



Miro Turunen

Päiväkodin ilmanvaihdon kuntotutkimus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari LVI (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Opinnäytetyö

10.4.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Miro Turunen
Otsikko: Päiväkodin ilmanvaihdon kuntotutkimus
Sivumäärä: 30 sivua
Aika: 10.4.2023

Tutkinto: rakennusmestari, LVI (AMK)
Tutkinto-ohjelma: rakennusalan työnjohto, LVI-tekniikka
Ammatillinen pääaine: LVI-tekniikka
Ohjaajat: lehtori Jyrki Viranko
ATP-Lukkari Oy Marko Lukkari

Tämä opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Asiantuntijapalvelut Lukkari Oy:n kanssa. Työn tavoitteena oli tutkia pääkaupunkiseudulla sijaitsevan päiväkotirakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän kuntoa. Tutkimuksen lähtökohtana oli käyttäjien palautteet huonosta sisäilmasta johtuvista oireiluista kiinteistön tiloissa.

Vanhassa päiväkotirakennuksessa tehtiin koko ilmanvaihtojärjestelmän kattavat tutkimukset, joiden perusteella on arvoitu järjestelmän kunto, käyttöikä ja korjaustarpeet. Työssä on muun tutkimuksen lisäksi pyritty selvittämään, aiheuttaako nykyisen ilmanvaihtojärjestelmän puutteet käyttäjien kuvailemia oireita. Tutkimus on tehty osana suurempia kuntotutkimuksia.

Työn lopputuloksena on tarkoitus esittää keskeisimmät puutteet ilmanvaihtojärjestelmässä sekä kustannustehokkaat korjaustoimenpiteet.

Avainsanat: kuntotutkimus, ilmanvaihto, sisäilma

Abstract

Author: Miro Turunen
Title: Ventilation Condition Survey in Day-care Centre
Number of Pages: 30 pages
Date: 10 April 2023

Degree: Bachelor of Construction Management
Degree Programme: Construction Site Management
Professional Major: HVAC Engineering
Supervisors: Jyrki Viranko, Senior Lecturer
Marko Lukkari, Managing Director

The objective of the final year project was to survey the condition of the ventilation system in an old day-care centre located in the Helsinki metropolitan area. The aim of the thesis was to present the key deficiencies in the ventilation system, as well as cost-effective repair measures.

The starting point for the project was the users experience of symptoms related to poor indoor air quality in the facility. A comprehensive study was conducted on the entire ventilation system in the day-care centre to assess its condition, lifespan, and repair needs of the ventilation system. In addition to the survey, efforts were made to determine whether deficiencies in the current ventilation system were causing the symptoms reported by users. The project was conducted as part of a larger building survey.

The result of the thesis was a comprehensive report of the current situation and renovation recommendations for the facility.

Keywords: condition survey, ventilation, indoor climate

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kohteen perustiedot ja tausta	2
2.1	Rakennuksen ja IVA-tekniikan perustiedot	2
2.2	Käytössä olleet asiakirjat ja muut tiedot	2
2.3	Käytössä olleet asiakirjat ja muut tiedot	3
3	IVA-kuntotutkimus	3
3.1	G3 Ilmanvaihtojärjestelmät	3
3.2	G31 Ilmastointikoneet	5
3.2.1	Tuloilmakoneen havainnot	5
3.2.2	Erillisten poistoilmakoneiden havainnot	13
3.3	G32 Ilmastointikoneeseen liittyvät osat	15
3.4	G33 Kanavistot	16
3.5	G34 Pääte-elimet	19
3.6	Mineraalivillalähteet ja muut epäpuhtauslähteet	22
3.7	Päätelmät G3	22
3.7.1	Ilmanvaihdon mitoituksen tarkastelu	22
3.7.2	Ilmanvaihtokoneet ja kammiorakenteet	23
3.7.3	Ilmastointikanavat	23
3.7.4	Pääte-elimet	24
3.7.5	Mineraalivilla ja muut epäpuhtauslähteet	24
3.8	J6 Rakennusautomaatiojärjestelmät	25
3.8.1	J62 Sääto- ja alakeskukset	25
3.8.2	Päätelmät J6	27
4	Yhteenveto ja toimenpide-ehdotukset	27
	Lähteet	30

Lyhenteet

IVA: Ilmanvaihto ja automaatio.

M1-luokka: M1-päästöluokitus. M1-luokitus asettaa tietyt raja-arvot materiaalien ja kalusteiden laatutasolle.

1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia pääkaupunkiseudulla sijaitsevan päiväkotirakennuksen ilmanvaihto- sekä siihen liittyvän automaatiojärjestelmän kunto ja korjaustarve. Kohteessa suoritettiin ilmanvaihdon kuntotutkimus keväällä 2021, jonka lähtökohtana oli päiväkodin työntekijöiden antama palaute sisäilman laadusta. Osalla työntekijöistä oli ilmennyt fyysisiä oireita, jotka viittasivat tavanomaisimpiin huonosta sisäilman laadusta johtuviin oireisiin. Yleisimpiä oireita ovat esimerkiksi allergia- ja iho-oireet, kuivat ja kutisevat silmät tai päänsärky (1). Tutkimus on tehty osana kattavia rakenne-, sisäilma- ja taloteknisiä tutkimuksia.

Päiväkoti on rakennettu vuonna 1984 ja on edelleen lähes alkuperäisessä kunnossa. 1980-luvun alussa on ollut voimassa Suomen rakentamismääräyskoelman osa (1978) Rakennusten ilmanvaihto, joka eroaa huomattavasti nykypäivän määräyksistä esimerkiksi ilmanvaihtuvuuden ja mitoituksen osalta.

