puupölyn imurin rikkoutuminen. Imuri ei ole ilmanvaihdon osa vaan erillinen komponentti järjestelmässä. Myös alla olevassa kuvassa 5 voidaan havaita puupölyä lattialla.



Kuva 5. Rakennusosaston työsalin.

Muita tiloja mainittiin vain kerran eri vastauksissa. Työhuoneita mainittiin aiemmin mainitun työhuoneen lisäksi kaksi. Molemmissa työskentelee vain yksi vastaajista, joten niitä ei muut voineetkaan kokea ongelmallisiksi.

Työhuoneessa 2 ilman ei koettu liikkuvan, joten ääntä eristävää ovea välieteiseen on pidettävä auki. Tämä aiheuttaa yksityisyysongelman, kun keskustelujen ääni kantautuu viereiseen luokkaan yhteisen eteisen kautta.

Mikäli luokassa on hiljaista, keskustelut kuuluvat selvästi viereisestä työhuoneesta 2. Äänen kuuluvuutta lisää, jos toinen keskustelija seisoo osin eteisen puolella. Kolmannesta työhuoneesta työntekijä koki saavansa kuivat silmät ja nuhan lisääntyvän.

Puosaston eteistilaan tuleva puupöly työsaliin mainittiin yhdessä vastauksessa. Tähänkin auttaisi puuimurin toimiminen. Lisäksi yksi vastaaja

koki ongelmaksi opiskelijoiden pukutilojen hajun. Yhdeksäntenä tilana mainittiin yhdessä vastauksessa rakennusosaston käytävä, ja käytävän seinällä olevassa taulussa olevat kosteusjäljet. Käytävä on näkyvissä kuvassa 6. Kuvassa oikealla seinällä käytävän päädyssä näkyy vastauksessa mainittu taulu.

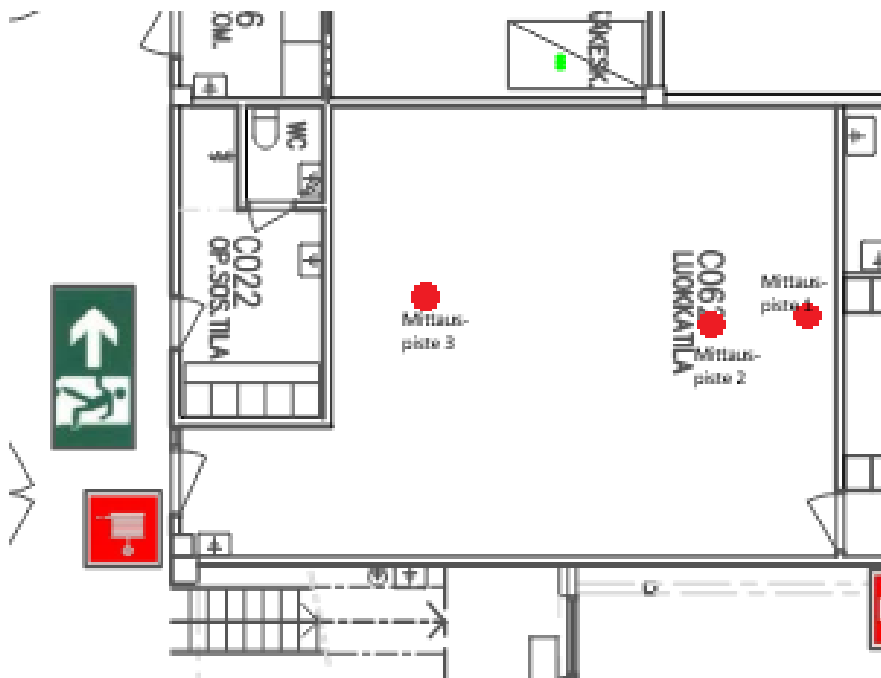


Kuva 6. Rakennusosaston käytävä.

## 7 Mittaukset

Kyselyn avulla saatiin selville, mitä ongelmia käyttäjät kokivat rakennuksen sisäympäristössä. Työn tarkoituksena on selvittää, saako kokemukset ongelmista tukea mittauksista. Toisin sanoen selvittää ovatko ongelmat ongelmia myös mittauksin todistettuna ja verrattuna asetuksiin. Tätä tutkittiin tekemällä mittauksia osassa tiloista. Tarkemmin tutkittaviksi tiloiksi valittiin kolme tilaa, jotka mainittiin kyselyssä eniten ja ovat muuten merkittäviä.

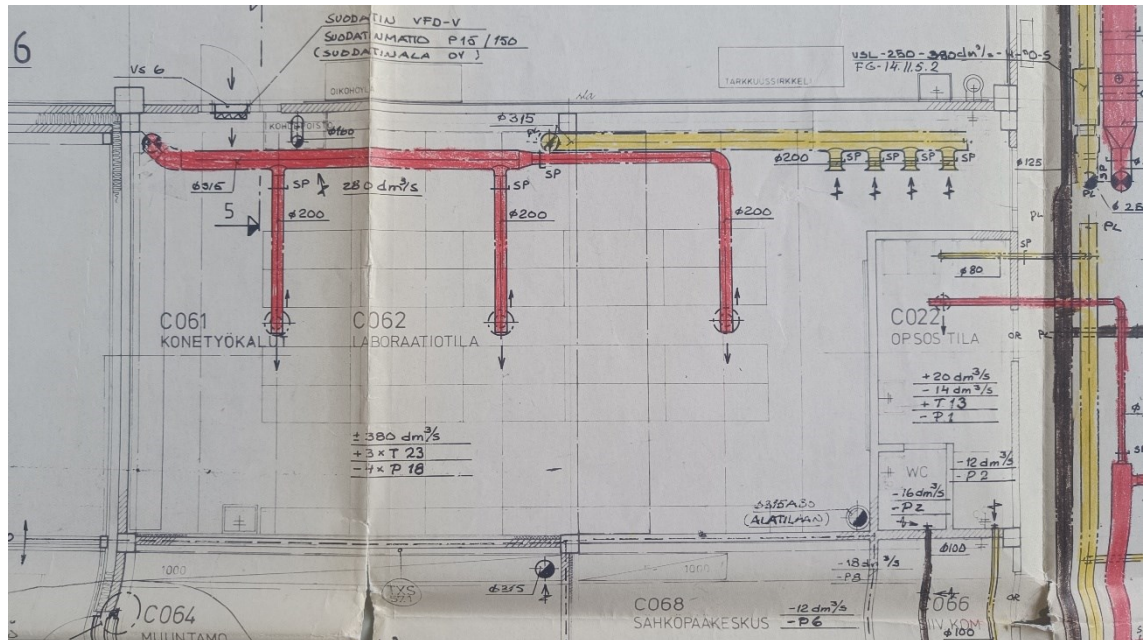
### 7.1 Luokkatila



Kuva 7. Luokka pohjakuvassa ja äänenvoimakkuuden mittauspisteet esitettyinä

Luokkatila mainittiin neljässä vastauksessa ja suurimmaksi ongelmaksi koettiin ilmanvaihdon pitämä humina, mikä häiritsee toimintaa tilassa. Luokkaa kutsutaan yleisesti huminaluokaksi äänen vuoksi, ja luokan käyttöä vältellään. Nykyinen pohjakuva luokasta on kuvassa 7. Luokka on alun perin tarkoitettu laboraatiotilaksi, kuten voidaan nähdä alkuperäisessä ilmanvaihtokuvassa vuodelta 1983 (Kuva 8). Tila on muokattu luokkatilaksi joissain myöhemmässä

vaiheessa ja samalla luokasta on erotettu pukuhuone, mikä alkuperäisesti on ollut ilmeisesti tila konetyökaluille. Pinta-alaa luokalla on 47 m<sup>2</sup>. Tulo- ja poistoilma on suunniteltu vuonna 1983 380 l/s, eli luokan ilmanvaihto on ollut tasapainossa.



Kuva 8. Luokkatila alkuperäisessä IV-suunnitelmassa.

Luokka on käytävän varrella oleva sisäluokka, jota ympäröi rakennuspuolen työsalin, varasto, pukutilat ja sähkötilat. Luonnonvaloa luokkaan saadaan kattoikkunasta. Luokkaa käytetään teoriaopetukseen, eikä siellä ole enää mitään laboratoriotyöskentelyyn viittaavaa. Opiskelijamäärältään luokkaan pitäisi mahtua periaatteessa 25 opiskelijaa, koska se on opiskelijamäärä joissain ryhmissä. Tämän lisäksi tulee opettaja, joten henkilömäärä on 26. Tulevaisuudessa opiskelijaryhmien koot voi kasvaa, ja tällöin luokassa henkilömääräkin olisi suurempi. Kuvassa 9 on luokka kuvattuna erään koulupäivän jälkeen iltapäivällä samalla, kun tehtiin yksi mittauksista. Tuolloin luokassa oli 17 pultetta.



Kuva 9. Luokkahuone, "huminaluokka".

### 7.1.1 Mittauksien teko

Luokassa toteutettiin äänenvoimakkuusmittaus ja lisäksi luokasta mitattiin tulo- ja poistoilmamäärät. Äänenvoimakkuusmittaukseen mittauspisteitä valittiin kolme eri puolilla luokkaa. Ensimmäinen mittauspiste oli noin metrin päässä luokan takaosassa olevasta tuloilmaventtiilistä 1,5 metrin korkeudessa. Mittauspiste 1 on kuvassa 9 näkyvän kaapin vieressä. Toinen mittauspiste oli luokan takaosassa olevan pulpetin ääressä opiskelijan pään korkeudella hänen istuessaan. Kolmas mittauspiste oli luokan etuosassa opettajan pöydän luona. Opettajan pöydän kulma näkyy kuvassa 9 vasemmassa reunassa. Kolmannen

mittauspisteen korkeus oli opettajan pään korkeudella hänen istuessaan työtuolissaan. Mittauspisteet valittiin käytön kannalta järkevistä paikoista ja paikoista, missä ihmiset oleskelevat. Ensimmäinen mittauspiste valikoitui sen mukaan, mistä ääni tuntui tulevan kovimpana. Mittauspisteet näkyvät kuvassa 8 punaisina pisteinä.

Äänenvoimakkuusmittauksia suoritettiin kolmena iltapäivänä opiskelijoiden lähdettyä kotiin ja koulussa ei ollut muuta toimintaa. Iltapäivisin työsalista ja muista tiloista ei tullut ylimääräisiä ääniä häiritsemään mittauksia. Mittarina käytettiin Turun ammatti-instituutin LVI-osastolta lainattua Peaktech P5055 – desibelimitaria.

