

Sami Heikka

## **LIMINGAN TERVEYSKESKUKSEN IV-TEKNIIKAN HUOLTOSUUNNITELMA**

# LIMINGAN TERVEYSKESKUKSEN IV-TEKNIIKAN HUOLTOSUUNNITELMA

Sami Heikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2022  
Talotekniikka  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma

---

Tekijä: Sami Heikka

Opinnäytetyön nimi: Limingan terveyskeskuksen IV-tekniikan huoltosuunnitelma

Opinnäytetyön englanninkielinen nimi: Maintenance Plan for Ventilation and Air Conditioning at Liminka Health Center

Työn ohjaaja: Martti Rautiainen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2022

Sivumäärä: 33 + 12 liitettä

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä ilmanvaihdon kuntotutkimus ja huoltosuunnitelma Limingan terveyskeskukseen. Terveyskeskus on valmistunut vuonna 2014 ja valmistumisen jälkeen rakennuksen käyttäjiltä on tullut valituksia puutteellisesta ilmanvaihdosta.

Rakennuksen valmistumisesta oli kulunut 5 vuotta, minkä vuoksi ilmanvaihdon puhdistus- ja säätötyö toteutettiin joulukuussa 2020. IV-puhdistustyön yhteydessä havaittiin, että IV-kanavistoon täytyi asentaa lisää puhdistusluukkuja, korjata rikkoontuneita palopeltejä sekä asentaa lisää säätöpeltejä.

Ilmanvaihtoon liittyviä tutkimuksia ja mittauksia toteutettiin 2020–2021. Tutkimuksien alettua laadittiin ilmanvaihtokoneiden palvelualuekuvat IV-suunnitelmien perusteella.

Varsinaisissa tutkimuksissa selvitettiin rakennuksen alipaineisuuden aiheuttajat ja rikkoontuneet IV-järjestelmään kuuluvat laitteet. Näiden edellä mainittujen laitteiden korjauksista sovittiin tilaajan kanssa erikseen.

Työssä avattiin myös ilmanvaihdon huoltoon ja puhdistukseen liittyviä asioita, jotta rakennus pysyisi toimintakuntoisena ja käyttökelpoisena vielä pitkään. Työn lopussa on liitteenä ilmanvaihdon kunnossapidollisiin tehtäviin liittyvä huoltokirja.

---

Asiasanat: ilmanvaihdon kuntotutkimus, energiatehokkuus ja huoltosuunnitelma

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Services

---

Author: Sami Heikka

Title of thesis: Maintenance Plan for Ventilation and Air Conditioning at Liminka Health Center

Supervisor: Martti Rautiainen

Term and year when the thesis was submitted: spring 2022

Number of pages: 33 + 12 appendices

---

The aim of this thesis was to adjust ventilation and make a maintenance plan for Liminka Health Center. The Health Center has been completed in 2014. Since then, there have been complaints of inadequate ventilation from building users.

The clearance of ventilation was carried out after five years. The adjustment work was carried out in December 2020. During the air condition cleaning work, it was found that more cleaning hatches had to be installed to the ventilation duct, broken fire dampers had to be repaired, and more flow dampers installed.

Investigations and measurements of ventilation were carried out from 2020 to 2021. The service areas of ventilation machines were drawn up based on the ventilation plans. The source of vacuum in the building and the broken ventilation system devices were investigated. The repairs of these devices were agreed separately with the client.

Thesis also opens matters related to maintenance and cleaning of ventilation in order to make the building into operational condition and operational for a long time. Service book for ventilation related maintenance tasks is attached in the end of the thesis.

---

Keywords: air condition research, energy efficiency and maintenance plan

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	TERVEYSKESKUKSEN IV-KUNTOTUTKIMUS JA HUOLTOSUUNNITELMA .....	7
	2.1 Kiinteistön perustiedot .....	7
	2.2 Kohteen ilmanvaihdon yleiskuvaus .....	10
	2.3 Huoltosuunnitelma.....	11
3	ILMANVAIHTO .....	12
	3.1 IV-kuntotutkimuksen käynnistyminen .....	12
	3.2 IV-kuntotutkimuksen kohteet .....	13
	3.3 IV-kuntotutkimuksen suorittaminen .....	14
	3.4 IV-kuntotutkimuksen tulokset.....	18
4	RAKENNUKSEN JA ILMANVAIHDON ENERGIA TEHOKKUUS.....	22
	4.1 Lämmitysenergian muodostuminen rakennuksissa .....	22
	4.2 Rakennuksen energian kulutuksen laskenta .....	23
	4.3 Ilmanvaihdon energiankulutuksen laskenta.....	24
	4.4 Ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho ja sähkönkulutus.....	26
5	ILMANVAIHDON HUOLTOSUUNNITELMA.....	29
	5.1 Tehdyt korjaukset ja huoltotoimenpiteet .....	29
	5.2 Tulevat korjaukset ja huoltotoimenpiteet .....	31
	5.3 Huoltosuunnitelma.....	31
6	YHTEENVETO .....	32
	LÄHTEET.....	33
	Liite 1 Liitteen nimi	
	Liite 2 Liitteen nimi	

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimii Limingan kunta ja työn tarkoituksena oli tehdä IV-kuntotutkimus Limingan terveyskeskukseen. Opinnäytetyössä selvitetään ja avataan myös IV-laitteistoihin liittyviä vuosihuoltoja ja kunnossapitoa.

Terveyskeskus on valmistunut vuonna 2014. Rakennuksen sisäilmaluokka on S2. Terveyskeskuksen valmistumisen jälkeen kiinteistön käyttäjiltä on tullut valituksia puutteellisesta ilmanvaihdosta, hajuhaitoista sekä vaihtelevista lämpötiloista. Näitä ongelmia opinnäytetyön aikana selvitettiin. Rakennuksen sisätiloissa lämpötilat nousivat korkeiksi varsinkin kesällä, vaikka kiinteistö on varustettu tehokkaalla ilmastoinnilla.

Selvitysvaihe käynnistyi terveyskeskuksessa maaliskuussa 2020, jolloin tutustuttiin kiinteistön LVI-suunnitelmiin. Kiinteistön käyttäjille järjestettiin tuolloin myös infotilaisuus. Käyttäjäkyselykaavakkeet oli lähetetty käyttäjille syksyllä 2019. Kyselyiden analysointi ja käyttäjien haastattelut toteutettiin paikan päällä kohteessa kesä-heinäkuussa 2020. Rakennuksen valmistumisesta oli kulunut 5 vuotta, joten myös IV-kanavien puhdistus ja säätötyö olivat ajankohtaisia.

Tutkimustyötä toteutettiin 2020–2021 ja tarkastelun kohteena oli ilmanvaihtoon liittyvät tutkimukset sekä tarvittavat paine-eromittaukset rakennuksen vaipan yli. Freesi-sisäilmapalvelu oli asentanut tiloihin paine-eromittarit, joiden mukaan tiloissa ilmeni toistuvasti alipaineisuutta. Alipaineisuuden sallittu raja-arvo on  $-16$  Pa. Tutkimustyön helpottamiseksi ilmanvaihtosuunnitelmien perusteella laadittiin IV-koneiden palvelualueista kuvat, joiden avulla voitiin paikantaa minkä IV-koneen vaikutusalueella aina kyseinen tutkittava tila oli. Alkuvaiheessa oli jo nähtävissä, että kyseinen kohde on todella monimutkainen ja haasteellinen ilmanvaihdon säädön näkökulmasta, koska eri tiloissa on useiden iv-koneiden palvelualueita. IV-kanavien puhdistus ja säätötyö toteutettiin talven 2020–2021 aikana.