Tutkimuksen tulokset ja toimenpide-ehdotukset perustuvat kohteessa suoritettuihin mittauksiin, kuten ilmamäärä- ja merkkisavumittauksiin. Tutkimuksessa tarkastellaan järjestelmiä teknisessä mielessä. Järjestelmien käyttöikä pyritään jatkamaan korjaustoimenpide-ehdotuksilla mahdollisimman kustannustehokkaasti.

Tutkimus käsittää kohteen tulo- ja poistoilmakoneiden teknisen tarkastuksen, ilmamäärien mittauksen palvelualueittain, ilmastointikanavien sisäpuolisen tarkastuksen visuaalisesti sekä pistokoeluentoisesti, ilmastointijärjestelmän epäpuhtauslähteiden kartoittamisen, ilman liikkumisen selvittämisen huonetiloissa ja rakennusautomaatiojärjestelmän toiminnan tarkastuksen. Lisäksi huonetiloissa mitataan tuloilman ja huoneen hetkellinen lämpötila.

Kuntotutkimuksen keskeisten tulosten mukaan päiväkodin ilmanvaihdon mitoitussilmamäärät paikoin jopa ylittävät rakentamisajankohdan vaatimukset.

Ilmanvaihtokoneiden kunto on teknisesti tyydyttävä tai välttävä. Ilmastointikanavat ja kanavavarusteet ovat teknisen tarkastuksen perusteella muutamaa isoa puutetta lukuun ottamatta kunnossa. Puutteet on esitelty tarkemmin raportilla. Tarkastetuille järjestelmille on tehty toimenpide-ehdotukset, jotka löytyvät raportin luvusta 4.

2 Kohteen perustiedot ja tausta

2.1 Rakennuksen ja IVA-tekniikan perustiedot

Alla on lueteltuna tutkimuskohteen perustiedot.

Rakennustyyppi:	Opetusrakennus, koulut, peruskoulu tai lukio
Rakennuksia:	2 kpl
Kerrosluku:	1 kpl
Tilavuus:	25 312 m ³
Bruttoala:	5 132 m ²
Rakennusvuosi:	1984
Peruskorjausvuosi:	-
Lämmitysjärjestelmä:	Kaukolämpö, vesikiertoinen patterilämmitys
Ilmanvaihtojärjestelmät:	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä, poistoilman lämmöntalteenotto
Rakennusautomaatiojärjestelmä:	Ilmanvaihdossa yksikkösäätimillä toteutettu rakennusautomaatiojärjestelmä

2.2 Käytössä olleet asiakirjat ja muut tiedot

Tutkimuksen yhteydessä oli käytössä ilmanvaihtojärjestelmien piirustukset vuosilta 1984 ja 1985. Kohteesta löytyneiden asiakirjojen mukaan kanavistot on nuohottu vuonna 2013.

2.3 Käytössä olleet asiakirjat ja muut tiedot

Alla on lueteltuna tutkimuksen apuna käytettyjä laitteistoja.

- Velocical TSI -monimittari TC9555 (ilmamäärät)
- HK Instrument PHM-V1 -venttiilimittari (ilmamäärät)
- Alnor LoFlow Balometer -huppumittari (ilmamäärät)
- HandFogger TINY CX -merkkisavulaite (ilman liikkeen mallinnus)
- Flir TG165 (hetkellinen lämpötila).

3 IVA-kuntotutkimus

3.1 G3 Ilmanvaihtojärjestelmät

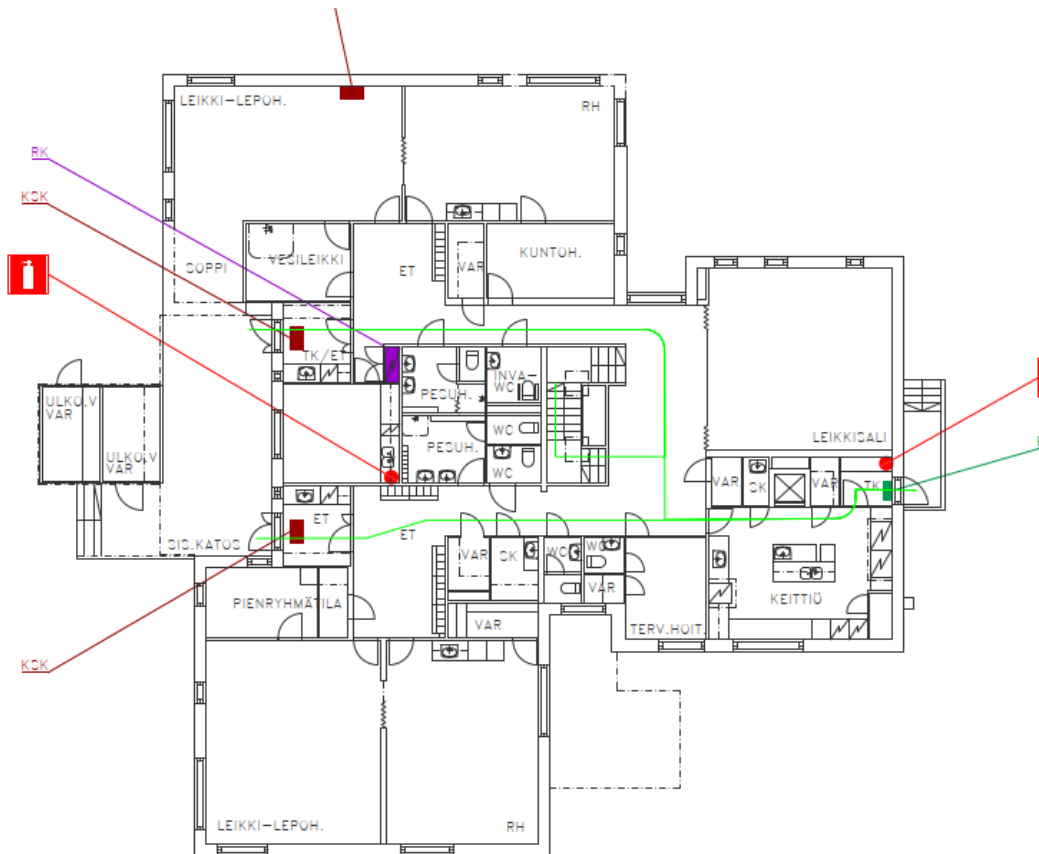
Tutkimuskohteen ilmanvaihto on toteutettu koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä. Tuloilmakone on niin sanottu pakettikone, joka on sijoitettu ensimmäisen kerroksen konehuoneeseen. Poistoilmakoneet ovat huippuimureita, jotka on sijoitettu vesikatolle. Ilmanjako on sekoittuva.