Ilmamäärien mittaukset suorittivat neljä toisen vuoden ilmanvaihtoasentajaopiskelijaa Turun ammatti-instituutista opettajansa johdolla. Heille oli ennalta annettu pohjakuva luokasta ja merkitty kuvaan ilmanvaihtokanaviston ja ilmeisesti aikaisemmissa mittauksissa käytetyt reiät kanavissa. Opiskelijat käyttivät samoja reikiä kuin aiemmissa mittauksissa oli käytetty, joten kanaviin ei tarvinnut tehdä uusia reikiä. Mitään säätöjä ei muutettu mittauksissa tai mittauksien takia. Rakennuksen omistajana kaupungin tilapalvelut sallivat mittaukset vain sillä luvalla, että mihinkään säätöihin ei kosketa. Mittauspöytäkirja on nähtävillä liitteessä 2. Ilmamäärät on mitattu käyttäen apuna Pitot-putkea sekä lisäksi Swema 3000 ja Swemaflow 125 -mittareita.

Ilmamäärien mittaus suoritettiin toukokuun puolessa välissä 2022. Tuloilma mitattiin kahdesta kanavasta, sillä luokassa on kaksi tuloilmakanavaa, jotka eivät ainakaan luokassa näkyvillä liity toisiinsa. Molempien kanavien päässä on tuloilman päätelaite, millainen näkyy kuvassa 10. Alkuperäisessä suunnitelmassa kanavat ovat olleet samaa kanavistoa (kuva 8), joten muutos on tehty jossain myöhemmässä vaiheessa. Muutos on tehty mahdollisesti samalla kuin luokan käyttötarkoitus on muutettu laboratoriosta luokaksi. Poistoilman päätelaitteita luokassa on neljä oven lähettyvillä, jotka liittyvät kaikki samaan kanavaan, josta mitattiin poistoilmamäärä. Poistoilmakanavisto on

edelleen samanlainen kuin alkuperäisessä ilmanvaihdon suunnitelmassa vuodelta 1983 (kuva 8).



Kuva 10. Tuloilman päätelaite luokan takaosassa.

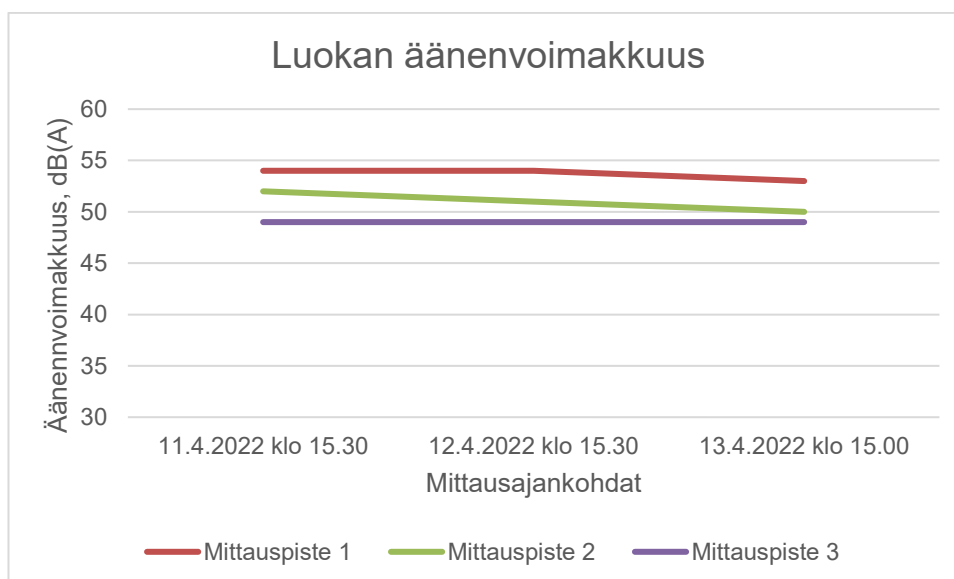
### 7.1.2 Mittaustulokset

Luokassa mitatut äänenvoimakkuudet A-painotettuna on alla olevassa taulukossa 1 ja kuviossa 4. Äänenvoimakkuus ei vaihdellut paljoa eri mittauspäivinä. Mittauspisteessä 1 äänenvoimakkuus oli suurin ollen 53–54 dB(A). Mittauspisteessä 2 takapulpetin luona äänenvoimakkuus oli mittauksissa 50–52 dB(A). Mittauspisteessä 3 opettajan pöydän luona kaikissa mittauksissa äänenvoimakkuus oli 49 dB(A). Kuvioista 1 nähdään, kuinka mittaustuloksissa

oli hienoinen lasku äänenvoimakkuuksissa mittauksien edetessä. Lasku ei ole kuitenkaan kovin merkittävä, sillä suurin ero mittauskertojen välillä on mittauspiste 2 kahden desibelin ero ensimmäisestä mittauksesta viimeiseen.

	11.4.2022 klo 15.30	12.4.2022 klo 15.30	13.4.2022 klo 15.00
Mittauspiste 1	54 dB(A)	54 dB(A)	53 dB(A)
Mittauspiste 2	52 dB(A)	51 dB(A)	50 dB(A)
Mittauspiste 3	49 dB(A)	49 dB(A)	49 dB(A)

Taulukko 1. Äänenvoimakkuuden mittaustulokset luokkatilassa



Kuvio 4. Luokan äänenvoimakkuus.

Mittauksiin kysyttiin lupa tilapalveluilta ja se kielsi muuttamasta mitään asetuksia. Tästä syystä mittauksien aikana mitään asetuksia ei muutettu, eikä esimerkiksi luokan kiinniolevaa säätöpeltiä avattu, vaikka se oli ollut mielenkiintoista tutkimuksen kannalta. Kuitenkin puoli vuotta mittausten jälkeen rakennusosaston opettaja kuuli kiinniolevasta säätöpelistä ja avasi sen omatoimisesti. Äänenvoimakkuus mitattiin uudelleen joulukuussa 2022 säätöpellin avaamisen jälkeen. Äänenvoimakkuus laski kaikissa mittauspisteissä ollen mittauspisteessä 1 50 dB(A), mittauspisteessä 2 48 dB(A)

ja mittauspisteessä 3 48 dB(A). Ilmamääriä ei mitattu uudelleen, koska aikataulut joulun läheisyydessä eivät sopineet yhteen.

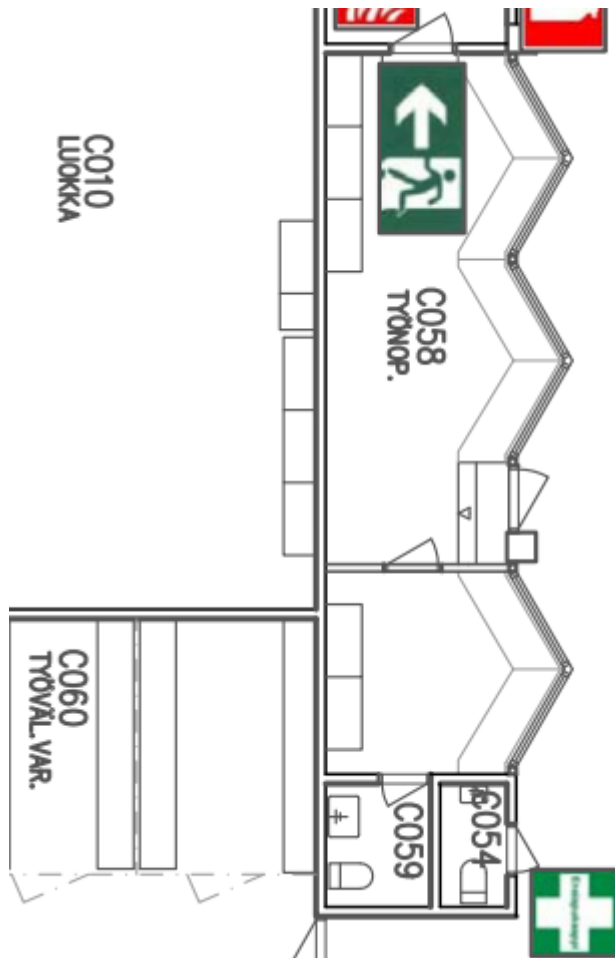
Ilmamäärien mittauksien tuloksissa saatiin selville, että luokka on alipaineinen. Takaseinän lähellä olevassa tuloilmakanavassa ollut säätöpelti oli mittauksen aikana täysin kiinni, joten luokan takaa kanavassa ei kulkenut ilmaa eikä päätelaitteesta tullut ollenkaan tuloilmaa. Luokan keskiosan tuloilman päätelaitetta palvelevassa kanavassa kulki ilmaa 95 l/s. Koko luokan tuloilmamäärä oli siis 95 l/s. Poistoilmakanavassa kulki 178 l/s ilmaa. Kaikki poistoilman päätelaitteet olivat samassa kanavassa, joten kokonaispoistoilma luokassa oli 178 l/s. Mitatuista ilmamääristä voidaan laskea, että luokasta poistuu 83 l/s enemmän ilmaa kuin mitä sinne tulee tuloilmana kanavistosta. Loput ilmasta tulee vuotoilmana viereisistä tiloista tai rakenteista.

## 7.2 Työhuone 1



Kuva 11. Työhuone 1, "akvaario"

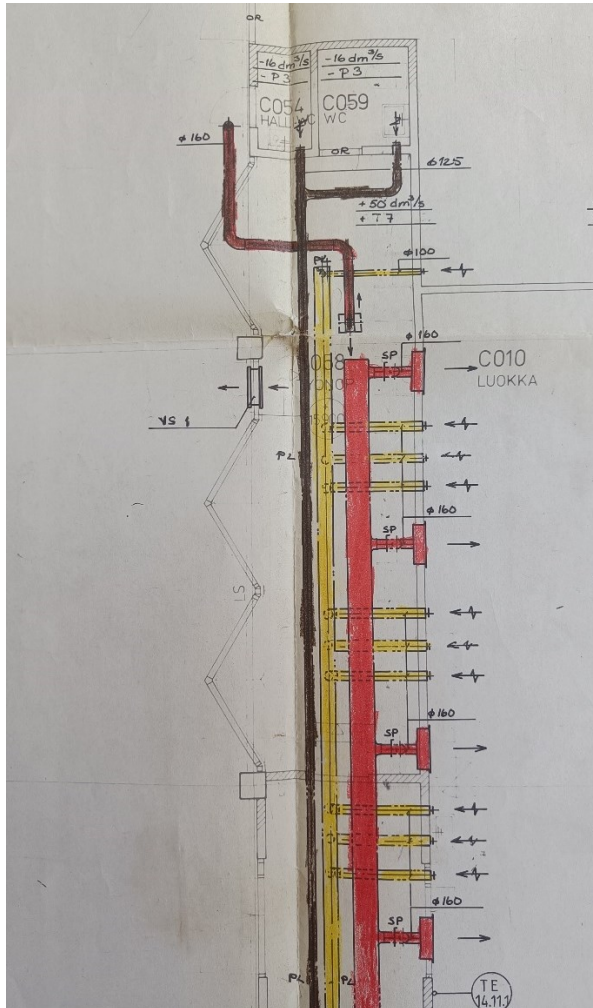
Työhuone 1 (Kuva 11) mainittiin kyselyn vastauksissa kolme kertaa. Työhuoneen lempinimi on akvaario, sillä yhdellä seinällä on ikkunat, joista voi valvoa työsalin toimintaa. Työhuoneen ongelmaksi koettiin erityisesti ilmanvaihdon riittämättömyys. Työhuoneessa koettiin, ettei ilma vaihdu ollenkaan. Lisäksi yksi mainitsee pienenä ongelmana lämmön. Työhuoneessa työskentelee viisi ihmistä ja lisäksi huoneessa on välillä muita ihmisiä hoitamassa asioita. Pinta-alaa huoneella on 19 m<sup>2</sup>. Työhuone sijaitsee käytävän päässä, ja vieressä on työsalin lisäksi luokahuone. Työhuoneen perällä on toinen työhuone, joka näkyy kuvan 11 perällä aukinaisen oven takana. Perällä olevassa työhuoneessa on työpiste yhdelle henkilölle.