## 2 TERVEYSKESKUKSEN IV-KUNTOTUTKIMUS JA HUOLTOSUUNNITELMA

LVI-kuntotutkimuksen käynnistyessä tutkimuksen laatimisen apuna käytettiin seuraavia ohjekortteja:

1. Yleisohjeet kuntotutkimuksen suorittajalle ja tilaajalle. 2016. Suomen LVI-liitto.
2. LVI 05-10440. 2018. Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset.
3. LVV-kuntotutkimusopas 2013. Opas lämmitys-, vesi- ja viemäriverkostojen kuntotutkimuksiin. 2013. Suomen LVI-Liitto.

Terveyskeskuksen sisäilmastoluokka on S2, jonka mukaiset ilmapirrat löytyvät sisäilmastoluokituksesta 2018.

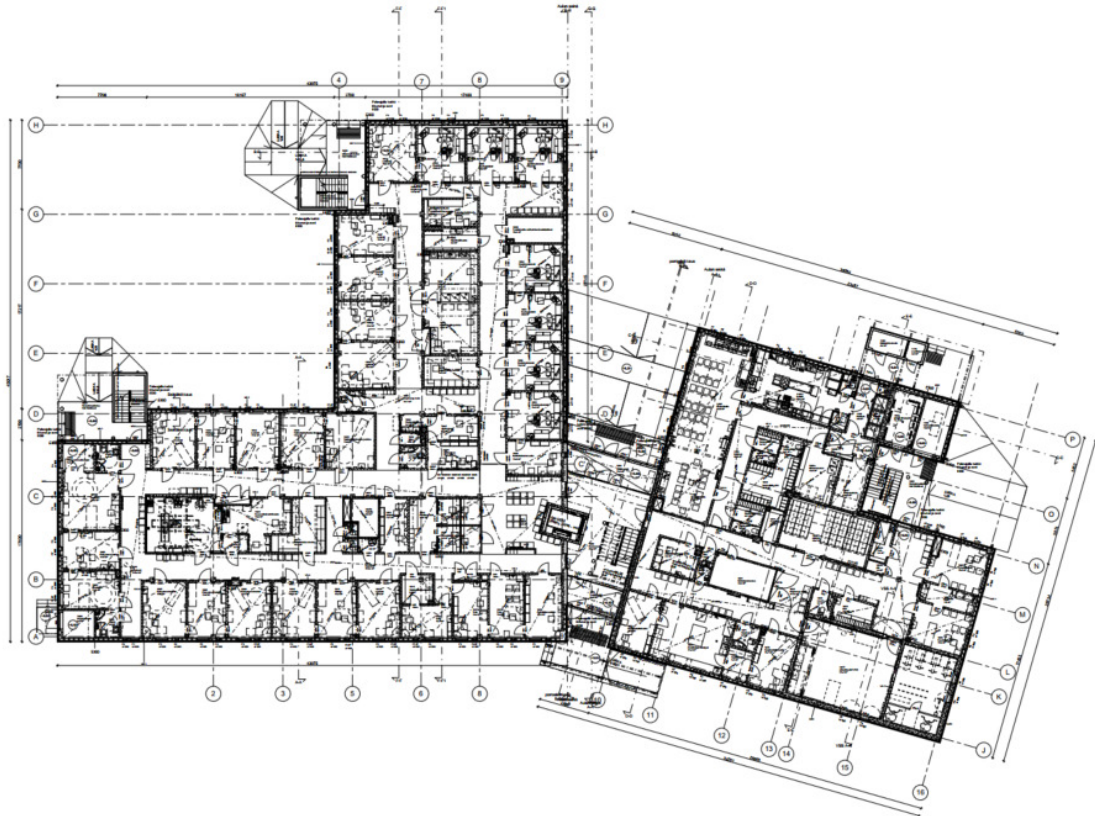
### 2.1 Kiinteistön perustiedot

Terveyskeskus rakennettiin vuonna 2014 entisen terveystalon kanssa samalle tontille. Uuden terveystalon valmistuttua entinen purettiin ja sen tilalle tuli parkkipaikka. Kiinteistön osoite on Tupoksentie 4, 91900 Liminka. Rakennuksen kerrosala on 4307 m<sup>2</sup> ja bruttoala 4668 m<sup>2</sup>. Uuden terveystaloon sijoitettiin perusterveydenhuollon vastaanottotilat, suun terveydenhuollon tilat, laboratorio, röntgen, 28-paikkainen vuodeosasto, sekä mielenterveystoimisto, sosiaali-, ja neuvolapalvelut (kuva 1). Rakennuttajana toimi Limingan kunta.

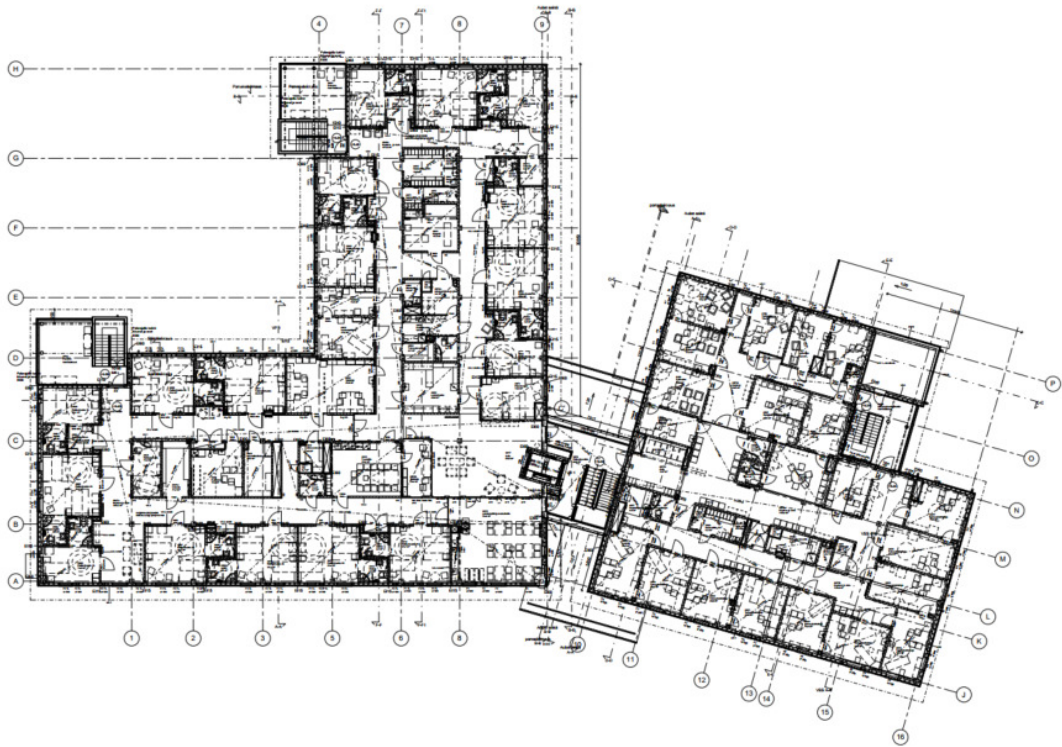


*KUVA 1 Limingan terveyskeskus*

Rakennuksessa on yhteensä kolme kerrosta. Ilmanvaihtokonehuoneet ja lämmönjakohuone on sijoitettu 3 kerrokseen. Runkomateriaali rakennuksessa on betoni ja ulkoverhous puu-ulkoverhous. Vesikaton pintamateriaali on huopa. Alapohja on tuulettuva ja varustettu ilmanvaihdolla. (Kuva 2; kuva 3.)