Sekoittavalla ilmanvaihdolla tarkoitetaan sitä, että tuloilma johdetaan tilaan vedottomasti tilan yläosasta riittävällä nopeudella. Oikein toimiva järjestelmä pyrkii tasoittamaan huoneen lämpötilaerot ja sekoittamaan epäpuhtaudet tasaisesti koko huonetilaan ja näin ollen parantaa tilan viihtyvyyttä. (2, s. 4.)

Ilmanvaihdon mitoituksen tarkastelu

Tutkimuskohteen ilmanvaihto on mitoitettu pistokoeluontoisen tarkastuksien sekä suunnitelmien (kuva 1) perusteella seuraavasti:

- Lepo- ja ryhmähuoneet noin $2,7 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$
- Toimisto- ja työhuoneet noin $2,3 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$



Kuva 1. Tutkimuskohteen pohjakuva

Rakentamisajankohtana voimassa olleen rakentamismääräyksen D2 1987 (3, s. 5) mukaiset ilmamäärät ovat olleet seuraavat:

- lepo- ja ryhmähuoneet $2,5 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$
- toimisto- ja työhuoneet $1,0 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$
- liikunta ja juhlasali $2,0 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$

Sisäilmastoluokitus 2018 S2-luokituksen (4, s. 16) mukainen ilmamäärämitoitus on seuraava:

- lepo- ja ryhmähuoneet $3,0 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$
- lepo- ja ryhmähuoneet (henkilömäärän mukaan) $8,0 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$
- toimisto- ja työhuoneet $1,0 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$

Tarkastettujen tilojen ilmamäärämitoitus vastaa ja ylittää neliöpohjaisen tarkastelun perusteella suunnitteluajankohdan mitoitusvaatimukset ja mahdollistaa tyydyttävät sisäilmaolosuhteet, mikäli järjestelmä toimii suunnitellusti. Sisäilmas-toluokituksen mukaisiin vertailuarvoihin nähden mitoitus jää vajaaksi noin 12 % lepo- ja ryhmähuoneiden osalta.

3.2 G31 Ilmastointikoneet

Konehuoneessa sijaitseva tuloilmakone TK1 (kuva 2) on vuodelta 1984 oleva FläktGroupin alkuperäinen pakettikone. Tuloilmakone on varustettu raitisil-masäleiköllä, raitisilmakammioilla, raitisilmapellillä, pussisuodatuksella, vesiläm-mityspatterilla, kiilahihnavetoisella puhaltimella sekä äänenvaimennuskam-miolla. Koneessa ei ole lämmöntalteenottoa. Tuloilmakonetta käsitellään tar-kiemmin kohdassa G32 ilmastointikoneeseen liittyvät osat.

Poistoilmakoneet ovat tavallisia huippuimureita, jotka sijaitsevat vesikatolla. Huippuimureita on käsitelty tarkemmin raportin kohdassa 3.2.2 - Erillisten pois-toilmakoneiden havainnot.

Seuraavissa alaluvuissa on esitetty muistiinpanot tutkimuskohteen ilmanvaihto-kojeista.

3.2.1 Tuloilmakoneen havainnot

Alla on lueteltuna muistiinpanot kohteen tuloilmakoneesta.

Raitisilmasäleikkö (kuva 3)

- likainen ja osittain tukossa (kuva 4).

Raitisilmakammio (kuva 5)

- alkuperäinen peltirakenteinen kammio
- kammion pohjalla lehtiä ja muuta likaa
- raitisilmakammion ja koneen yhdistävä rätki rispaantunut (kuva 6).

Raitisilmapelti

- Pelti sulkeutuu ja on tiivis.

Suodatinkammio (kuva 7)

- suodattimet F7
- suodattimet likaiset
- suodatinkehikon tiivisteet puuttuvat ja/tai hajonneet
- suodatinkammiossa likaa ja pieniä korroosiovaurioita
- suodatinvahti kalibroimatta.

Lämmityspatterin kammio (kuva 8)

- patteri kolhuilla ja lähes muurautunut umpeen liasta
- kammio likainen.

Puhallinkammio (kuva 9)

- puhaltimen moottorin lämpötila 35 °C
- moottorin laakerit, urapyörät ja hihan kunnossa
- puhaltimen akselissa vanhan hihna pala (kuva 10)
- puhaltimen siivissä likaa
- värinänvaimentimet kuolleentuneet
- kammiossa avonaisia kaapeliläpivientejä (kuva 11)
- kammion pohjalla likaa
- huoltoluukun lukot löysällä, tiivisteet kunnossa.

Äänenvaimennuskammio (kuva 12)

- seinämän reikäpellin ja villan välissä muovikalvo
- kammiossa avonaisia kaapeliläpivientejä
- kammion pohjalla likaa
- kammion jälkeisessä palo- ja äänieristetyistä kanavasta irronnut kanavan pala ja näkyvillä mineraalivillaa (kuva 13).