Kuva 12. Työhuoneen 1 pohjakuva

Kuvassa 12 nähdään työhuoneen 1 nykyinen pohjakuva. Työhuone on putkimainen ja työpöydät ovat kaikki jonossa ikkunan edustalla mukaillen ikkunan muotoa. Työhuone on työpöytätyöhuone, joten on tärkeää nähdä työhuoneesta työsalin tapahtumat ikkunan kautta. Työhuoneella harvoin tehdään töitä koko päivää. Työhuoneen perällä on erillinen pieni työhuone ja sieltä yhteys WC-tilaan. Kuvassa 13 on alkuperäinen ilmanvaihtosuunnitelma työhuoneeseen 1 vuodelta 1983. Kuvasta 13 voidaan nähdä, että työhuone on alun perin ollut yhtenäinen tila ja työhuoneesta on myöhemmin erotettu pienempi työhuone. Kuvasta nähdään myös, että työhuoneen yläkatossa kulkee viereisen luokan ilmanvaihtokanavisto. Alun perin työhuonekokonaisuuteen on

tullut tuloilmaa 50 l/s. Työhuoneen yhteydessä olevassa WC-tilassa on ollut poistoilmaa -16 l/s.



Kuva 13. Työhuone 1 alkuperäisessä IV-suunnitelmassa.

### 7.2.1 Mittauksien teko

Alun perin työhuoneessa 1 oli tarkoitus mitata ilmamäärät, lämpötila ja hiilidioksidipitoisuus. Ilmamäärien mittaaminen ei kuitenkaan onnistu työhuoneessa, koska työhuoneessa ei ole yhtään tulo- tai poistoilman päätelaitetta. Huoneessa ei siis ole ilmanvaihtoa, mitä voisi mitata. Kun työhuone on jaettu, tuloilman päätelaite on jäänyt seinän toiselle puolelle ja itse asiassa osittain seinän sisälle kuten kuvasta 14 voidaan nähdä.



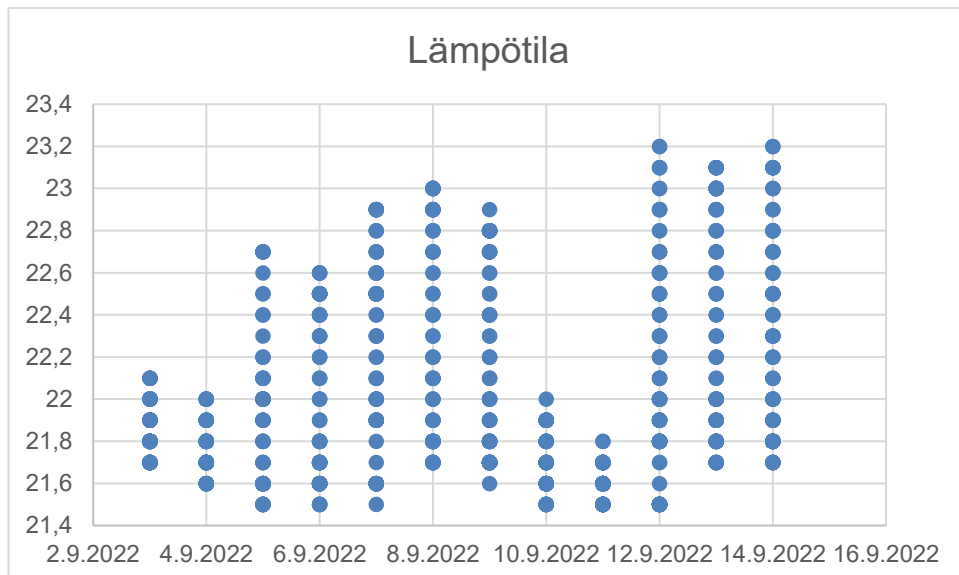
Kuva 14. Työhuoneen 2 ilmanvaihto seinän takana.

Hiilidioksidipitoisuus ja lämpötila mitattiin eräästä yrityksestä lainatuilla Connected AirWits CO2-mittarilla, joka lähetti tiedot internetiin Foxeriot-verkkosovellukseen 15 minuutin välein. Mittari mittasi samanaikaisesti hiilidioksidia, lämpötilaa ja kosteutta. Työhuoneessa ei ollut paljoa tasaisia pintoja muualla kuin pöydillä, joten mittari asetettiin työpöytien väliin laatikon päälle. Mittari laitettiin paikoilleen perjantaina 2.9. ja varsinainen mittaus aloitettiin lauantaina 3.9., joka oli ensimmäinen kokonainen mittauspäivä. Viimeinen kokonainen mittauspäivä oli keskiviikko 14.9. ja mittari otettiin pois paikoiltaan seuraavana päivänä. Mittari oli paikoillaan puolitoista viikkoa. 3.9.—14.9. mittari ehti mitata hiilidioksidin, kosteuden ja lämmön 1138 kertaa.

Tarkoituksena oli mitata ensimmäinen viikko ns. normaalisti toimien ja toisella viikolla pitää kaikki ovet kiinni. Työhuoneella 1 tämä olisi tarkoittanut perällä olevan pienen työtilan oven sulkemista ja samoin käytävälle vievän oven kiinnipitämistä. Työpaikalle iski kuitenkin koronaepidemia ja työhuoneella oli paikalla vain kaksi ihmistä ensimmäisellä mittausviikolla. Toisella viikolla ihmiset palasivat sairauslomilta töihin ja maanantaista keskiviikkoon mittari ehti mitata ns. normaalia toimintaa. Mittari piti palauttaa, joten ovia ei ehditty pitää kiinni ja kokeilla, miten se vaikuttaa hiilidioksidipitoisuuteen tai lämpötilaan.

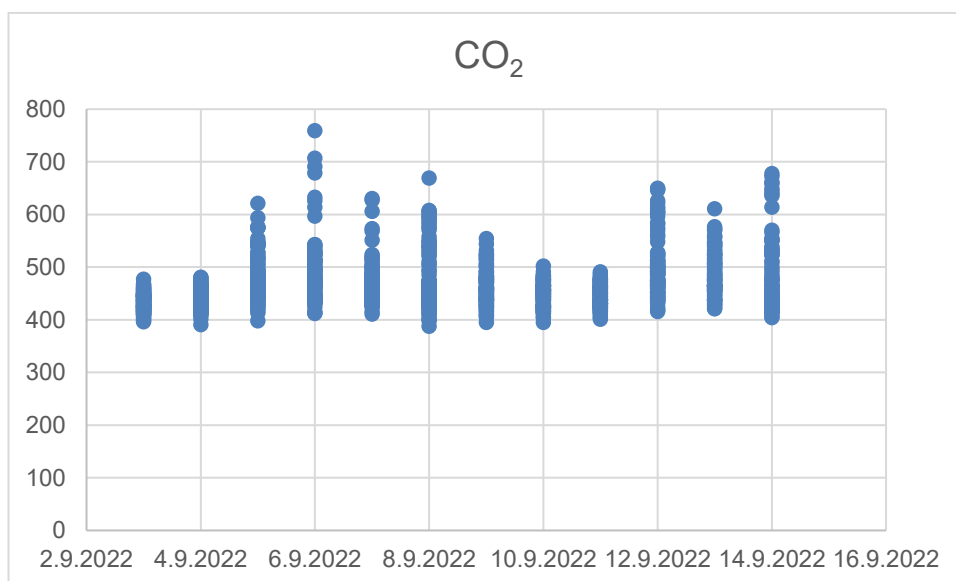
### 7.2.2 Mittaustulokset

Ilmamääriä työhuoneella ei saatu mitattua, koska ilmanvaihto puuttuu työhuoneesta kokonaan. Poistoilma on näin ollen 0 l/s ja tuloilma 0 l/s. Lämpötila pysyi koko mittauksen ajan kahden asteen sisällä, kuten kuvioista 5 voidaan nähdä. Kuviossa 5 nähdään päivittäin mittauksen jakautuminen lämpötila-asteikolla. Pienimmillään lämpötila oli 21,5 °C ja suurimmillaan 23,2 °C. Kuviossa nähtävät päivät, joissa lämpötilaerot ovat pienimmät sijoittuvat viikonlopuille.



Kuvio 5. Työhuoneen 1 lämpötilamittaustulosten jakautuminen päivittäin

Kuvioissa 6, 7 ja 8 esitetään työhuoneen 1 hiilidioksidipitoisuuksia mittausaikana. Kuviossa 6 on esitetty päivittäinen vaihtelua hiilidioksidipitoisuudessa. Kuten lämpötilassakin myös hiilidioksidipitoisuuksissa voidaan kuviosta nähdä viikonlopun vaikutus pitoisuuden pienempänä vaihteluvälinä. Suurimmat hiilidioksidipitoisuudet mitattiin tiistaina 6.9. (759 ppm) ja keskiviikkona 14.9. (678 ppm).



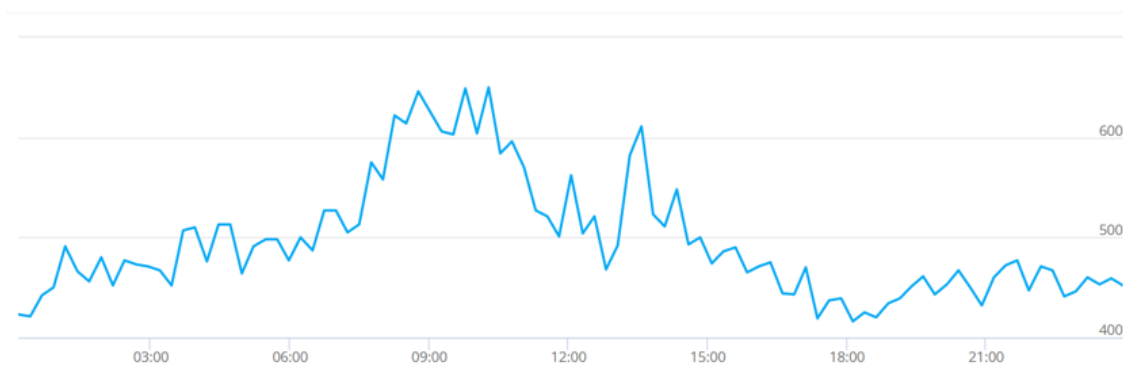
Kuvio 6. Työhuoneen 1 päivittäiset hiilidioksidipitoisuusmittauksien jakaumat.