*KUVA 2 Limingan terveystakeskuksen pohjapiirustus 1. krs*



*KUVA 3 Limingan terveystakeskuksen pohjapiirustus 2. krs*

## **2.2 Kohteen ilmanvaihdon yleiskuvaus**

Kiinteistössä on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto matalapainejärjestelmänä. Ilmastoinnissa on lämmön talteenotto, jonka valmistaja Retermia Oy. Mitoitus on tehty Suomen rakentamismääräyskokoelman D2 ja Sisäilmastoluokitus 2008 ohjeiden mukaan. Mitoituksessa on käytetty sisäilma-luokkaa S2. Kaikissa ilmastointikoneissa on lämmöntalteenotto ja taajuusmuuttajilla toteutettu il-mamääräsäätö.

### **Ilmanvaihdon säätö**

Ilmanvaihtourakoitsija on suorittanut ilmanvaihdon säädön siten, että ilmamäärät on saavutettu +/- 10 %:n tarkkuudella. Ilmamäärien mittauksista on toimitettu rakennuttajalle mittauspöytäkirjat luovutuspäivään mennessä.

### **Puhaltimet**

Puhaltimet ovat sinkittyä terästä. Kierroslukusäätöisten puhaltimien moottorit on varustettu käämi-tyksen termistorisuojuilla. Tulo- ja poistoilmakoneisiin liittyvät puhaltimet on varustettu paine-ero ja ilmamäärämittareilla.

### **Lämmöntalteenotto**

Tuloilmakoneisiin on asennettu Retermia Oy:n neulaputkipatterit tulo- ja poistoilmapuolelle. Huip-puimureiden neulaputkipatterit on asennettu vesikatolle. Ilmanvaihdon poistoilmasta lämpö otetaan talteen glykolipatterilla tuloilman esilämmitykseen. Lämmöntalteenottoverkosto on täytetty 40-pro-senttisellä etyleeniglykolilla.

### **Säätöpellit**

Pyöreiden kanavien säätöpellit ovat iirispeltejä ja suorakaidekanavien säätöpellit sälepeltejä.

## Palopellit

Palonrajoittimet täyttävät Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E7 ohjeet. Palopellin paloneristysluokan täytyy olla osastoivan rakenteen mukainen. Palopellin sulkeutumisesta on saatava sähköinen viesti.

### 2.3 Huoltosuunnitelma

Lähtökohtana Limingan kunnalla oli tarve kehittää kiinteistöjen huoltoa ja korjauksia. Suunnitelmallisella kiinteistöhuollolla ja ennakkoinnilla voidaan pitää kiinteistö toimintakuntoisena, parantaa käyttäjien viihtyvyyttä sekä säilyttää kiinteistön arvo. Huoltokirja on tärkeä apuväline kiinteistön suunnitelmallisessa ylläpidossa. Huoltokirjalla tarkoitetaan kiinteistökohtaista asiakirjakokonaisuutta, joka sisältää kiinteistön perustietojen lisäksi kiinteistön ylläpidon ohjeet, tavoitteet ja seurantatiedot.

Kiinteistön ylläpitoon kuuluu kahdentyyppistä toimintaa: kiinteistöhoitoa ja kunnossapitoa. Kiinteistöä tulee ylläpitää, huoltaa ja korjata säännöllisesti sen kunnon, käyttöominaisuuksien ja arvon säilyttämiseksi. Kiinteistöhoito on säännöllistä toimintaa, jolla pidetään kiinteistön olosuhteet halutulla tasolla. Se sisältää kiinteistöhuollon ja teknisten järjestelmien hoidon, viallisten kohteiden korjaamisen, siivouksen, jätehuollon ja ulkoalueiden hoidon. Kunnossapitoa on kiinteistön ominaisuuksien säilyttäminen joko uusimalla tai korjaamalla vialliset ja kuluneet osat siten, että kohteen suhteellinen laatutaso ei olennaisesti muutu. Kiinteistön ylläpitoon kuuluu rakennuksen kunnon jatkuva seuranta ja korjaustarpeiden selvittäminen. Korjaustarpeiden selvittämiseksi ja korjaussuunnitelmien laatimisen avuksi on kehitetty erilaisia kuntoarviointi- ja kuntotutkimusmenetelmiä. (1.)

Pitkän tähtäimen suunnitelman eli (PTS-suunnitelman) tavoitteita ovat seuraavat:

1. varmistaa käyttäjille terveellinen ja viihtyisä ympäristö
2. kiinteistön arvon säilyttäminen
3. rakennuksen vaurioiden tunnistus ja korjaus
4. optimoida kustannukset ennakkoinnilla
5. turvata tilojen tehokas toiminnallisuus.

## 3 ILMANVAIHTO

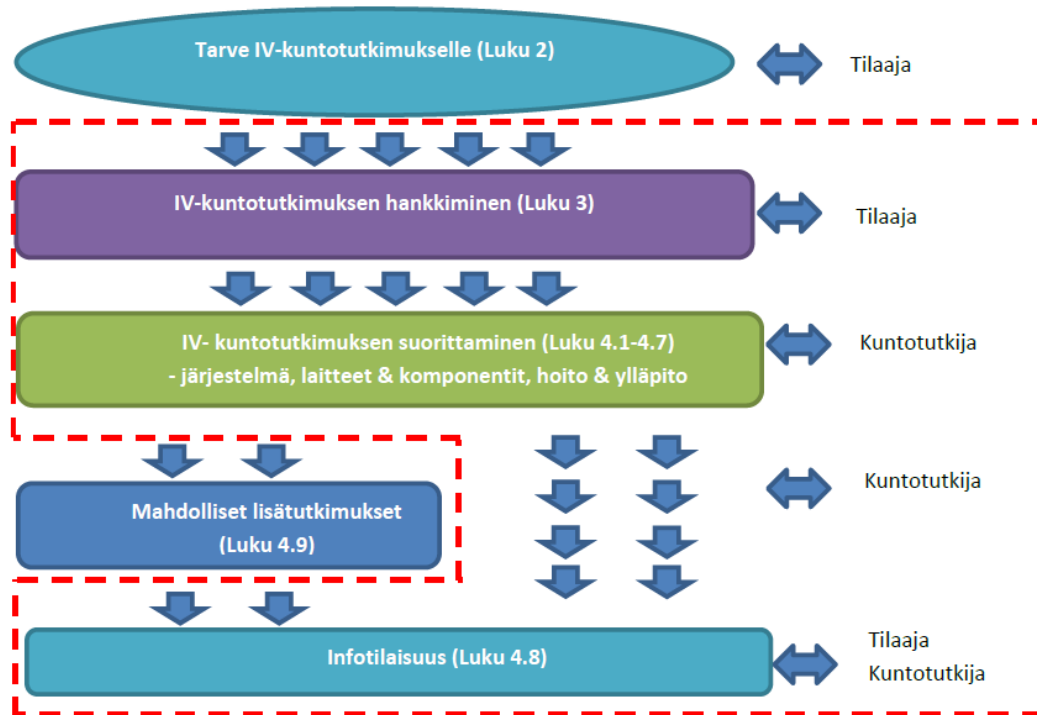
### 3.1 IV-kuntotutkimuksen käynnistyminen

Vaiheittainen sisäilmastoselvitys alkaa rakennuksen kunnossapidosta vastaavien, omistajien ja/tai käyttäjien tekemällä rakennuksen toimintojen selvityksellä (kuva 4.) Selvityksen ensi vaiheessa pyritään vastaamaan kahteen kysymykseen:

- Onko rakennus tai tila siinä käyttötarkoituksessa, johon se on suunniteltu?
- Käytetäänkö talotekniikkaa (ilmanvaihto ja lämmitys) ja tilaa suunnitellusti?