Kuva 2. Kohteen tuloilmakone



Kuva 3. Raitisilmasäleikkö



Kuva 4. Raitisilmasäleikössä roskia



Kuva 5. Raitisilmakammion pohjalla lehtiä



Kuva 6. Raitisilmakanavan ja koneen yhdistävä rähti rispaantunut



Kuva 7. Suodattimet ja suodatinkehikko



Kuva 8. Lämmityspatteri tukossa ja kolhuilla



Kuva 9. Puhallinkammio ja puhallin



Kuva 10. Vanha higna puhaltimen akselissa



Kuva 11. Kaapeliläpiviennit puhallinkammiossa



Kuva 12. Äänieristetty kammio



Kuva 13. Palo- ja äänieristetty kanava hajonnut

Koneen kokonaisilmamäärä on mitattu kanavista monipistemittauksena termoa-nemometrillä. Suunnitellut ja mitatut ilmamäärät on esitetty taulukossa 1. Mitatut ilmamäärät eivät vastaa suunniteltua, vaikka huomioitaisiin ympäristöministeriön oppaan mukainen sallittu poikkeama $\pm 10\%$ (5, 1009/2017. 4. luku 27. §). Tu-loilman lämpötilan mittausarvo oli tutkimushetkellä kanavamittauksen mukaan 20 °C ja asetusarvo $18,9\text{ °C}$.

Taulukko 1. Tuloilmakoneen ilmamäärät

Tuloilmakoneen ilmamäärämittaukset:			
Kone	Suunnitelmien mukainen ilmavirta 1/1-teholla [m³/s]	Mitatut ilmavirta [m³/s]	Poikkeama suunnitellun ja mitatun välillä
TF	1,758	1,470	-20 %

3.2.2 Erillisten poistoilmakoneiden havainnot

Päiväkodin poistoilmakoneet ovat sekä alkuperäisiä että uusittuja eri mallisia huippuimureita. Taulukossa 2 on esitetty päiväkotia palvelevat koneet palvelu-alueineen. Yleispoisto on alkuperäinen FläktGroupin huippuimuri. Keittiön ja wc-tilojen huippuimurit ovat uusittuja. Uusintavuodesta ei ole tietoja. Koneissa ei havaittu merkittäviä sivuääniä tai epätasapainoa. Koneet vaikuttivatkin olevan pääosin hyvässä kunnossa. (Kuvat 14 ja 15.)

Taulukko 2. Poistoilmakoneiden ilmamäärät

Poistoilmakone	Palvelualue	Suunnitelmien mukainen ilmavirta 1/1-teholla [m³/s]	Muuta huomioitavaa
PK1	Yleispoisto	-1,264	Alkuperäinen Fläktgroup HI
PK2	Keittiö	-0,320	Uusittu huippuimuri
PK3	WC	-0,102	Uusittu huippuimuri



Kuva 14. Vesikaton huippuimureita



Kuva 15. Vesikaton huippuimuri

3.3 G32 Ilmastointikoneeseen liittyvät osat

Tuloilmakoneen raitisilmasäleikkö sijaitsee IV-konehuoneen ulkoseinällä. Säleikkö on likainen, osittain tukossa lumesta ja lehdistä. Säleikön rakenne saattaa mahdollistaa veden ja lumen pääsyn ilmanvaihtokoneeseen. (kuvat 2 ja 3).

Raitisilmakammio on alkuperäinen ja peltirakenteinen kammio. Kammion pohjalla havaittiin runsaasti lehtiä ja muita ulkoilman epäpuhtauksia. Raitisilmapelti on alkuperäinen, mutta pellin moottori on uusittu. Pellin toiminnassa ei havaittu ongelmia, eikä peltiä tarvitse uusia ennen koneen uusintaa. Raitisilmakanavan ja IV-koneen yhdistävä rätti on hieman rikkoutunut. (kuvat 5 ja 6).

Tuloilmakoneen suodattimet ovat F7-luokan pussisuodattimia, mikä vastaa Sisäilmastoluokitus 2018 S2-luokan tasoa (4). Suodattimet olivat likaiset, eikä niitä ole todennäköisesti vaihdettu hetkeen. Suodattimien ja suodatinkehikoiden tiiveydessä on puutteita, koska kammioissa on runsaasti epäpuhtauksia. Suodatinkehikon tiivisteet puuttuvat tai ovat hajonneet, mikä mahdollistaa ohivirtausta. (Kuva 7.)

Lämmityspatteri on koneen ikäinen kuparialumiinilamellipatteri. Patterissa on havaittavissa runsaasti ulkoilman epäpuhtauksia, minkä vuoksi patteri on tukossa. Tukkiutunut patteri rajoittaa tuloilman virtaamista. Tuloilmakoneen lämmityspatterin kiertovesipumppu on uusittu Kolmeksin pumppu. Pumpussa ei havaittu sivuääniä tai vuotoja. Linjasäätö- ja sulkuventtiilit ovat uusittuja. Venttiilit on todennäköisesti säädetty, mutta säätökilvet puuttuvat. (Kuva 2 ja 8.)

Tuloilmakoneen puhaltimen moottorin lämpötila on mittauksen mukaan 35 °C. Moottorin laakerit, urapyörät ja hihnat ovat kunnossa. Puhaltimen akselissa on vanhan hihnan pala ja puhaltimen siivissä likaa. Tärinänvaimentimet hieman kuolleentuneet, mutta muuten kunnossa. Puhallinkammion kaapeliläpivienneissä on paljasta villapintaa ja kammion pohjalla paljon likaa. Puhallinkammion huoltoluukun lukot hieman löysät, mutta tiivisteet olivat kunnossa. (Kuvat 9, 10 ja 11.)

Tuloilmapuhaltimen jälkeinen äänenvaimennettu kammio on alkuperäinen peltirakenteinen kammio. Äänieristeenä kammiossa on mineraalivilla, jonka päällä on muovikalvo ja reikäpelti. Kammiossa on kuitenkin kaapeliläpivientejä, joissa paljasta villapintaa. Äänenvaimennuskammion jälkeen palo- tai äänieristetyssä kanavassa havaittiin hajonnut kanava sekä paljasta ja hajonnutta villapintaa. (Kuva 12.)