Kuvio 7. Työhuoneen 1 hiilidioksidipitoisuus 9.–15.9.

Kuviossa 7 nähdään hiilidioksidiarvot 9.—15.9. eli vähän pidemmälle, kuin mitä mittaus varsinaisesti kesti. 15.9. mittari otettiin pois mittauspisteeltä ja viimeisimmät arvot eivät enää ole luotettavia. Kuviossa 7 nähdään

hiilidioksidipitoisuuden aaltoilu päivien aikana, kun pitoisuuteen alkaa vaikuttaa ihmisten vaikutus. Kuvioista 7 nähdään sama viikonlopun vaikutus pienempänä vaihteluvälinä kuin kuviossa 6 oli nähtävissä.



Kuvio 8. Työhuoneen 1 hiilidioksidipitoisuus 12.9.

Kuviossa 8 on esitettyä yhden vuorokauden hiilidioksidipitoisuudet viivadiagrammina. Vuorokausi oli 12.9. maanantai eli normaali arkipäivä työpaikalla. Työhuonetta käyttävistä henkilöistä työpaikalla oli neljä, mutta heidän läsnäoloaan työhuoneessa ei tarkkailtu. Kuvioista voidaan nähdä käyrän nousevan ihmisten saapuessa töihin aamulla tuottamaan hiilidioksidia. Käyrä laskee puolilta päivin lounaan takia, kunnes nousee vielä hetkeksi ennen työpäivän päättymistä. Vaikka huoneessa ei ole varsinaista ilmanvaihtoa, huoneessa vaihtuu ilma, sillä hiilidioksidipitoisuus laskee työpäivän päättyessä ja lounastauolla.

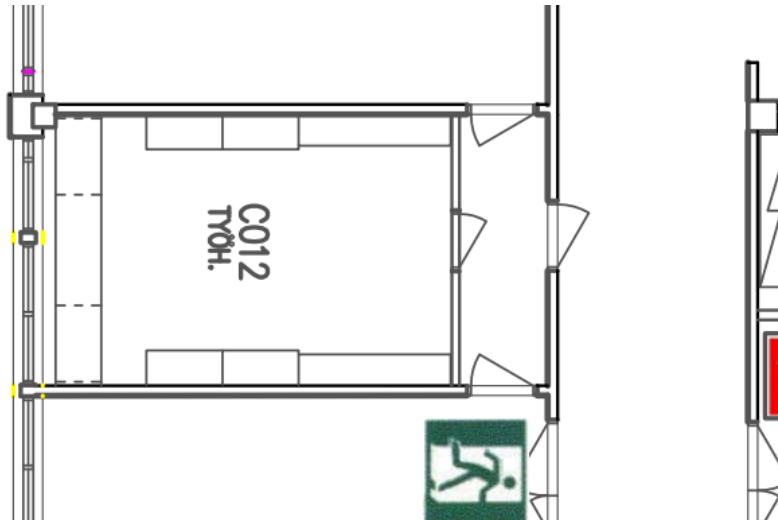
### 7.3 Työhuone 2

Työhuone 2 mainittiin kyselyyn vastanneiden keskuudessa vain kerran. Huoneessa työskentelee kolme ihmistä, mutta vain yksi heistä vastasi kyselyyn. Työhuoneessa työskentelevien lisäksi huoneessa vieraillee välillä muita ihmisiä. Työhuoneen ongelmaksi koettiin huono ilma ja se, ettei ilma vaihdu riittävästi. Kuvassa 15 on kuvattu työhuone ovelta. Työhuoneen pinta-ala on 19 m<sup>2</sup>. Oven vieressä on yksi työpöytä ja muut kaksi ovat ikkunan edustalla huoneen perällä. Lisäksi huoneessa on vanha sohva oven lähistöllä.



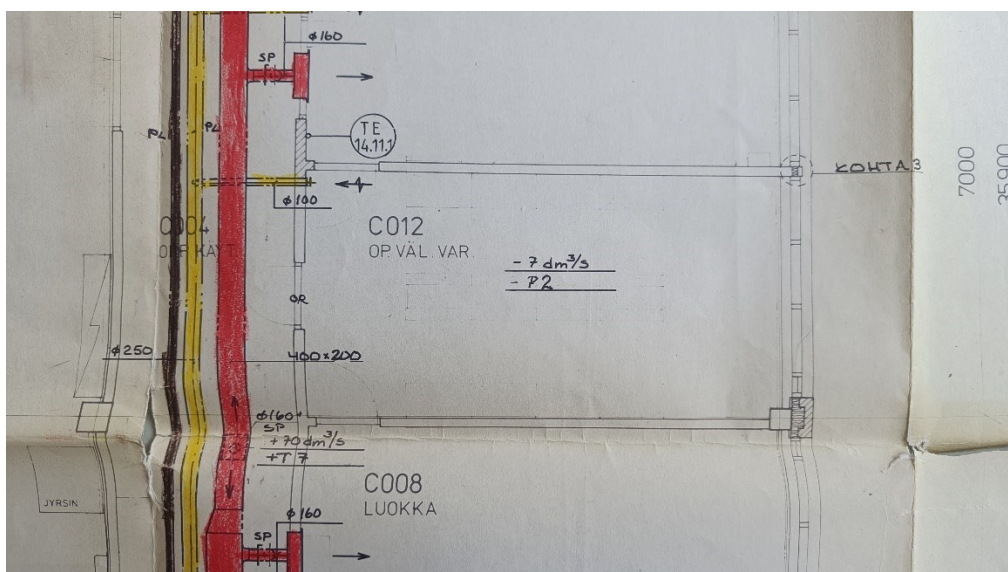
Kuva 15. Työhuone 2.

Ilmanvaihtuvuuden puute koettiin häiritseväksi ilmanlaadun kannalta, mutta myös siltä kannalta, että tämä aiheuttaa jatko-ongelmia. Ilmanvaihdon ongelma luo jatko-ongelman tietosuojan kanssa. Tilassa pidetään ääntä eristävää ovea auki ilmanvaihto-ongelman vuoksi, minkä vuoksi äänet tilasta kuuluvat eteistilan kautta viereisiin luokkahuoneisiin. Eteistila ja ovet viereisiin luokkiin näkyvät kuvan 16 huoneen pohjakuvassa. Tilassa käydään välillä opiskelijoiden yksityisiä keskusteluja, joiden ei ole tarkoitus kuulua muille henkilöille. Vaikka työhuone 2 mainittiin vain yhdessä vastauksessa, yleisen hyödyn kannalta tila valittiin yhdeksi mittauksien kohteeksi.



Kuva 16. Työhuone 2 pohjakuvassa

Työhuoneen molemmilla puolilla on teorialuokkatilat, joihin on yhteys myös työhuoneen eteisen kautta. Työhuoneen ja eteisen välillä on ääntä eristävä ovi ja eteisestä luokkiin ja käytävään normaalit ovet. Työhuonetta ei ole alun perin tarkoitettu työhuoneeksi vaan opetusvälinevarastoksi, kuten kuvan 17 alkuperäisestä suunnitelmasta voidaan nähdä. Ei ole tiedossa, milloin varasto on muutettu työhuoneeksi ja työhuoneen eteistilaksi. Varastoon oli suunniteltu vain poistoilma, mutta työhuoneessa on nykyisin tulo- ja poistoilma eri tavoin kuin alkuperäisessä suunnitelmassa.



Kuva 17. Työhuone 2 alkuperäisessä IV-suunnitelmassa.

### 7.3.1 Mittauksien teko

Ilmamäärien mittaukset toteutettiin samoin kuin luokkahuoneessa, eli ilmamäärät mitattiin yhteistyössä koulun opiskelijoiden ja opettajan kanssa. Mittauspöytäkirja on liitteessä 2. Työhuoneessa on kaksi tuloilman päätelaitetta ja kaksi poistoilman päätelaitetta. Tulo- ja poistoilmasta riitti yhdestä paikasta mittaaminen, sillä tuloilman päätelaitteet ovat yhteydessä samaan tuloilmakanavaan ja poistoilman päätelaitteet samaan poistoilmakanavaan. Tulo- ja poistoilmakanavat kulkevat eteistilan kautta käytävään, ja kanavissa oli huoneen puolella reiät valmiina aiemmista mittauksista. Eteistilassa ei ollut tulo- tai poistoilman päätelaitteita.

Valmiita reikiä käytettiin hyödyksi mittauksessa, jotta kanaviin ei tarvinnut tehdä uusia reikiä. Opiskelijat mittasivat ilmamäärien lisäksi poistoilmaventtiileistä asetukset.

Hiilidioksidipitoisuus mitattiin samalla tavalla ja samaan aikaan kuin toisessa työhuoneessa. Mittari mittasi hiilidioksidipitoisuuden lisäksi samalla lämpötilan ja kosteuden 15 minuutin välein. Mittarit asetettiin molempiin työhuoneisiin samaan aikaan, jotta mittausaika saataisiin samaksi. Työhuoneessa 2 mittari asetettiin työpöytien välissä olevan hyllyn päälle noin 1,5 metrin korkeuteen.