Ennen paikan päällä tehtäviä tutkimuksia hankitaan rakennuksesta tarvittavat taustatiedot ja asiakirjat:

- rakennuksen taustatiedot
- koko
- rakentamis- ja peruskorjausvuodet
- rakenteet
- ilmanvaihtotapa, vyöhykejako ja käyttöajat
- ilmanvaihdon säätöpeltien ja muiden toimilaitteiden tekniset tiedot
- lämmönjakotapa
- käyttäjätiedot (työntekijämäärät, oppilasmäärät, lapsiryhmien koot, jne.)
- rakennuksen kuntoon liittyvät tiedot
- tehdyt selvitykset
- tehdyt ja suunnitellut korjaukset
- ilmanvaihtoja lämmitysjärjestelmän perussäädöt
- kanavistojen ja ilmanvaihtolaitteiston puhdistukset
- ilmanvaihtosuodattimien vaihdot
- tiedossa olevat ongelmat.



KUVA 4 IV-kuntotutkimuksen vaiheet (varsinaisen IV-kuntotutkimuksen vaiheet ovat punaisen katkoviivan sisällä) (1.)

### 3.2 IV-kuntotutkimuksen kohteet

Rakennuksessa on viisi erillistä ilmanvaihtojärjestelmää (pääkoneet). Lisäksi IV-koneiden vaikutusalueilla on yksittäisiä kohdepoistohuuvia sekä vakioilmastointikoje. Alapohjan tuuletus ja kuivaus on toteutettu omalla erillisellä järjestelmällä, joka on ns. irrallaan muun rakennuksen toiminnasta. Alapohjan kuivain kierrättää/käsittelee samaa ilmaa. Tuuletus on toteutettu poistopuhaltimella ja korvausilmareiteillä rakennuksen ulkoseinän läpi.

Rakennuksen kolme suurinta konetta (TK1, TK2 ja TK3) ottavat raittiin ilman kiinteistöön samasta raitisilmakammioista. Tämä kammio sijaitsee rakennuksen IV-konehuoneessa, joka on kolmannessa kerroksessa. Kammio on varustettu Retermian LTO-neulapattereilla, joita on 3 kpl. Keittiön

ja porrashuoneen ilmanvaihtokoneille on omat raitisilmakammiot/kanavat. Pääosin koneita ohjataan vakiopaineella, jota puhaltimet pitävät yllä. Rakennuksessa on ollut ongelmia alipaineisuuden kanssa useampia vuosia. Ongelmia on pyritty ratkomaan ilmamäärien mittauksella ja säädöllä sekä kokonaisilmamäärien tasapainottamisella, jota on pyritty todentamaan ulkovuoren ylitse tehtävällä paine-eromittauksella.

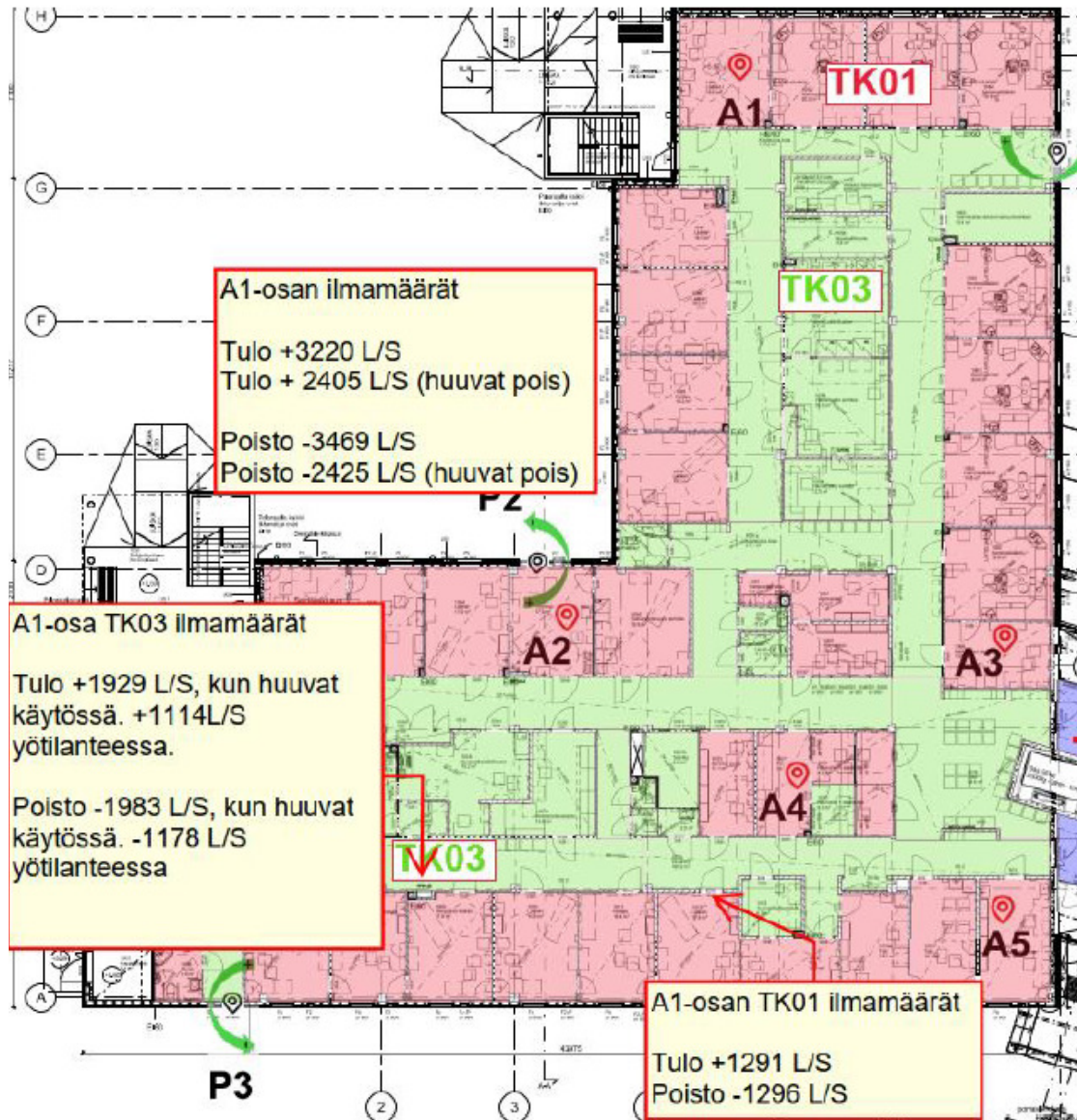
### **3.3 IV-kuntotutkimuksen suorittaminen**

Tutkimuksen aluksi laadittiin IV-koneiden palvelualuekuvat kerroksiin 1–2. Näin voitiin tilakohtaisesti nähdä minkä IV-koneen takana kyseinen tutkittava tila aina kulloinkin oli. Palvelualueet määriteltiin alkuperäisten IV-suunnitelmien (2014) perusteella. Rakennukseen oli asennettu aiemmin Freesi-sisäilmapalvelun mittausantureita ja niistä saatiin ajantasaista tietoa paine-eroista. Freesi-sisäilmapalvelun kautta voitiin seurata painesuhteiden tilannetta ja havaittiin että, useissa tiloissa ilmeni toistuvasti voimakasta alipaineisuutta. Paine-eron sallittu raja-arvo on –16 Pa. Alipaineisiin tiloihin tehtiin ensin vielä varmistuksena paine-erojen tarkistusmittaukset, joista voitiin myös todeta alipaineisuus todelliseksi.