3.4 G33 Kanavistot

Kohteen ilmastointikanavat ovat tarkastuksien perusteella alkuperäisiä. Kanavat ovat kuumasinkitystä teräslevystä valmistettuja kierresaumaputkia ja kanttikana-
via, jotka on asennettu pääasiassa alakattojen yläpuolelle piiloon. Kanavien kanavaliitokset on tiivistetty kumirengastiivisteillä, kitillä ja tiivistenauhalla. Kanavissa ei havaittu visuaalisessa tarkastelussa merkkejä laajemmista kanavavuodoista, mutta mittausreikiä oli tulppaamatta alakattojen yläpuolella sekä pieniä vuotoja teipatuissa liitoksissa. Kanavistot on nuohottu huoltokirjan mukaan vuonna 2013. Tutkimustarkastuksissa havaittiin pientä pölykertymää niin tulo-, kuin poistokanavissakin. (Kuvat 16, 17 ja 19.)

Kohteessa ei suunnitelmien mukaan ole erillisiä kanavavaimentimia, vaan äänenvaimennuksena toimii ilmanvaihtokoneen jälkeinen ääni- ja paloeristetty kanava. Äänenvaimennuskanavasta havaittiin irronneen kanavan pala sekä osa villaeristeestä. Kanavan vauriosta voi mahdollisesti päästä mineraalivillakuituja puhtaan tuloilman sekaan. (Kuva 13.)

Säätöpeltejä on kanavahaaroissa alakattojen yläpuolella. Säätöpellit ovat alkuperäiset ja tarkastetuilta osin kunnossa. (Kuva 18.)

Mitoitustarkastelun perusteella nykyisistä runkokanavista voi olla mahdollista saada nykyisten asetusten ja suositusten mukaisia ilmamääriä. Olisi syytä kuitenkin tehdä varmistusmittaukset ja laskelmat ilman nopeuksille kanavistoissa asian vahvistamiseksi. Ilmamäärien nostaminen nykymääräysten tasolle vaatisi tarkastelun perusteella 10–20 %:n korotuksen ilmamääriin.



Kuva 16. Tulppaamaton mittareikä ja mineraalivillaa



Kuva 17. Tulppaamaton mittareikä



Kuva 18. Säätopeltejä



Kuva 19. Alakaton päällä, kuvassa takana ja kanavien alla villaa

3.5 G34 Pääte-elimet

Tulo- ja poistoilmaelimiä on sekä alkuperäisiä että uusittuja (kuva 20, 21 ja 22). Kohteen tuloilmaelimet ovat seinälle asennettuja virtaussäleikköjä ja kattoon asennettuja kattohajottajia. Tuloilmaelimien heittokuviota on mahdollista suunnata sivu- ja pystysuunnassa. Poistoilmaventtiilit ovat kartioventtiileitä. Kohteessa on myös siirtoilmasäleikköjä.

Kuntotutkimuksen yhteydessä ilmamääriä on mitattu tyyppihuonetoittain otokseksi. Huonetoissa ilman liikkumista on tarkasteltu merkkisavumittausten avulla (kuva 23). Lisäksi on arvioitu tilakohtaisesti pääte-elimien mahdollisia puutteita, ongelmia ja epäpuhtauslähteitä. Ilmamäärät on mitattu huppumittarilla pääte-elimiltä. Ympäristöministeriön asetuksen mukaan huonekohtaisesti hyväksytyt poikkeamat ilmajäätymisissä on $\pm 20\%$ (5, 1009/2017. 4. luku 27. §).

Merkkisavumittausten perusteella huonetojen huuhtoutuminen pääosin hyvää tai kohtuullista tasoa. Tilojen huuhtoutumiset on merkitty liitteessä oleviin tasokuvioihin. Päätelaitteet olisi hyvä suunnata siten, että tuloilmasuihku huuhtelee tasaisesti koko huoneen.

Huoneiden mitatut kokonaisilmamäärät vaihtelivat tiloittain ja jäivät lähes kaikissa mitatuissa tiloissa alle suunnitelman mukaisen tason. Erityisesti tuloilmamäärät ovat alhaiset, ja osassa mitatuista huoneista jäivät melkein 50 % vajaksi suunnitelluista ilmamääristä, kuten taulukossa 3 on esitetty. Alhainen tuloilman määrä johtuu ainakin osittain tuloilmakoneen tukkeutuneesta lämmityspatterista, ja tämän vuoksi kiinteistö on voimakkaasti alipaineinen.

Taulukko 3. Huonetilojen ilmamäärämittaukset

Huonetila	Suunnitelmien mukainen ilmavirta 1/1-nopeudella [dm ³ /s]	Mitattu ilmavirta [dm ³ /s]	Poikkeama suunnitellun ja mitatun välillä	Huonetila ilmamäärämittausten perusteella	Suunniteltu tulo- ja poistoilmamäärien ero (+=ylipaine; -=alipaine)	Mitattujen tulo- ja poistoilmamäärien ero (+=ylipaine; -=alipaine)
108 Leikki/lepo	91	46	-49 %	alipaineinen	0 %	-41 %
	-91	-65	-29 %			
109 Ryhmähuone	80	57	-29 %	alipaineinen	0 %	-14 %
	-80	-65	-19 %			
117 Ruoka / 118 Työ	97	52	-46 %	alipaineinen	23 %	-48 %
	-75	-77	3 %			
209 Leikki	98	54	-45 %	alipaineinen	0 %	-56 %
	-98	-84	-14 %			
211 Ryhmähuone	84	52	-38 %	alipaineinen	0 %	-31 %
	-84	-68	-19 %			
220 Leikki/lepo	91	56	-38 %	alipaineinen	0 %	-20 %
	-91	-67	-26 %			
222 Ryhmähuone	88	64	-27 %	alipaineinen	9 %	-11 %
	-80	-71	-11 %			
229 Leikki	90	50	-44 %	alipaineinen	0 %	-62 %
	-90	-81	-10 %			