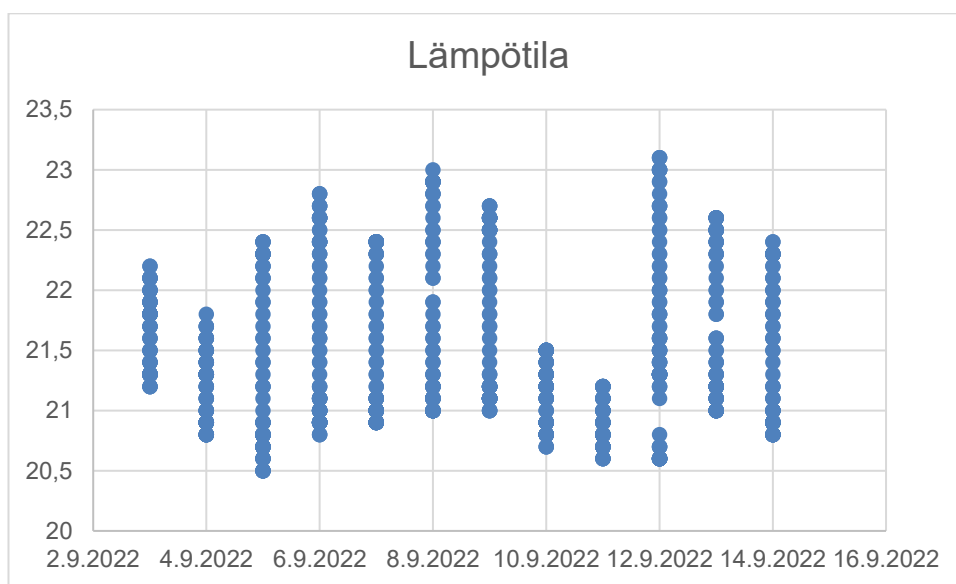
Mittauksien ensimmäinen kokonainen mittauspäivä oli lauantai 3.9., koska mittari asetettiin paikoilleen perjantaina. Mittari otettiin pois paikoiltaan 15.9., joten viimeinen kokonainen mittauspäivä oli 14.9. Myös tässä työhuoneessa oli tarkoitus ensimmäisellä viikolla mitata ns. normaalia toimintaa, jossa äänieristysovi työhuoneen ja eteistilan välillä on lähes koko ajan auki. Toisella viikolla oli tarkoitus pitää äänieristysovi kiinni, ja näin estää ilmavuodot eteistilan kautta muihin tiloihin. Työpaikan koronaepidemia vaikutti myös tässä työhuoneessa, ja ensimmäisellä mittausviikolla paikalla työhuoneessa oli vain yksi työntekijä. Ensimmäisellä viikolla mittauksien tilanne ei siis ollut kovinkaan normaali, ja vasta toisella viikolla saatiin normaalin tilanteen mittauksia. Mittauksien tilannetta, jossa ovi eteistilaan olisi kiinni, ei saatu toteutettua ennen kuin lainassa ollut mittari piti palauttaa.

### 7.3.2 Mittaustulokset

Ilmamäärien mittauksissa työhuoneella 2 tuloilman määräksi saatiin 70 l/s. Tuloilmakanavassa ollut säätöpelti eteisen puolella oli auki mittauksen aikana. Poistoilmaventtiileitä työhuoneessa on kaksi. Venttiilit oli kuristettu, ja asetus niissä oli -12 ja -14. Poistoilman määräksi mitattiin 21 l/s. Työhuone on ylipaineinen, sillä tuloilmaa tulee huoneeseen 49 l/s enemmän kuin mitä huoneesta poistuu poistoilmaa kanavistoon. Loput tuloilmasta, mikä ei poistuu poistoilmakanavaan, poistuu vuotoilmana viereisiin tiloihin ja rakenteisiin.

Hiilidioksidia, kosteutta ja lämpöä mittari mittasi 3.9.—14.9. 1139 kertaa.

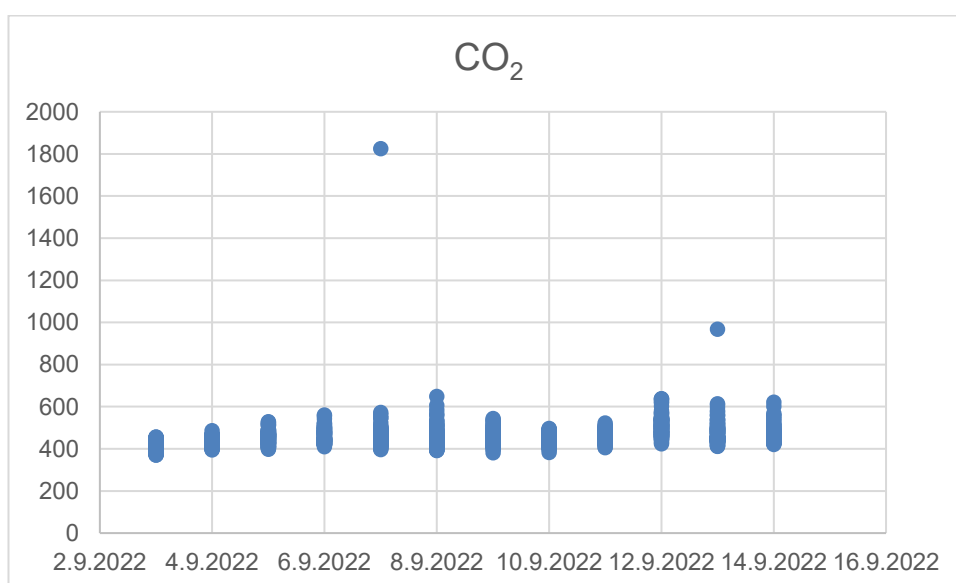
Lämpötila vaihteli 20,5–23,1 °C välillä kuten nähdään kuvioista 9, jossa on esitettyinä päivittäin lämpötilan mittaustulosten jakauma. Viikonloput erottuvat kuviossa pienempänä lämpötilaheittelynä. Ihmisten vaikutus lämpötilaan on siis nähtävissä työhuoneen mittaustuloksissa.



Kuvio 9. Työhuoneen 2 lämpötilajakauma päivittäin.

Hiilidioksidipitoisuusmittausten tuloksia on kuviossa 10, 11 ja 12. Kuviossa 12 on nähtävissä hiilidioksidimittausten jakauma päivittäin. Kuviossa erottuu kaksi yksittäistä suurempaa mittaustulosta 7.9. (1825 ppm) ja 13.9. (968 ppm). Näihin syy paljastui mittausten jälkeen, kun eräs työhuoneen työntekijä tuli kysymään

näkykö mittauksissa mitään erikoista. Työntekijä oli tahallaan puhaltanut kaksi kertaa uloshengitysilmaa suoraan mittaria kohti lähietäisyydeltä. Hänellä oli tylsää ja lisäksi häntä kiinnosti, miten mittari reagoi hengitykseen. Mittari otti mittauksen 15 minuutin välein, joten hönkäisyjen vaikutus oli hieman erilainen, mutta nosti hiilidioksidipitoisuutta kuitenkin hetkellisesti mittarin läheisyydessä. Muuten mittaukset pysyivät alle 650 ppm. Kahta piikkiä lukuun ottamatta suurimmat arvot mitattiin 8.9. (649 ppm) ja 12.9. (639 ppm). Kuviossa 10 näkyy viikonlopun vaikutus pienempänä vaihteluna hiilidioksidipitoisuudessa, vaikka pitoisuudessa on myös luonnollista vaihtelua.



Kuvio 10. Työhuoneen 2 hiilidioksidipitoisuuden jakauma päivittäin



Kuvio 11. Työhuoneen 2 hiilidioksidipitoisuus 9.–15.9.

Kuviossa 11 on nähtävillä viivadiagrammina hiilidioksidipitoisuus 9.—15.9. Myös kuviossa 11 on piikki työntekijän tahallisen mittariin hengityksen takia. Kuviossa 12 on kuvattuna maanantain 12.9. hiilidioksidipitoisuudet. Työpäivän alkaessa nähdään pitoisuuden kasvavan melko nopeasti, kunnes taso laskee ensimmäisen tauon aikana. Ennen lounasta taso ei ehdi paljon nousta, mutta lounaan jälkeen taso nousee samalle tasolle kuin aamulla. Toinen kahvitauko tekee kuopan käyrään, mutta taso nousee vielä ennen työpäivän päättymistä. Työhuone 2 eroaa työhuoneesta 1 siinä mielessä, että työhuoneella on töissä yksi henkilö lähes koko päivän taukoja ja kokouksia lukuun ottamatta.



Kuvio 12. Työhuoneen 2 hiilidioksidipitoisuus 12.9.

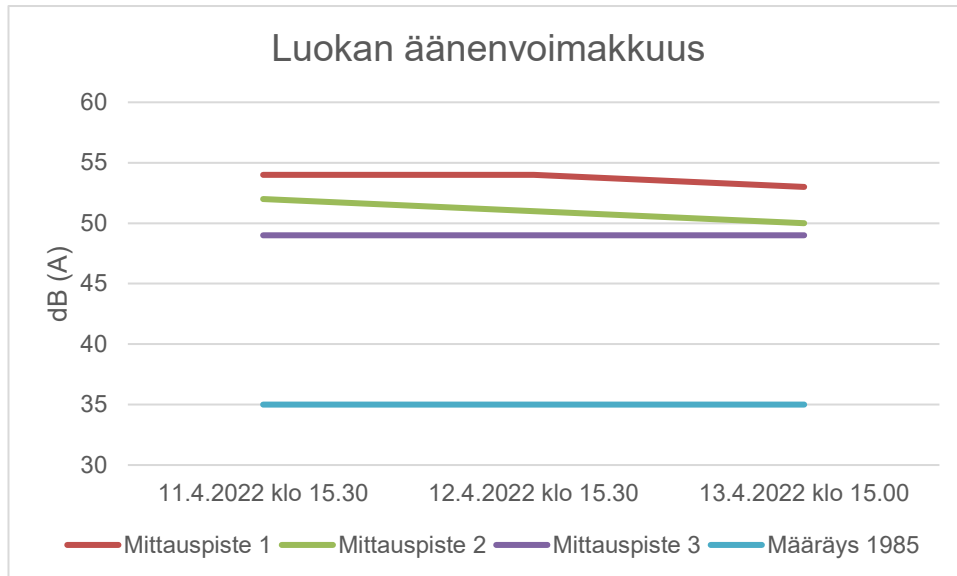
## 8 Lopputulos hulluudesta

Käyttäjillä oli mielipiteet tutkituista tiloista ja niiden sisäympäristön ongelmista. Luvussa 8 esiteltiin mittaukset, joilla pyrittiin selvittämään, saadaanko käyttäjien kokemuksille tukea. Mittaustuloksia verrataan asetuksiin ja määräyksiin sisäympäristöstä, jotta saadaan selville ovatko mittaustulokset määräyksiin mukaiset. Luvuissa 3 ja 4 on esitelty tarkemmin tutkitut sisäympäristön laatuun vaikuttavat tekijät ja niiden raja-arvot.

### 8.1 Luokkahuone

Luokkahuoneessa koettiin melua ja erityisesti huminaa koettiin kuuluvan ilmanvaihtojärjestelmästä. Mittauksissa ympäri luokkaa suurin äänenvoimakkuus saatiin mitattua luokan takaosassa tuloilman päätelaitteen lähellä. Päätelaitteelle johtavan kanavan säätöpelti oli kiinni. Työpaikalla oli puhetta aiheuttaako kiinni oleva säätöpelti melun vai puuttuuko ilmanvaihtoverkostosta äänenvaimennin. Mittauksien ulkopuolella säätöpelti avattiin ja tämä laski äänitasoa vähän, muttei kuitenkaan lähellekään asetusten tasoa. Luokka on alun perin rakennettu laboratoriotilaksi ja muutettu myöhemmin luokaksi. Ei ole tiedossa, milloin muutos on tehty, joten tuloksia verrataan rakennusaikaisiin ja nykyisiin rajoihin melutasoissa. Rakennusaikaan opetustiloille ei ollut määräystä melutasosta, minkä tekniset laitteet saavat aiheuttaa. Asuintiloissa korkeimmillaan taso oli 35 dB(A). Peltolan koulurakennuksen valmistusvuonna 1985 määräyksissä oli määritelty 35 dB(A) LVIS-laitteiden äänitasoksi. Nykyisissä asetuksissa äänitaso on pysynyt samana, joten vuoden 1985 määräyksen äänitaso on otettu mukaan kuvioon 13 vertailuarvoksi. Kuviossa 13 on mittauksissa todetut äänenvoimakkuudet ja lisäksi violetilla viivalla määräyksen sallima taso. Luokan äänitaso ylittää merkittävästi entiset, että nykyiset asetusten sallimat tasot. Luokan etuosassa opettajan pöydän ääressä äänitaso ylittyi 14 dB(A) ja takaosassa keskimäärin 19 dB(A). Äänitasomittauksien jälkeen ei ole mikään ihme, että luokkaa

kutsutaan "huminaluokaksi". Tältä osin käyttäjien kokemukset olivat yhteneviä mittauksien kanssa.