Seuraavaksi tarkistettiin IV-suunnitelmista suunnitteluilmavirrat ja rakennuksen valmistumisen (2014) yhteydessä toimitetut IV:n mittauspöytäkirjat. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus sekä ilmamäärien mittaus ja säätö on toteutettu joulukuussa 2020, ja urakan valmistumisen jälkeen on todettu, että rakennuksen painesuhteet eivät korjaantuneet tässä yhteydessä, vaikka ilmamäärien säätöön kiinnitettiin suurta huomiota. Mittauksen ja säädön jälkeen todettiin rakennuksen olevan 15–45 Pa alipaineinen. Alipaineisuus vaihteli ulko-olosuhteiden ja ajankohdan mukaan. Voimakaimmat alipaineisuudet muodostuivat rakennusosille B1 ja A1.

Rakennusosassa A1 ilmamäärät on suunniteltu ~8 % alipaineiseksi (249 l/s). Rakennusosalla TK03-ilmanvaihtokoneella on toteutettu ilmamäärien kompensointia käyttöaikojen mukaan, joka vaikuttaa osaston ilmamäärään (Kuva 5.)

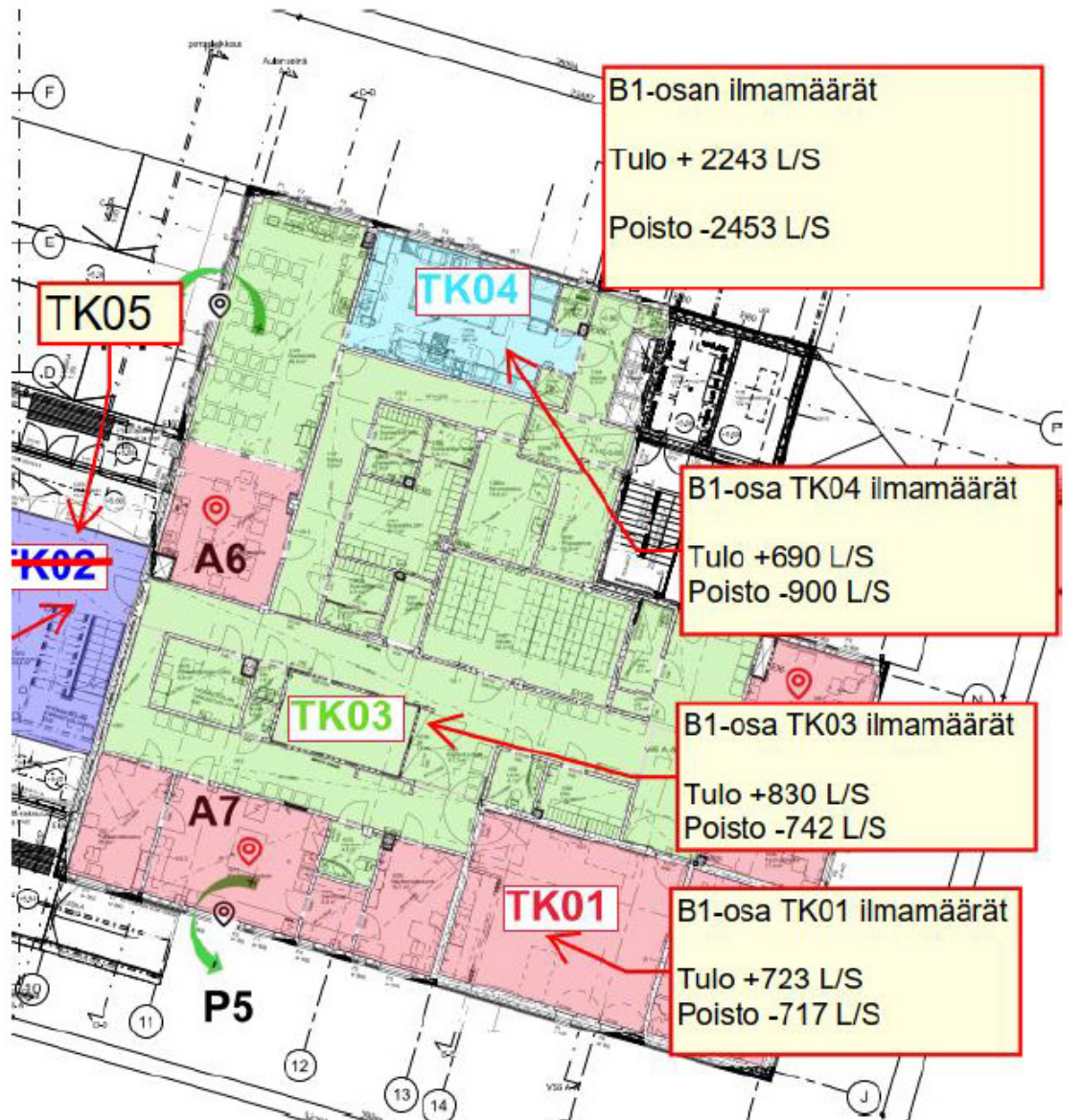
Yöaikana välinehuoltotilojen (1057–1059) kondessihuvien sulkupellit runkokanavissa ajetaan kiinni ja yleispoistot otetaan käyttöön. Yöaikana säätöhuoneen 1028 ja röntgenhuoneen 1030 ilmanvaihto suljetaan sektoripelleillä ja tilaan ei jää ilmanvaihtoa. A1-osalla todettiin alipaineisuutta olevan jonkin verran. Mittaustulokset vaihtelivat 3–8 Pa rakennusosan ympärillä.



KUVA 5 Terveyskeskus (1.krs A-osan ilmamäärät)

Rakennusosassa B1 ilmamäärät on suunniteltu ~9 % alipaineisiksi 210 l/s). B1-osalla on huomattavasti vähemmän osaston sisällä muuttuvia vyöhykkeitä (Kuva 6.). IV-koneella TK03 on toteutettu