Kuva 20. Yleiskuva venttiileistä



Kuva 21. Tuloilmaventtiili ilman säleikköä



Kuva 22. Likaa tuloilmaventtiilissä / kanavassa



Kuva 23. Merkkisavumittaukset

3.6 Mineraalivillalähteet ja muut epäpuhtauslähteet

Huonetilojen ja teknisten järjestelmien mahdollisia epäpuhtauslähteitä on tarkastettu visuaalisesti. Kohteesta havaittuja merkittävimpiä epäpuhtauden lähteitä ovat esimerkiksi puutteellinen suodatus ja avonaiset kaapeliläpiviennit tuuloilmakoneessa, eristetyn kanavan vaurio sekä tulppaamattomat mittareiat alakattojen yläpuolella.

3.7 Päätelmät G3

3.7.1 Ilmanvaihdon mitoituksen tarkastelu

Ilmanvaihdon mitoituksen tarkastelun perusteella suunnitellut ilmamäärät riittävät ja paikoin jopa ylittävät rakentamisajankohdan määräysten mukaiset

ilmamäärät. Suunnitelluilla ilmamäärillä on mahdollista saavuttaa hyvät sisäilmaolosuhteet, jos järjestelmä toimii suunnitellusti.

3.7.2 Ilmanvaihtokoneet ja kammiorakenteet

Tutkimusten ja havaintojen perusteella tuloilmakoneen tekninen kunto on välttämättä tasoa. Koneessa havaittiin teknisiä ja huollollisia puutteita sekä ikääntymisestä johtuvaa kulumista. Sisäilman laatua heikentävät erityisesti suodatinkehikon ohivirtaukset, jotka johtuvat puuttuvista tai hajonneista tiivisteistä. Ohivirtauksen vuoksi suodattamaton ulkoilma on tukkinut lämmityspatterin hyönteisillä pölyllä ja muilla ulkoilman epäpuhtauksilla. Oletettavasti tukkeutuneen patterin vuoksi ilmanvaihtokoneen kokonaisilmamäärät jäivät noin 20 % vajaaksi suunnitelluista ilmamääristä. Alhaisten tuloilmamäärien vuoksi tutkimuskohde on raskaasti alipaineinen.

Ilmanvaihtokoneelle ja oheislaitteille on suositeltavaa tehdä luvussa 4 eritelty kunnostus- ja korjaustoimenpiteet. Puutteiden korjaamisella voidaan parantaa sisäilman laatua ja toimintaa merkittävästi, kun ilmanvaihto saadaan toimimaan suunnitellusti ja turvallisesti. Puutteiden korjaaminen saattaa vaatia koneiden tai laitteiden kokonaisvaltaisen uusimisen.

3.7.3 Ilmastointikanavat

Tutkimuskohteen ilmastointikanavat ja kanavavarusteet ovat alkuperäisiä ja pääasiassa kunnossa, pois lukien kanavavaurio palo- ja äänieristetyssä kanavistossa. Vaurioitunut kanavisto mahdollistaa eristeenä käytetyn mineraalivillan kuitujen pääsyn tuloilmaan. Kanavistoissa havaittiin myös tulppaamattomia mitareikiä, mutta muilta osin kanavien tiiveys vaikutti olevan kunnossa.

Nykyisillä runkokanavilla voi olla mahdollista päästä nykypäivän määräysten mukaisiin ilmamääriin esimerkiksi ilmanvaihtokoneen uusinnan yhteydessä.

3.7.4 Pääte-elimet

Kohteen tulo- ja poistolaitteet ovat pääosin alkuperäisiä, pois lukien muutama uusittu päätelaite käytävillä. Seinään asennetuissa ritiläsäleventtiileissä ei ollut tasauslaatikoita, vaan liitos runkokanavaan on tehty suoraan kanttikanavaliitoksella. Huonetilat huuhtoutuivat pääasiassa hyvin alhaisesta tuloilman määrästä huolimatta.

Päätelaitteiden uusimisella ei ole nykyisen kaltaisessa järjestelmässä merkittävää vaikutusta, ja nykyiset päätelaitteet ovat tarkastetuin osin kunnossa. Tulo-laitteisiin olisi kuitenkin syytä lisätä tasauslaatikot muiden korjaustoimenpiteiden yhteydessä. Huonetilojen huuhtoutumista voisi parantaa ongelmakohtissa tuloilmalaitteiden suuntauksella. Lisäksi säätöpellit ja päätelaitteet tulee mitata ja säätää mahdollisten kunnostusten yhteydessä.

3.7.5 Mineraalivilla ja muut epäpuhtauslähteet

Teknisten järjestelmien ja huonetilojen mahdollisia epäpuhtauslähteitä on tarkasteltu visuaalisesti. Ilmanvaihtokoneen suodatinkehikossa on merkittävää ohivuotoa, mikä näkyy esimerkiksi koneen tukkeutuneessa lämmityspatterissa. Lisäksi ilmanvaihtokoneesta havaittiin tiivistämättömiä kaapeliläpivientejä, jotka ovat mahdollinen mineraalivillakuitujen lähde puhtaaseen tuloilmaan. Toinen merkittävä mineraalivillakuidun lähde löytyi palo- ja äänieristetyin kanavavaurion yhteydestä. Irronnut kanavan pala paljastaa hajonneen eristeen tuloilmakanavassa.

Lisäksi tukkeutunut lämmityspatteri rajoittaa tuloilmakoneen tuloilmamäärää, minkä takia kohde on raskaasti alipaineinen. Korkea alipaineisuus voi tuoda hallitsemattomasti ulkoilmaa rakenteiden läpi, tuoden samalla kosteutta ja epäpuhtauksia rakenteisiin sekä sisäilmaan (6, s. 11).