Kuvio 13. Luokan äänitaso verrattuna määräykseen.

Luokka on 47 neliömetrin suuruinen, ja rakennuksen suunnitteluajkaan jokaista neliötä kohden ulkoilmavirran tuli olla 3 l/s. Tämä tarkoittaisi 141 l/s ulkoilmavirtaa. Toisaalta alun perin luokka oli laboratoriksi suunniteltu ja tällöin neliötä kohden ilmavirran kuuluisi olla 4 l/s. Laboratoriokäytössä ulkoilmavirran olisi tullut olla 188 l/s. Nykyiset asetukset opetustilojen ilmanvaihdosta on 6 l/s henkilöä kohden tai 3 l/s neliometriä kohden. 25 oppilaalla ja yhdellä opettajalla tämä tarkoittaisi 156 l/s ja pinta-alan mukaan laskettuna 141 l/s. Pinta-alan mukaan mitoitettuna ilmavirran määrä ei ole muuttunut rakennusvuoden määräyksissä ja nykyisissä määräyksissä. Tuloilmaa luokkaan tuli mittauksissa 95 l/s ja toinen tuloilmanpäätelaitte oli säätöpelistä kiinni. Nykyinen tuloilmavirta on liian alhainen menneet, että nykyiset asetukset huomioon ottaen. Ilmavirtaa ei aikataulujen yhteensovituksen vuoksi saatu mitattu uudelleen säätöpellin avaamisen jälkeen, joten ei tiedetä, oliko toisesta päätelaitteesta tarkoitus tulla myös 95 l/s tuloilmaa kuten toisesta mitatusta päätelaitteesta. Tällöin tuloilmavirta olisi 190 l/s ja riittävä. Poistoilmaa luokasta lähti 178 l/s, mikä voisi viitata siihen, että tuloilmaa on suunniteltu tulevan enemmän. Mitatuilla arvoilla ilmanvaihto ei ole kuitenkaan riittävä. Luokan alipaineisuus tarkoittaa sitä, että

osa ilmasta tulee luokkaan hallitsemattomana vuotoilmana viereisistä tiloista ovien ja rakenteiden läpi.

## 8.2 Työhuone 1

Työhuoneella 1 koettiin ilmanlaatu heikoksi. Sinällään ei ole outoa, että ilmanvaihto koettiin puutteelliseksi, koska työhuoneessa ei ole yhtäkään tulo- tai poistoilman päätelaitetta. Huoneessa ei ole toisin sanoen ilmanvaihtoa, vaan kaikki ilman vaihtuminen tapahtuu ovien kautta viereisistä tiloista. Työhuone on aiemmin ollut suurempi, ja myöhemmin tila on jaettu kahtia. Tässä yhteydessä ei ole muutettu ilmanvaihtoa, joten ainut tuloilmanpätelaite on jäänyt seinän toiselle puolelle. Itse asiassa päätelaite oli osittain jäänyt seinän sisään. Työhuoneeseen olisi pitänyt tulla tuloilmaa vanhojen määräysten mukaan 15 l/s pinta-alan mukaan ja henkilömäärän mukaan tupakoimattomassa huoneessa 37,5 l/s. Uusien asetusten mukaan tuloilmaa kuuluisi tulla pinta-alan perusteella 38 l/s tai 30 l/s henkilömäärän mukaan.

Vaikka ilmanvaihto puuttui työhuoneesta 1, hiilidioksiditaso ei mittausten aikana noussut yli asetusten asettamien rajojen. Nykyisillä asetuksilla hiilidioksidin mitoitussarvo on 800 ppm suurempi kuin ulkoilman pitoisuus. Toimenpideraja on 1150 ppm suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus. Nämä tarkoittaisivat nykyisellä ulkoilman hiilidioksidipitoisuudella 420 ppm, että mitoitussarvo olisi 1220 ppm ja toimenpideraja 1570 ppm. Vuoden 1978 määräyksessä hiilidioksidiarvoksi oli määritetty 2500 ppm. Työhuoneessa mitatut korkeimmat hiilidioksidipitoisuudet olivat 759 ppm ja 678 ppm, eli työhuoneen hiilidioksidipitoisuus jäi paljon rajojen alapuolelle. Hiilidioksidia pidetään riittävän ilmanvaihdon ja ilmanlaadun mittarina, joten pelkän hiilidioksidipitoisuuden perusteella työhuoneella olisi riittävä ilmanvaihto ja sisäilmanlaatu on hyvä. Tämän perusteella käyttäjien kokemukset eivät saaneet mittauksista tukea, mutta kun otetaan huomioon ilmanvaihdon puute huoneessa, hiilidioksidi ei anna koko kuvaa tilanteesta.

Lämpötila koettiin vain yhdessä vastauksessa pieneksi ongelmaksi. Mitoitusarvo on nykyisissä asetuksissa 21 °C ja vanhoissa määräyksissä 20 °C. Kouluissa lämpötilan tulisi olla lämmityskaudella 20–26 °C ja lämmityskauden ulkopuolella 20–32 °C. Työhuoneella lämpötila pysyi hyvin rajojen sisällä. Mittauksissa lämpötila vaihteli 21,5–23,2 °C välillä. Asetusten valossa lämpötila on siis hyvin hallussa. Toki mittaus tehtiin alkusyksystä, jolloin harvoin on ongelmia lämpötilan kanssa sisätiloissa.

### 8.3 Työhuone 2

Työhuoneessa 2 koettiin ongelmaksi huono ilmanlaatu. Hiilidioksidimittauksessa saatiin toimenpiderajan ylittävä 1825 ppm mittaustulos, mutta tämä johtui huoneen käyttäjän puuttumisesta mittaukseen. Toki suuntaamalla uloshengitys suoraan mittariin saatiin hiilidioksidipitoisuus yli rajojen. Muuten mittaustulosten suurimmat arvot olivat 640 ppm ja 639 ppm, jotka jäävät mitoitus- ja toimenpiderajan alapuolelle. Koska hiilidioksidia pidetään ilmanlaadun mittarina, käyttäjän kokemus ilmanlaadusta ei saanut mittauksesta tukea. Lämpötila työhuoneessa 2 ei koettu ongelmaksi, mutta samalla mittarilla saatiin mitattua sekä hiilidioksidi, että lämpötila. Lämpötila pysyi toimenpiderajojen sisäpuolella ollen 20,5–23,1 °C.

Ilmavirtojen mittauksissa huone todettiin ylipaineiseksi, koska tuloilmaa huoneeseen tuli 70 l/s ja poistui 21 l/s. Työhuoneella ulkoilmavirran pitäisi nykyisten asetusten mukaan olla pinta-alan perusteella mitoitettaessa 38 l/s ja henkilömäärän perusteella mitoitettaessa 18 l/s. Rakennuksen suunnitteluaikeiden määräysten mukaan pinta-alaperusteisesti tuloilmaa pitäisi tulla 15 l/s tai henkilömäärän perusteella 23 l/s. Nykyinen tuloilmavirta ylittää mitoitusarvot reilusti. Suurimpaankin mitoitusarvoon verrattuna nykyinen ilmavirta on lähes kaksinkertainen. Mikäli huoneessa haluttaisiin ilmanvaihto tasapainoon, poistoilmaventtiileiden säätöjä pitäisi muuttaa. Nyt venttiilit oli kuristettu miinukselle. Ilmamäärien eikä hiilidioksidimittausten perusteella voidaan sanoa ilmanvaihtoa puutteelliseksi. Käyttäjän kokemukseen ei saatu

mittauksista tukea eikä syytä, miksi äänieristeovi pitäisi pitää auki ilmanvaihdon kannalta. Sairaspoissaolojen ja aikataulujen vuoksi ei saatu mitattua kontrolloitua mittausta äänieristeovi kiinni. Äänieristeovi on tiivis, joten se olisi estänyt paljon ilmavuotoa eteiseen ja sitä kautta muihin tiloihin. Eteisen ovet muihin tiloihin ovat normaaleja vanhoja ovia, joissa on alalaidassa rako oven ja lattian välillä. Ylipaineen aiheuttama vuotoilma poistuu todennäköisesti suurelta osin eteisen kautta viereisiin tiloihin. Mikäli äänieristeovi olisi kiinni, vuotoilman pitäisi löytää uusi reitti ulos.

## 9 Yhteenveto

Opinnäytetyön oli tarkoitus selvittää koulurakennuksen käyttäjien kokemuksia sisäympäristön ongelmista ja saadaanko mittauksilla tukea käyttäjien kokemuksiin. Opinnäytetyön aihe on ajankohtainen edelleen, vaikka sisäilmaongelmia kouluissa on tutkittu jo pitkään. Aihe tuli alun perin silloiselta opinnäytetyönohjaajalta, joka tiesi opinnäytetyön tekijän yhteyden koulumaailmaan. Taustana on ollut THL:n hanke Helsingin kouluissa, jossa selvitettiin oppilaiden ja vanhempien sisäympäristöön liittyvien kyselyvastausten ja rakennuksessa todettujen ongelmien yhteyttä eri tutkimuksissa. Tämän opinnäytetyön pohjalta saatiin selville osittain, miten käyttäjien kokemukset ja mittaustulokset yhtenevät ja eriävät. Tältä osin opinnäytetyö saavutti päämääränsä.