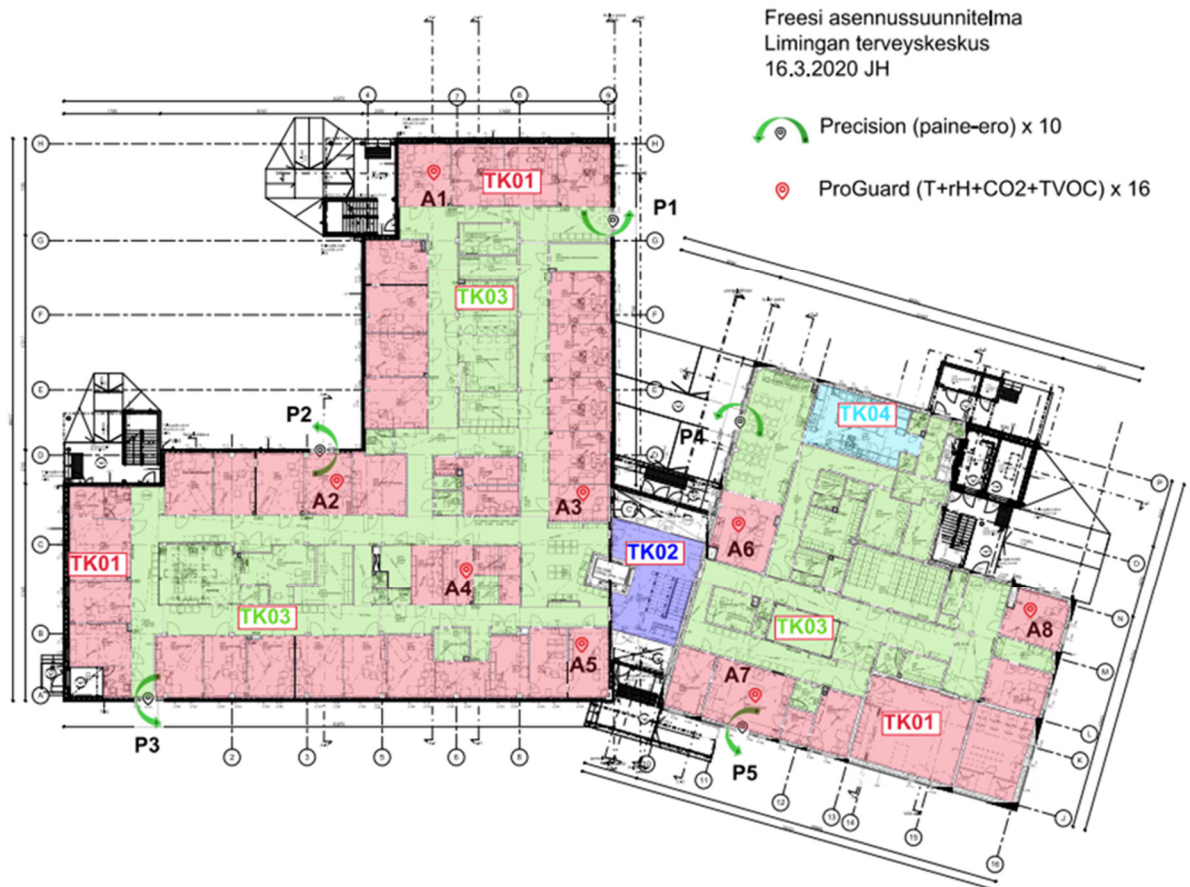
kompensointi keittiön painesuhteiden tasaamiseen (TK04), joka on toteutettu vieressä olevan ruokailutilan kautta. Hetkellisiä paine-eromittauksia on toteutettu B1-osalla kattavasti ja, mittaustulokset vaihtelivat merkittävästi tutkimuksen aikana.



KUVA 6 Terveyskeskus 1. krs B-osan ilmamäärät

IV-koneiden palvelualuekuvat (1–2 kerroksista) helpottivat ja nopeuttivat huomattavasti tämän tutkimuksen tekoa (kuva 6 ja kuva 7). Mittaustuloksia voitiin kerätä ja seurata ennakolta useilta kuukausilta tämän palvelun kautta. Palvelualueiden määrittämisen yhteydessä havaittiin virheellinen

merkintä. Palvelualuekuvassa TK02 merkintä olisi pitänyt olla TK05:n palvelualueetta. Freesi- sisäilmapalvelun kautta havaittiin paine-eron alittuvan toistuvasti etenkin mittauspisteissä P4 ja P5. Ensimmäisen kerroksen mittauspisteessä P5 ovat laboratorio/näytteenottotilat. Ruokailutila P4 sijaitsee keittiön vieressä, joka osoitettu TK03:n palvelualueeksi kuvassa.



KUVA 7 Terveyskeskuksen IV-koneiden palvelualueet pohjakuva 1.krs

Palvelualuekuvassa rakennuksen toisessa kerroksessa sijaitsevat vuodeosastot, jotka kuuluvat TK02 palvelualueeseen, on merkitty violetilla värillä. Käytäviä ja yleisiä tiloja palvelee TK03, joka on merkitty vihreällä. Lääkäreiden, sosiaalitoimen ja neuvolan henkilökunnan vastaanottotilat on merkitty punaisella TK01:n palvelualueiksi.



KUVA 8 Terveyskeskuksen IV-koneiden palvelualueet pohjakuva 2. krs

### 3.4 IV-kuntotutkimuksen tulokset

Käytönaikainen tilanne osoittaa, että rakennus on voimakkaasti alipaineinen, ja voimakkaimmillaan alipaineisuus on B1-osalla. Tutkimuksen yhteydessä tehdyt testaukset osoittavat, että suurin vaikutus alipaineisuudelle on TK03-kojeella, mutta ko. kojeella tuotetaan myös suurin osa rakennusosan ilmanvaihdesta.

Tutkimuksissa tarkastettiin myös päätelaitteiden ja säätöpeltien ilmamääriä ja ne vastaavat suunniteltuja ilmamääriä. Konehuoneen ja koneosien tarkastuksien yhteydessä huomioitiin konehuoneen voimakas alipaineisuus. Kun koneet ovat normaalisti käynnissä ja lämmöntalteenotto on käytössä, on alipaineisuus 25 Pa verrattuna käytävään ja noin 20 Pa verrattuna ulkoilmaan. Rakennuksessa lämmöntalteenotto on toteutettu siirtämällä poistoilman lämmitysenergia raitisilmassa olevien neulapattereiden (Retermia) välityksellä. Talteenottoyksikössä raitisilmakammiossa on huoltoluukut, joilla pystytään ohittamaan patteri (kuva 9).



*KUVA 9 Lämmöntalteenoton (Retermia) neulapatterit 3kpl sijaitsevat raitisilmakammiossa.*

Patterin ohittaminen pudottaa rakennuksen paine-eron lähelle tasapainoa ja konehuonekin tasapainottuu. Edellä kuvattu huomio osoittaa, että kerroksissa tulopäätelaitteilta mitattu tuloilma ei välttämättä ole raitisilmaa, vaan siihen on sekoittunut hallitsemattomasti ”kiertoilmaa”. Tällainen tilanne on mahdollista syntyä, jos tuloilmakojeet vuotavat imupuolelta, eli raitisilmakammion ja puhaltimen välitä, tai raitisilmakammion ja konehuoneen rajapinnassa on vuotoja tässä tapauksessa. Jotta tällaista kiertoa tapahtuu, vaatii se raitisilmasäleikön/kammion väärää mitoitusta suunnitellulle ilmamäärälle. Tässä tapauksessa kuitenkin todennäköisempää on, että raitisilmakammioon sijoitettu LTO-patteri aiheuttaa virtausvastusta ja tulopuhaltimien tarvitsema ilmamäärä tulee rakenteiden läpihallitsematta. Tätä tukee tutkimuksissa tehty huomio patterien huoltoluukkujen avaamisesta, jolloin kiinteistön paine-ero tasapainottuu. Kyseiset patterit on mitoitettu matalalla painehäviöllä ilmamäärään  $8,04 \text{ m}^3/\text{s}$  ja koneiden suunniteltu tuloilmamäärä on  $8,01 \text{ m}^3/\text{s}$ . Tutkimuksessa pyrittiin etsimään ilmanvaihtokoneiden imupuolelta vuotoja käyttämällä savua näiden havainnollistamiseen, ja IV-koneista ei suuria vuotoja löytynyt (kuva 10).



*KUVA 10 IV-koneiden TK1, TK2 ja TK3 raitisilmakammio*

Tutkimuksien perusteella voitiin havaita, että TK01 vuotaa vähän puhallinkammion rakenteista ja moduulisaumasta. TK03:sta ei selkeitä vuotoja ei löytynyt.

Raitisilmakammio on rakennettu elementeistä, jotka on eristetty ja pellitetty konehuoneen puolelta, jolloin rakenteellisten vuotojen löytäminen on haasteellista visuaalisin menetelmin. Raitisilmakammioiden läpivientien tiivistykset on pääosin tehty PU-vaahdolla, joka ei ole ilmatiivis. Lisäksi raitisilmakammioista tulee konehuoneeseen kaksi kondenssiviemäriä, joista on havaittavissa selkeää ilmavirtaus kammioon (kuva 10).