Mineraalivillakuidut sisäilmassa voivat aiheuttaa ärsytysoireita nenässä ja nielussa, sekä saattavat altistaa flunssalle ja tulehdussairauksille. Kuidut voivat aiheuttaa myös ihon ja silmien ärtymistä. (7)

Ulkoilman epäpuhtauksia ovat esimerkiksi liikenteestä tulevat saasteet, kuten häkä, hiilivedyt, noki, ja teollisuuden päästöistä voi tulla epämiellyttäviä hajuja. Lisäksi eloperäiset hiukkaset, kuten siitepöly, voivat aiheuttaa monilla allergisia oireita. (8)

3.8 J6 Rakennusautomaatiojärjestelmät

Tuloilmakoneen automaatiojärjestelmä on toteutettu paikallisella säätökeskuksella, joka on varustettu Oumanin säätimellä. Kohteen hälytyskeskus on uusittu vuonna 2016 ja on päällisin puolin kunnossa. Hälytykset ohjautuvat jatkohälytyksenä huoltoyhtiölle.

3.8.1 J62 Sääto- ja alakeskukset

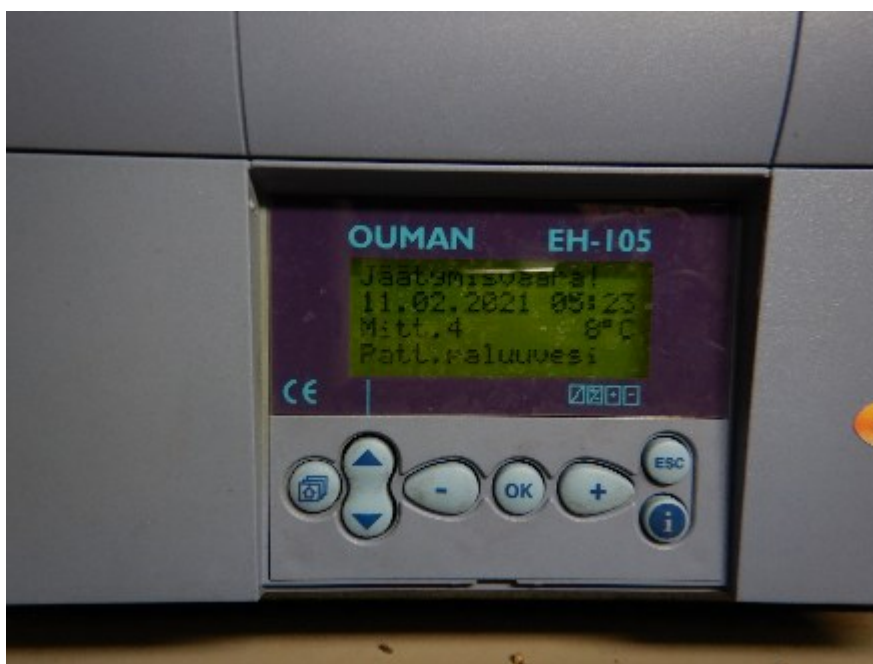
Kohteen ilmanvaihtokoneella on oma paikallinen säätökeskus ja säätimenä toimii Ouman EH-105. Säätokeskus on digitaalinen ja ohjelmoitava keskus. Säätokeskus on uusittu, mutta uusintavuodesta ei ole tietoa. (Kuva 24.)

Ilmanvaihtokoneelle on asetettu käyntiajat aikaohjelman mukaisesti arkisin ma–pe täydellä teholla klo 4.00–24.00. Kone on pienemmällä teholla klo 1.00–4.00. Viikonlopuille ei ole aikaohjelmaa, eli kone on todennäköisesti pois päältä.

Keskuksen säätöarvot vastasivat ilmanvaihtokoneesta mitattuja arvoja. Ensimmäisenä tutkimuspäivänä jäätymissuoja oli lauennut (kuva 25), mutta muina tutkimuspäivinä tätä ongelmaa ei havaittu. Säätokeskuksen yhteydessä ei ollut piirustuksia, eikä kaapeleita ollut merkitty.



Kuva 24. Säätokekus



Kuva 25. Lauennut jäätymissuoja

3.8.2 Päätelmät J6

Rakennusautomaatiojärjestelmän kunto ilmanvaihdon osalta vaikuttaa olevan pääosin kunnossa. Järjestelmä pystyy tarkastusmittausten perusteella pitämään säätöarvot haluttuina ja näin ollen toimii suunnitellusti. Järjestelmän voi tarpeen mukaan uusia muiden korjaustoimenpiteiden yhteydessä uudempaan järjestelmään.

4 Yhteenveto ja toimenpide-ehdotukset

Tässä luvussa on esitetty tutkimuksen keskeisimmät havainnot ja puutteet. Ehdotettujen korjaustoimenpiteiden järjestelmän käyttöikä pystyy jatkamaan kustannustehokkaasti ja ennen kaikkea turvallisesti.

Tuloilmakoneen huonosta ylläpidosta ja huollosta johtuen kone on pahasti vaurioitunut eikä toimi suunnitellulla tavalla. Ilmanvaihtokoneen ongelmat voivat olla yksi tekijä tutkimuskohteen sisäilmaongelmiin. Tuloilmakoneen vaihtamista uuteen kannattaa harkita. Nykyiseen ilmanvaihtokoneeseen suositellaan tehtäväksi seuraavat toimenpiteet:

- Raitisilmasäleikön ja -kammion puhdistus ulkoilman epäpuhtauksista sekä anturiläpivientien tiivistämiset M1-luokan massalla.
- Suodatinkehikon tiivisteiden korjaus ohivuodon korjaamiseksi sekä suodattimien vaihto.
- Lämmityspatterin vaihto tai perusteellinen puhdistus, jos mahdollista. Lämmitysverkoston venttiilien ja pumpun virtaamien tarkastus ja säätö. Säädöstä on tehtävä laitekilpi, joka kiinnitettävä venttiin läheisyyteen.
- Anturiläpivientien tiivistämiset M1-luokan tiivistysmassalla tuloilmakoneen kammioissa.