Tutkimuskohde löytyi helposti, koska opinnäytetyön tekijä oli itse töissä kyseisessä kohteessa tutkimusaikana. Kaupunki ja rakennuksen omistava tilapalvelut eivät halunneet olla mukana opinnäytetyön tekemisessä, mikä osiltaan vaikeutti asioita ja varsinkin taustojen selvittämistä. Heidän kieltonsa muuttaa mitään säätöjä mittauksissa esti muun muassa säätöpellin avaamisen, ja sitä kautta saatua tietoa, olisiko tuloilmaa saatu luokkaan enemmän toisen päätelaitteen kautta. Tilapalvelut eivät saaneet myöskään itse tietoa mittaustuloksista, vaikka siitä olisi ollut varmasti hyötyä heille. He eivät kuitenkaan halunneet tehdä yhteistyötä. Toki välillä on helpompaa olla tietämätön, koska silloin ei joudu korjaamaan ilmi tulleita ongelmia. Käyttäjät saavat tiedot tutkimustuloksista, ja he voivat halutessaan tiedottaa kaupunkia ja vaatia toimenpiteitä ongelmien korjaamiseksi. Ongelmien korjaaminen ei ollut opinnäytetyössä tavoitteena. Työpaikalla ihmiset olivat hyvin avuliaita ja sieltä löytyi muun muassa alkuperäinen ilmanvaihtosuunnitelma vuodelta 1983. Rakennus oli muuttunut sisätiloiltaan rakentamisen jälkeen, mutta sitä ei saatu selville, milloin muutokset oli tehty huoneisiin. Lähinnä tiloja oli jaettu pienempiin tiloihin alkuperäisestä.

Kyselytutkimuksen osallistujamäärää voidaan pitää hyvänä, koska vastauksia tuli 10. Työntekijöitä on rakennuksessa päivästä riippuen 10–15, joten muutama ei vastannut kyselyyn, mutta suurin osa vastasi. Vastausprosentti oli varmasti suurempi johtuen siitä, että opinnäytetyön tekijä oli osa työyhteisöä. Ketään ei kuitenkaan pakotettu vastaamaan kyselyyn, eikä kyselyn vastauksiin vaikutettu. Tältä osin kyselyn tulokset ovat päteviä. Kyselyn vastauksissa mainittiin useita tiloja, joista valittiin kolme tarkempaan tutkimukseen. Olisi ollut mielenkiintoista tutkia kaikki tilat, mutta resurssit pakottivat rajaamaan mittaukset.

Mittareista saatiin osa Peltolasta, mutta varsinkin hiilidioksidimittareiden löytäminen oli hieman vaikeaa. Lopulta kaksi hiilidioksidimittaria saatiin lainaksi yksityiseltä yritykseltä kahdeksi viikoksi. Ilmamäärän mittaukset tekivät ilmanvaihtoasentajaopiskelijat harjoitustyönä. Tästä hyötyivät sekä opiskelijat että opinnäytetyön tekijä. Ilmamäärien mittauksissa ei ollut mitään ongelmia, vaikka yllätyksiä tulikin mittaustuloksissa. Toki olisi mielenkiintoista tietää, paljon tuloilmaa jäi tulematta säätöpellin kiinniolon takia. Äänitasomittaus yhdessä tutkimuskohteessa sujui hyvin ja suunnitelmien mukaan. Muut mittaukset eivät sujuneet suunnitelmien mukaan johtuen sairastumisaallosta tutkimuskohteessa. Iso osa henkilökunnasta oli sairaslomalla suurimman osan vajaan kahden viikon mittausajasta, joten ei ollut järkevää käyttää sairastumisaallon aikana saatuja mittaustuloksia kuvaamaan normaalitilannetta. Tarkoitus oli sulkea ovet tutkittaviin tiloihin osaksi aikaa ja saada näin vertailevat mittaustulokset. Tätä ei kuitenkaan ehditty lopulta toteuttaa ennen mittareiden palautusta. Olisi mielenkiintoista saada selville, miten ovien kiinnipitäminen vaikuttaisi hiilidioksidipitoisuuksiin. Ihmisten vaikutus hiilidioksidipitoisuuteen oli jo nyt nähtävissä, joten ilmansiirtymistä rajoittamalla voisi vaikutus olla isompi. Mittaustuloksiin vaikutti myös erään tilan käyttäjän tahallinen toiminta yrittää vaikuttaa mittaustulokseen. Onneksi käyttäjä tuli itse ilmoittamaan toiminnastaan, joten hiilidioksidipiikeille löytyi selitys. Tämä pitäisi ottaa huomioon tulevissa mittauksissakin ja sulkea pois tarkastelusta poikkeavat arvot. Olisi mielenkiintoista tehdä myös laajemmat mittaukset tiloihin. Nyt saatiin tehtyä ne mittaukset, mitkä haluttiin tätä opinnäytetyötä varten toteuttaa. Osittain mittauksia piti valita sen mukaan, mitä mittareita oli saatavilla.

Käyttäjien kokemukset eivät kaikilta osin saaneet mittauksista tukea, mutta käyttäjien kokemuksia ei voi jättää huomioitta tutkittaessa ongelmia. Hiilidioksidia pidetään ilmanlaadun mittarina, mutta näissä mittauksissa hiilidioksiditaso ei noussut yli raja-arvojen. Yhden työhuoneen osalta kokemuksille ei saatu mitään tukea, mutta muissa tiloissa koetuille ongelmille saatiin mittauksista tukea. Toki työhuoneessakin tuli asetuksiin nähden liikaa tuloilmaa, mutta käyttäjät kokevat sen harvoin ongelmaksi, ellei ilmavirta aiheuta vedon tunnetta. Työhuoneessa on ylipaine, ja aukinainen tiivis äänieristeovi auttaa hallitsemaan vuotoilmaa etenemään eteisen kautta muihin tiloihin. Jokin aiheuttaa ensimmäisessä työhuoneessa tarpeen pitää ovi auki eteiseen, mutta tarkemmin se ei tässä tutkimuksessa selvinnyt.

Muista kahdesta tilasta löytyi suurempia ongelmia, joihin pitäisi puuttua. Toisesta työhuoneesta puuttui kokonaan ilmanvaihto, koska päätelaite oli jäänyt seinän toiselle puolelle. Toisin sanoen huonetta jaettaessa ei ollut osattu ottaa huomioon ilmanvaihtoa. Työhuone ilman ilmanvaihtoa on iso ongelma ja korjaus vaatisi ilmanvaihdon rakentamisen tilaan. Huoneen yläpuolella alakatossa menee kyllä viereisten tilojen ilmanvaihtokanavia, joten ratkaisu voisi löytyä läheltä. Ihmiset ovat mukautuvaisia ja ratkaisukeskeisiä, joten nyt työntekijät ovat ratkaisseet ilmanvaihdon ongelman pitämällä ovia auki takaosan tilaan ja käytävään. Viereisten tilojen kautta työhuoneeseenkin on saatu ilma vaihtumaan. Työhuoneen käyttäjät harvoin viettävät koko päivää työhuoneessa, mikä on ehkä auttanut ilmanvaihdon puutteen aiheuttamiin ongelmiin. Huonetta käyttävät henkilöt olivat tietoisia, ettei huoneessa ole ilmanvaihdon päälaitteita jo ennen tutkimusta, mutta he eivät olleet ilmoittaneet asiasta mihinkään. Sitä miksei he olleet ilmoittaneet ongelmasta aiemmin ei tiedetä.

Toinen iso ongelma löytyi luokahuoneesta. Mittauksia tehdessä paljastui, että toisesta tuloilman päätelaitteesta ei tullut ollenkaan ilmaa, sillä kanavan säätöpelti oli kiinni. Luokkaan tuleva tuloilmavirta oli liian pieni mittauksissa ja osasyllinen saattoi olla kiinni oleva suojapelti. On ihme, ettei kyselyssä tullut yhtään mainintaa, että luokassa olisi huono ilmanlaatu, tai ettei ilmanvaihto ole

riittävä. Luokka oli alipaineinen, ja sinne tuli liian vähän tuloilmaa ilmanvaihtokanavista. Puuttuva ilma tulee vuotoilmana. Oven kautta tuleva vuotoilma menee suoraan poistoilmakanavaan, sillä poistoilman päätelaitteet ovat heti oven edessä. Vuotoilmasta käytävän puolelta ei siis ole hyötyä luokassa oleskeleville ihmisille. Takaosan päätelaitteen ollessa kiinni, luokan ilma kiertää lähinnä luokan etuosassa, koska toimiva tuloilman päätelaite ja poistoilman päätelaitteet ovat luokan molemmat etuosassa. Luokassa ei ole avattavia ikkunoita, joten käyttäjät eivät saa hallittua niiden kautta itse tuloilmaa. Suuremmaksi ongelmaksi luokassa koettiin humina, joka mittauksissa todettiin paljon asetusten rajoja äänekkäämmäksi. Ehkä melu luokassa on vienyt huomion ilmanvaihdon puutteista. Melun lähde tulisi ehdottomasti selvittää ja ratkaista ongelma. Luokan käyttöä vältellään meluongelman takia, joten käytön kannalta olisi tärkeää saada luokka kuntoon. Melu häiritsee keskittymistä ja lisäksi puhuessa joutuu korottamaan ääntä, mikä rasittaa äänihuulia. Opettajat joutuvat työssään puhumaan paljon, joten ei ole hyvä joutua rasittamaan ääntään puhumalla yli talotekniikan aiheuttaman melun. Ongelmien selvittäminen ja ratkaisu on rakennuksen omistajan tehtävä.

Opinnäytetyö koski vain yhtä koulurakennusta ja lopulta rakennuksessa vain yhden osaston kolmea tilaa. Tutkimuksen otos oli pieni, mutta tutkimus antoi viitteitä, että ainakin tutkittavassa rakennuksessa todennäköisesti löytyisi muitakin ongelmia. Todennäköisesti myös muissa Peltolan rakennuksissa löytyisi samantyyppisiä ongelmia, koska ne on rakennettu samaan aikaan ja käyttö on ollut samantyyppistä. Varsinkin tiloja muutettaessa pitäisi ottaa huomioon ilmanvaihdon muutokset, jotta ilmanvaihto pysyy riittävänä. Yleistettävissä koko Suomen koulurakennuksiin on, että sisäympäristön ongelmia on useissa kouluissa ja tiloissa niiden sisällä. Peltolassa on muissa rakennuksissa tehty tarkempia sisäilmatutkimuksia ja niistä löytynyt ongelmia. On myös oppilaita, jotka eivät voi tulla sisään mihinkään Peltolan rakennuksista aikaisempien altistusten takia. Sisäympäristön ongelmat kouluissa vaikuttavat suureen ihmisjoukkoon, joten niihin pitäisi kiinnittää erityistä huomiota. Oppilaat ovat pääasiassa lapsia ja nuoria, joten heillä mahdolliset pitkäaikaisvaikutukset seuraavat pitkään elämässä.

Käyttäjät ovat arvokas tietolähde varsinkin alkuvaiheessa ongelmia. Monesti mahdollinen ongelma tulee tietoon, kun käyttäjältä tulee valitus aiheesta. Pitää myös muistaa, ettei asetusten mukainen sisäympäristö ole välttämättä käyttäjille mieluinen. Suunnittelussa tulisi ottaa käyttäjät huomioon, ja parhain lopputulos saadaan monesti, kun yhdistetään käyttäjät ja mittauksista saatava tieto.