## Tulevat toimenpiteet

Kesäajaksi LTO patterit ohitetaan avaamalla huoltoluukut raitisilmakammiossa, jotta alipaineisuus saadaan poistettua kiinteistöstä. LTO-patterin mitoituksen tarkastus tulisi tehdä, ja jos mitoitus todetaan riittäväksi, patterit pestään 2 kertaa vuodessa. Lisäksi toteutetaan raitisilmakammion rakenteiden tiiveyden tarkastelu ja kojeiden tiivistykset. Rakennusosien A1 ja B1 rakennusosien ilmamääriä täytyy tarkastella ja mitoittaa uudelleen, jotta osastojen ilmamäärät olisivat tasapainossa. Vyöhykkeiden toimintojen yksinkertaistaminen on myös syytä tehdä.



*KUVA 11 IV-koneiden TK01:n ja TK03:n välissä on ovi raitisilmakammioon*

## 4 RAKENNUKSEN JA ILMANVAIHDON ENERGIATEHOKKUUS

### 4.1 Lämmitysenergian muodostuminen rakennuksissa

Lämmitysenergian tarve rakennuksissa muodostuu lämpöhäviöistä vaipan läpi, käyttöveden lämmityksestä ja rakennuksen ilmanvaihdon energiantarpeesta. Rakennuksen lämmitykseen oleellisesti vaikuttavat tekijät ovat ulkolämpötilan ja sisälämpötilan erot. Näihin vaikuttaa ratkaisevasti rakennuksen sijainti ja käyttötarve. (4.)

Rakennuksen lämmitystarve muodostuu seuraavista lämpöhäviöistä:

- johtumislämpöhäviöt vaipan läpi (ylä- ja alapohja, ulkoseinät, ikkunat ja ovet)
- vuotoilma
- lämmin käyttövesi
- ilmanvaihto.

Rakennuksen lämpöhäviöiden jakauma on todettu kuvassa 12.



KUVA 12 Rakennuksen lämmitystarpeen jakautuminen (5).

## 4.2 Rakennuksen energian kulutuksen laskenta

Rakennuksen energiankulutuksen laskenta ja määritykset on kerrottu tarkasti Suomen ympäristöministeriön julkaisemassa rakentamismääräyksen osassa Energiatohokkuus, rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. (4.)

Rakennuksen lämmitysenergian nettotarve lasketaan rakentamismääräyskokoelman mukaan seuraavasti:

- johtumishäviöt rakennusvaipan lävitse
- vuotoilman lämpenemisen lämmitysenergian tarve
- ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve
- tuloilman ja korvausilman lämmitysenergian tarve
- ilmanvaihdon talteenotosta saatu energia
- lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve.

Rakennuksen energiankulutuksen laskennassa lasketaan myös:

- valaistuksen sähköenergiankulutus
- lämpökuormat valaistuksesta ja sähkölaitteista
- lämpökuormat henkilöistä
- ikkunoista tuleva säteilyenergia auringosta
- lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnista aiheutuva lämpökuorma
- lämpökuormista hyödynnettävä lämpöenergia.

### **4.3 Ilmanvaihdon energiankulutuksen laskenta**

Ilmanvaihdon energiankulutus on yksi suurimmista koko rakennuksen energiantarpeista. Ilmanvaihdon lämmityksen energiasta voidaan kattaa noin 60–80 % lämmöntalteenotolla.

Lämmitysenergian nettotarve lasketaan alla esitetyillä kaavoilla 1 ja 2 silloin, kun kyse on järjestelmästä, jossa käytetään vakioilmavirtaa ja ilmankäsittelyprojekti koostuu vain ilmanlämmityksestä. Jos ilmanvaihtoprosessissa on jäähdytystä tai kostutusta, taikka ilmanvaihtojärjestelmä on ilmamääräsäätöinen, on energiantarve laskettava muulla menetelmällä. (4.)

KAAVA 1 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve, kWh

$$Q_{iv} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} \left( (T_{sp} - \Delta T_{puhallin}) - T_{lto} \right) \Delta t}{1000}$$

, jossa

$Q_{iv}$	ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve, kWh
$t_d$	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24
$t_v$	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
$\rho_i$	ilmantiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v,tulo}$	tuloilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$T_{sp}$	sisäänpuhalluslämpötila, °C
$\Delta T_{puhallin}$	lämpötilan nousu puhaltimessa, °C
$T_{lto}$	lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C
$\Delta t$	ajanjaksonpituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

## KAAVA 2 Lämmöntalteenotolla talteen otettu teho

$$\Phi_{lto} = \eta_{a,ivkone} t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,poisto} (T_s - T_u)$$

, jossa

$\Phi_{lto}$	lämmöntalteenotolla talteenotettu kuukauden keskimääräinen teho, W
$\eta_{a,ivkone}$	ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton poistoilman vuosihyötysuhde, -
$t_d$	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24
$t_v$	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
$\rho_i$	ilmantiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v,poisto}$	poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$T_s$	sisälämpötila, °C
$T_u$	ulkolämpötila, °C

Ilmanvaihtokoneen vuosihyötysuhdetta ( $\eta_a$ , *iv-kone*) voidaan käyttää kaikille laskentakuukausille. Ilmanvaihto tulee olla toteutettu lämmöntalteenotolla, joka siirtää poistoilmasta talteenotettua energiaa tuloilmaan. Kesäkuukausina (kesä-, heinä- ja elokuu) voidaan jättää pois laskennasta lämmöntalteenotto ja ilmanvaihdon jälkilämmitys.

### 4.4 Ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho ja sähkönkulutus

Koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä suunnitellaan niin, että ominaissähköteho ei ylitä arvoa 2,0 kW/(m<sup>3</sup>/s). Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehoon vaikuttaa puhaltimien hyötysuhde ja ilmanvaihtojärjestelmän painehäviö. Laskenta suoritetaan käyttämällä suurempaa käytönajan tehostamatonta tulo- tai poistoilmavirtaa. (4.) Alla esitetään kaavat 3 ja 4 ominaissähkötehon laskentaan.

KAAVA 3 Puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m<sup>3</sup>/s)

$$SFP = \frac{P_{puh}}{q_v}$$

, jossa

$SFP$  puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m<sup>3</sup>/s)

$P_{puh}$  puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähköteho tehonsäätölaitteineen, kW

$q_v$  puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m<sup>3</sup>/s

Ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus lasketaan suunnitelman mukaisella ominaissähköteholla, ilmavirralla ja käyntiaikana. Ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutukseen lasketaan myös ilmanvaihtojärjestelmään kuuluvien pumppujen ja pyörienviemälämmöntalteenotto laitteiden moottorien sähkönkulutus. Alla esitetään ilmanvaihtokoneiden sähkönkulutuksen laskentaan kaavat 4 ja 5.

KAAVA 4 Ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus, kWh

$$W_{ilmanvaihto} = \sum SFP q_v \Delta t + W_{iv, muu}$$

KAAVA 5 Muu kuin ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus, kWh

, jossa

$W_{ilmanvaihto}$  ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus, kWh

$SFP$  puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m<sup>3</sup>/s)

$q_v$  puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m<sup>3</sup>/s

$\Delta t$  puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen käyttöaika laskentajaksolla, h

$W_{iv, muu}$  muu ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus, kWh

$$W_{iv, muu} = \sum \frac{P_{muu} \Delta t}{1000}$$

, jossa

$W_{iv, muu}$  muu ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus, kWh

$P_{muu}$  muiden ilmanvaihtojärjestelmän laitteiden kuin puhaltimien ja puhaltimien säätölaitteiden sähköteho, W

$\Delta t$  ajanjakson pituus, h

## 5 ILMANVAIHDON HUOLTOSUUNNITELMA

### 5.1 Tehdyt korjaukset ja huoltotoimenpiteet

Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus sekä ilmamäärien mittaus ja säätö on toteutettu joulukuussa 2020. Tämä puhdistus ja säätötyö tehtiin ensimmäisen kerran rakennuksen valmistumisen 2014 jälkeen. Tässä yhteydessä asennettiin lisää puhdistusluukkuja 14 kpl, sekä säätöpeltejä 4 kpl. IV-konehuoneessa TK02:n tuloilmakanavan palopelti oli lauennut, sekä TK03:n (IRIS-500) säätöpelti oli rikkiäinen ja nämä uusittiin puhdistustyön yhteydessä (kuva 13).