- Puhaltimen moottorin tarkastus ja puhdistus, mukaan lukien vanhan hihnan poisto puhaltimen akselin ympäriltä. Kiilahihnojen uusinta ja linjauksien varmistus.
- Huoltoluukkujen tiivisteiden ja lukkojen tarpeenmukainen vaihto.

Tuloilmakoneen jälkeisestä palo- ja äänieristetyistä tuloilmakanavasta löytyi merkittävä vaurio. Kanavasta on todennäköisesti nuohouksen yhteydessä irronnut kanavan pala, paljastaen eristeenä käytetyn mineraalivillan puhtaassa tuloilmakanavassa. Kuten raportissa aikaisemmin todettu, mineraalivilla voi aiheuttaa monenlaisia ongelmia sisäilmastossa. Muilta osin kohteen ilmanvaihtokanat olivat hyvässä kunnossa. Suositellut toimenpiteet ovat seuraavat:

- hajonneen palo- ja äänieristetyn kanavan korjaus
- mittareikien tulppaukset kanavistoissa.

Päätelaitteiden uusimisessa ei ole nykyisenkaltaisessa järjestelmässä merkittävää vaikutusta, ja nykyiset päätelaitteet ovat tarkastetuina osin kunnossa. Merkisivumittausten perusteella huoneet huuhtoutuvat vähäisiin tuloilmamääriin suhteutettuna jopa yllättävän hyvin. Suurempien korjaustoimenpiteiden yhteydessä voi harkita päätelaitteiden päivittämistä, esimerkiksi tasauslaatikoiden osalta. Huonetilojen huuhtoutumista voisi parantaa ongelmakohtissa tuloilmalaitteiden suuntauksella. Lisäksi säätöpellit ja päätelaitteet tulee mitata ja säätää mahdollisten korjaustoimenpiteiden yhteydessä. Suositellut toimenpiteet ovat seuraavat:

- Tuloilmalaitteiden tarpeenmukaiset suuntaukset tilojen riittävän huuhtoutumisen varmistamiseksi. Jos päätelaitetta ei saa suunnattua riittävän kattavasti, joudutaan päätelaite vaihtamaan.
- Päätelaitteiden tarpeenmukainen puhdistus.

- Huone- ja päätelaitekohtaiset ilmamäärät sekä painesuhteet säädettävä suunnitelmien mukaiselle tasolle. Huoneiden nykyisten ilmamäärien mitoitukset tarkastettava ja tarvittaessa päivitettävä vastaamaan nykypäivän määräyksiä.

Ilmanvaihtokoneiden automaatiojärjestelmän päivitystä tulisi harkita muiden korjaustoimenpiteiden yhteydessä. Jos järjestelmää ei päivitetä, se tulee tarkastaa ja säätää uudelleen, jotta voidaan varmistaa ilmanvaihdon suunnitelman mukainen toiminta. Automaatiojärjestelmässä ei havaittu välittömiä korjaustoimenpiteitä.

Käyttäjien kertomat oireilut vastaavat pitkälti kohteesta löydettyjen epäpuhtauslähteiden, kuten mineraalivillan aiheuttamia oireita. Tämän perusteella voisi todeta, että huonokuntoinen ilmanvaihtojärjestelmä on ainakin osittain vastuussa kohteen huonosta sisäilmasta. Alustavana ensiapuna sisäilman laadun parantamiseksi tulisi korjata raportissa esitetyt puutteet. Kannattaa kuitenkin ottaa huomioon, että rakennus on melkein 40 vuotta vanha, joten voisi olla myös taloudellisesti järkevämpää tehdä laajempi remontti. Todellinen tarve remontoinnille selvinnee muiden rakennusteknisten tutkimusten yhteydessä.

Lähteet

- 1 Sisäilmaoireet. 2008. Verkkoaineisto. Sisäilmayhdistys ry. <<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Terveysvaikutukset/Sisailmaoireet>> Luettu 2.1.2023.
- 2 Sisäilmastoseminaari 2013. Verkkoaineisto. Sisäilmayhdistys ry. <http://www.sisailmayhdistys.fi/wp-content/uploads/2013/06/13.3.13_-_guangyu_cao.pdf> 13.3.2013. Luettu 2.1.2023
- 3 Rakennusten ilmanvaihto. 1978 Helsinki. Suomen rakentamismääräyskoelma. Osa D2. Ympäristöministeriö.
- 4 Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. RT-ohjekortti 07-11299. Rakennustieto Oy.
- 5 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. 1009/2017. 20.12.2017.
- 6 Rakennusten paine-erojen mittausohje. 2019. Verkkoaineisto. A-Insinöörit. https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Rakennusten-paine-erojen-mittausohje-2019-10-11-7287C51D_EFAA_41F7_BCAC_7F81A18AAA4C-151430.pdf/df1a430e-554b-10d9-5a0f-2e2366165531/Rakennusten-paine-erojen-mittausohje-2019-10-11-7287C51D_EFAA_41F7_BCAC_7F81A18AAA4C-151430.pdf?t=1603260085078 14.9.2019. Luettu 15.1.2023.
- 7 Eri tekijöiden vaikutus oireisiin. Verkkoaineisto. Sisäilmayhdistys ry. <<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Terveysvaikutukset/Eri-tekijoiden-vaikutus-oireisiin>> Luettu 15.1.2023.
- 8 Epäpuhtaudet ja niiden torjunta. Verkkoaineisto. Sisäilmayhdistys ry. <<https://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Epapuhtaudet-ja-niiden-torjunta>> Luettu 15.1.2023.