Hulluutta opinnäytetyössä ei varsinaisesti tutkittu, eikä tämän pohjalta voi tehdä sen suhteen johtopäätöksiä eikä näin todeta ketään hulluksi.

## Lähteet

Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. 2007. Research Methods in Education. 6th Edition. Lontoo: RoutledgeFalmer.

Edita lakitieto Oy 2022. Kumotut. Viitattu 12.5.2024.  
<https://www.edilex.fi/rakentamismaaraykset/kumotut>.

Finvac 2019. Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa. Viitattu 12.5.2024. [https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Opas-ilmanvaihdon-mitoitukseen-muissa-kuin-asuinrakennuksissa\\_2019b-D9B578DC\\_66D4\\_44BC\\_B1AE\\_DCAB875D5907-144726.pdf](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Opas-ilmanvaihdon-mitoitukseen-muissa-kuin-asuinrakennuksissa_2019b-D9B578DC_66D4_44BC_B1AE_DCAB875D5907-144726.pdf).

Heikkilä, T. 2014. Tilastollinen tutkimus. Helsinki: Edita.

Hiesjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15th Edition. Hämeenlinna: Kariston kirjapaino Oy.

Ilmatieteenlaitos. Kasvihuonekaasujen pitoisuudet. Viitattu 27.4.2024.  
<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/kasvihuonekaasujen-pitoisuudet>.

Pöntinen, A. 2016. Melkein kaikissa kouluissa on sisäilmaongelmia – yleinen syy on liian kuiva ilma. Viitattu 16.5.2024. <https://yle.fi/a/3-8707039>.

RT 07-11299. 2018. SISÄILMASTOLUOKITUS 2018: Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Rakennustietosäätiö RTS sr. Viitattu 24.4.2024. <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.turkuamk.fi/api/content/24863#page=1>. Vaatii kirjautumisen.

Sandberg, E., Heinonen, J., Holmberg, R., Hyvärinen, K., Hänninen, R., Jokinen, L., Kauppila, K., Keinonen, P., Koivula, U., Koskela, H., Koskinen, E., Kosonen, R., Laine, T., Liljeström, K., Lönnström, J., Mustakallio, P., Mäkinen, P., Nykvist, A., Paasio, I., Pessi, P., Pettersson, H., Pihlajamaa, P., Railio, J., Rantama, M., Ripatti, H., Sahsten, T., Silvan, J., Sundman, T., Säteri, J., Tammivaara, H., Valkeapää, A. & Vuolle M. 2016. Ilmastointitekniikka osa 1: Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. 2. painos. Talotekniikka-Julkaisut Oy.

Salonen, H., Lappalainen, S., Lahtinen, M., Holopainen, R., Palomäki, E., Koskela, H., Backlund, P., Niemelä, R., Pasanen, A-L. & Reijula, K. 2011. Toimiston sisäilmaston tutkiminen. Helsinki: Työterveyslaitos

Savelieva, K., Elovainio, M., Lampi, J., Ung-Lanki, S. & Pekkanen, J. 2020. Psychosocial factors and indoor environmental quality in respiratory symptom reports of pupils: a cross-sectional study in Finnish schools. Viitattu 15.5.2024. <https://bmjopen.bmj.com/content/10/9/e036873.long>.

Savelieva, K., Marttila, T., Lampi, J., Ung-Lanki, S., Elovainio M. & Pekkanen J. 2019. Associations between indoor environmental quality in schools and symptom reporting in pupil-administered questionnaires. Viitattu 14.5.2024. [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6935098/pdf/12940\\_2019\\_Article\\_555.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6935098/pdf/12940_2019_Article_555.pdf).

Seppänen, O., Hausen, A., Hyvärinen, K., Heikkilä, P., Kappola, E., Kosonen, R., Oksanen, R., Railio, J., Ripatti, H., Saari, A., Tarvainen, K. & Vuolle, M. 2004. Ilmastoinnin suunnittelu. Suomen LVI-liitto. Talotekniikka-Julkaisut Oy.

Seppänen, O. & Seppänen, M. 2010. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. 5. painos. Espoo: SIY Sisäilmatieto Oy.

Seuri, M. & Palomäki, E. 2000. Haasteellinen sisäilma: Riskianalyysi sisäilmaongelmissa. Helsinki: Rakennustieto.

SFS 5907:2022. Rakennusten akustinen suunnittelu ja laatuluokitus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Sirate Group Oy 2020. Tutkimusraportti. Viitattu 3.10.2023. [https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/2020-10-26\\_peltolan\\_ammatti-instituutti\\_tutkimusraportti.pdf](https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/2020-10-26_peltolan_ammatti-instituutti_tutkimusraportti.pdf).

Sirate Group Oy 2022. Tutkimusraportti. Viitattu 3.10.2023. [https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/2022-01-28\\_peltolan\\_ammatti-instituutti\\_hiukkasmittaukset.pdf](https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/2022-01-28_peltolan_ammatti-instituutti_hiukkasmittaukset.pdf).

Sisäasiainministeriö 1975. Suomen rakentamismääräyskokoelma C1-4. 2.painos. Määräys annettu 12.11.1975. Viitattu 6.5.2024. [https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/C1\\_4\\_1976\\_78\\_fi.pdf](https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/C1_4_1976_78_fi.pdf).

Sisäasiainministeriö 1978. Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 – Rakennusten ilmanvaihto.2. painos. Määräys annettu 27.10.1978. Viitattu 6.5.2024. [https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/D3\\_1978\\_fi.pdf](https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/D3_1978_fi.pdf).

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden

pätevyysvaatimuksista. 545/2015. Asetus annettu 23.4.2015. Viitattu 24.4.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>.

Talotekniikkainfo. 2023. Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas. Talotekninen teollisuus ja kauppa ry. Viitattu 24.4.2024. <https://talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas>.

Terveyden ja hyvinvoinninlaitos, THL. 2023. Oppilaiden terveys ja sisäilma Helsingin peruskouluissa (HeKS). Viitattu 14.5.2024. <https://thl.fi/tutkimus-ja-kehittaminen/tutkimukset-ja-hankkeet/oppilaiden-terveys-ja-sisailma-helsingin-peruskouluissa-heks-?redirect=%252Ffi%252Ftutkimus-ja-kehittaminen%252Ftutkimukset-ja-hankkeet%252Ftutkimukset-ja-hankkeet-aiheittain%252Fymparistoterveys-tutkimukset-ja-hankkeet>.

Turun ammatti-instituutti 2008. TAln koulutalojen vaiheita Turussa. Viitattu 6.4.2022. [https://www.turkuai.fi/sites/default/files/atoms/files/kooste\\_ammattillisen\\_koul\\_vaiheista.pdf](https://www.turkuai.fi/sites/default/files/atoms/files/kooste_ammattillisen_koul_vaiheista.pdf).

Turun kaupunki 2020. LVI-suunnittelijan kelpoisuusvaatimukset. Viitattu 9.5.2024. [https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/lvi-suunnittelijan\\_kelpoisuusvaatimukset.pdf](https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/lvi-suunnittelijan_kelpoisuusvaatimukset.pdf).

Turun kaupunki 2023. Sisäilma. Viitattu 5.10.2023. <https://www.turku.fi/sisailma>.

Valtavaara, M. & Mölsä, S. 2017. Suomessa koulujen sisäilma on puhtaampaa, mutta oirehtivia ihmisiä on enemmän kuin muualla Euroopassa. Rakennuslehti. Viitattu 16.5.2024. <https://www.rakennuslehti.fi/2017/04/suomessa-koulujen-sisailma-on-puhtaampaa-mutta-oirehtivia-ihmisia-on-enemman-kuin-muualla-euroopassa/>.

Valtioneuvoston asetus rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä 214/2015. Asetus annettu 12.3.2015.

Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista 993/1992. Päätös annettu 29.10.1992. Viitattu 25.4.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19920993>.

Vertanen-Greis, H., Löyttyniemi, E. & Putus, T. 2019. Koulurakennusten sisäilmaongelmat rehtoreiden arvioimina ja niiden yhteys opettajien äänihäiriöihin. Teoksessa Ahola, M. & Merikari, A. (toim.) Sisäilmastoseminaari 2019. Sisäilmayhdistys ry, 335–339.

Ympäristöministeriö 1984. Suomen rakentamismääräyskokoelma C1 -  
Äänieristys määräykset 1985. Määräys annettu 18.10.1984. Viitattu 6.5.2024.  
[https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/C1\\_1985\\_fi.pdf](https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/C1_1985_fi.pdf).

Ympäristöministeriö 1978. Suomen rakentamismääräyskokoelma D3 –  
Rakennusten energiatalous. Määräys annettu 27.10.1978. Viitattu 6.5.2024.  
[https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/D3\\_1978\\_fi.pdf](https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/D3_1978_fi.pdf).

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017. Asetus  
annettu 24.11.2017. Viitattu 25.4.2024.  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170796>.

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä annetun  
ympäristöministeriön asetuksen 5 ja 6 §:n muuttamisesta 360/2019. Asetus  
annettu 22.3.2019. Viitattu 25.4.2024.  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190360>.

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja  
ilmanvaihdosta 1009/2017. Asetus annettu 20.12.2017. Viitattu 25.4.2024.  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009#Pidm46651396163680>.

Ympäristöministeriön ohje rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokista  
601/2015. Ohje annettu 12.3.2015.  
[https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Ymparistoministerion-ohje-rakentamisen-suunnittelutehtavien-vaativuusluokista-A7E116C5\\_7DAE\\_430D\\_8924\\_A6155D78B461-109187.pdf](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Ymparistoministerion-ohje-rakentamisen-suunnittelutehtavien-vaativuusluokista-A7E116C5_7DAE_430D_8924_A6155D78B461-109187.pdf).

# Kyselylomake

## Kysely työntekijöille C-rakennuksen ilmanvaihdosta

Kuinka monta tuntia viikossa keskimäärin vietät C-rakennuksessa? \_\_\_\_\_ h/vko

Oletko kokenut ongelmia C-rakennuksen ilmanvaihdossa tai ilmanlaadussa?  Kyllä  Ei

### Ongelma 1

Tila: \_\_\_\_\_

Ongelman kuvailu:

---

---

---

Kuinka häiritseväksi koet ongelman asteikolla 1-5 (5 hyvin häiritsevä, 1 hieman häiritsevä): \_\_\_\_\_

### Ongelma 2

Tila: \_\_\_\_\_

Ongelman kuvailu:

---

---

---

Kuinka häiritseväksi koet ongelman asteikolla 1-5 (5 hyvin häiritsevä, 1 hieman häiritsevä): \_\_\_\_\_

### Ongelma 3

Tila: \_\_\_\_\_

Ongelman kuvailu:

---

---

---

Kuinka häiritseväksi koet ongelman asteikolla 1-5 (5 hyvin häiritsevä, 1 hieman häiritsevä): \_\_\_\_\_