*KUVA 13 Rikkoontuneen palopellin uusiminen TK02:lta lähtevään 315 tuloilmakanavaan*



*KUVA 14 Palopelti toiminnassa ja viritettynä*



*KUVA 15 Säätopelti (IRIS-250) asennettuna IV-kanavaan*

## 5.2 Tulevat korjaukset ja huoltotoimenpiteet

Kesäajaksi LTO-patterit ohitetaan avaamalla huoltoluukut, jolloin tuloilman määrä on riittävä ja rakennuksen alipaineisuus tasoittuu. LTO-pattereiden mitoitus tulisi tarkistaa. Jos todetaan, että mitoitus on oikea ja painehäviö pysyy kohtuullisena, patterien pesu tulisi tehdä kaksi kertaa vuodessa, keväällä ja syksyllä.

Raitisilmakammioiden rakenteiden tiiveyden tarkistaminen, sekä IV-koneiden kammioiden liitoksien tiivistäminen olisi syytä tehdä. A1- ja B1- rakennusosien ilmamäärien tarkastelu ja uudelleen mitoitus tulisi tehdä, jotta osastojen ilmamäärät olisivat tasapainossa. Jatkotoimenpiteitä ajatellen vyöhykkeiden toimintojen yksinkertaistaminen on huomioon otettavaa.

## 5.3 Huoltosuunnitelma

Kiinteistöä palvelee 5 ilmanvaihtokonetta sekä useita erillispoistoja huippuimurein. Ilmanvaihtojärjestelmän huoltotoimenpiteet ovat olleet kohteessa satunnaisia ja niistä on puuttunut suunnitelmallisuus. Kohteen huoltokirja sisältää ilmanvaihdon osalta paljon järjestelmiä, joita kiinteistössä ei ole tai joiden huoltotoimenpiteet on määritetty tehtäväksi väärinä ajankohtina ja se aiheuttaa sekaannusta. Huoltokirja tulee päivittää niin, että huolto on keskitettyä ja järkevää kaikilta osin. Tämä on mahdollista siten, että koneiden yleiskunnon tarkastus ja huolto tehdään vuosittain suodatinvaihdon yhteydessä. Suodattimien vaihtaminen on ilmanvaihtokoneiden yksi tärkeimmistä huoltotoimenpiteistä ja samaan ajankohtaan tulisi liittää myös muut huoltotoimenpiteet. (6.)

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä Limingassa sijaitsevaan terveyskeskukseen ilmanvaihdon kunnottutkimus. Terveyskeskus on valmistunut vuonna 2014 ja heti valmistumisen jälkeen kiinteistön käyttäjiltä on tullut valituksia puutteellisesta ilmanvaihdosta. Ilmanvaihtoon liittyvät tutkimukset ja selvitykset käynnistyivät maaliskuussa 2020.

Tutkimuksien alussa laadittiin terveyskeskuksen ilmanvaihdon pohjakuviin perustuen IV-koneiden palvelualuekuvat, joista voitiin havaita minkä IV-koneen palvelualueen kohdalla tutkittava tila kulloinkin oli. Freesi-sisäilmapalvelun asentamien paine-eron mittausantureiden perusteella rakennus oli voimakkaasti alipaineinen. Paikan päällä tehtyjen paine-eromittauksien perusteella voitiin myös todeta, että rakennus oli alipaineinen.

Ilmanvaihdon puhdistus-, ja säätötyö toteutettiin joulukuussa 2020 pääasiassa rakennuksen käyttäjien ulkopuolisena ajankohtana klo. 21.00–6.00. Rakennuksen ilmanvaihdon puhdistustyö tehtiin ensimmäistä kertaa rakennuksen valmistumisen jälkeen. Sen seurauksena IV-kanavistoon täytyi asentaa lisää puhdistusluukkuja, että kaikki kanavistot saatiin puhdistettua. Puhdistuksen yhteydessä havaittiin myös, että isoista runkokanavista lähteviin haaroihin tulisi asentaa lisää säätöpeltejä. Ilman näitä em. säätöpeltejä IV-koneiden runkokanavien läheltä haaroitettujen päätelaitteiden painehäviö kasvaisi liian suureksi, joten säätöpellit olivat välttämättömiä säädön kannalta.

Työssä selvitettiin ilmanvaihdon huoltoon ja puhdistuksiin liittyviä asioita, jotta terveyskeskuksen kiinteistö pysyisi toimintakuntoisena ja käyttökelpoisena vielä pitkään. Työn lopussa on liitteenä ilmanvaihdon kunnossapidollisiin tehtäviin liittyvä huoltokirja.

## LÄHTEET

1. Suomen LVI-liitto. IV-kuntotutkimus. Yleisohjeet kuntotutkimuksen suorittajalle ja tilaajalle. 2016. Hakupäivä 26.11.2021. <https://sulvi.fi/wp-content/uploads/2017/05/IVKT-2016-Ohje-1-Ilmanvaihto-ja-ilmastointij%C3%A4rjestelmien-kuntotutkimus-Yleisohje.pdf>.
2. LVI 05-10629. 2018. Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Hakupäivä 27.11.2021. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2007-11299>.
3. Suomen LVI-Liitto. LVV-kuntotutkimusopas 2013. Opas lämmitys-, vesi- ja viemäriverkostojen kuntotutkimuksiin. 2013. Hakupäivä 26.11.2021. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2018-11165>.
4. Ympäristöministeriö 2018. Energiatehokkuus. rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2018. Hakupäivä 14.1.2022. [https://www.motiva.fi/files/16484/Energiatehokkuus - Rakennuksen energiankulutuksen ja lammitystehontarpeen laskenta.pdf](https://www.motiva.fi/files/16484/Energiatehokkuus_-_Rakennuksen_energiankulutuksen_ja_lammitystehontarpeen_laskenta.pdf).
5. Motiva Oy. 2022. Rakennuksen lämmitystarpeen jakautuminen. Hakupäivä 13.1.2022. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/taloyhtiöt\\_-\\_yhdessä\\_energiatehokkaasti/lammitys](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiöt_-_yhdessä_energiatehokkaasti/lammitys).
6. Korpisalo, Jere 2019. Taloteknisten järjestelmien huolto-ohje. Hakupäivä 27.1.2022. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/168511/Korpisalo\\_Jere.pdf?sequence=3](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/168511/Korpisalo_Jere.pdf?sequence=3).
7. Ympäristö.fi 2016. Kiinteistön ylläpito ja korjaaminen. Hakupäivä 5.12.2021. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Kiinteiston\\_yllapito\\_ja\\_korjaaminen](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Kiinteiston_yllapito_ja_korjaaminen).
8. Suomen LVI-liitto, SuLVI ry. Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien kuntotutkimus. 2016. Hakupäivä 5.12.2021. <https://sulvi.fi/wp-content/uploads/2017/05/IVKT-2016-Ilmanvaihto-ja-ilmastointij%C3%A4rjestelmien-kuntotutkimus.-Asuinrakennukset.pdf>.
9. LVI 01-10424. 2008. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. Rakennustieto. Hakupäivä 28.1.2022. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2018-10922>. Vaatii lisenssin.