

Jere Meronen

Koulurakennusten ilmanvaihtokoneiden kuntoarvio

Opinnäytetyö

Kevät 2016

SeAMK Tekniikka

Rakennustekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: LVI-tekniikka

Tekijä: Jere Meronen

Työn nimi: Koulurakennusten ilmanvaihtokoneiden kuntoarvio

Ohjaajat: Ensio Heinonen ja Marita Viljanmaa

Vuosi: 2016

Sivumäärä: 50

Liitteiden lukumäärä: 3

Tässä työssä selvitettiin Kurikan alueella sijaitsevien koulujen ilmanvaihtokoneiden tekninen kunto ja laadittiin pitkän tähtäimen suunnitelma seuraavalle kymmenelle vuodelle. Ilmanvaihtokoneista kerättiin lisäksi tekniset tiedot ja muuta yleistä ilmanvaihtojärjestelmän toimintaan liittyvää informaatiota. Tiedonkeruu toteutettiin kiinteistönhoitajien haastatteluilla, tutkimalla konekortteja ja säätökaavioita sekä rakennusautomaatiojärjestelmän informaatiota seuraamalla.

Kuntoarvio suoritettiin pääasiassa aistinvaraisin havainnoin. Kohteissa tehtiin kartoituskierto kohteesta vastaavan kiinteistönhoitajan kanssa. Tehdyistä havainnoista esitettiin korjaustoimenpide-ehdotukset ja niiden karkeat kustannusarviot. Kustannusarviot perustuvat pääasiassa yrityksiltä tiedusteltuihin arvioihin. Tarkastetut ilmanvaihtokoneet olivat suurimmaksi osaksi kunnoltaan hyviä. Vanhimpien koneiden kohdalla tulee teknisen käyttöiän perusteella varautua komponenttien, kuten puhaltimien uusimistarpeisiin.

Työn teoriaosuudessa käytiin läpi kuntoarvion suorittamista LVI-ohjekorttien mukaan ja ilmanvaihtokoneiden kuntoarviossa erityisesti huomioitavia asioita. Työssä huomioitiin myös energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä, ja suoritettiin karkea kannattavuuslaskelma lämmöntalteenottojärjestelmän asentamiselle.

Avainsanat: kuntokartoitus, käyttöikä, ilmanvaihto, huolto, energiansäästö

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: HVAC Technology

Author: Jere Meronen

Title of thesis: Condition survey for the air handling units of school buildings

Supervisors: Ensio Heinonen and Marita Viljanmaa

Year: 2016

Number of pages: 50

Number of appendices: 3

The main purpose of this thesis was to examine the technical condition of the air handling units (AHU) in ten school buildings which are located in Kurikka. Long-term plans were also made for the next ten years. The information collected of the air handling units was limited to technical data and other relevant data considering the building's air handling process. The data acquisition was carried out by interviewing the local property management personnel, studying the technical documents and control layouts of the air handling units, and monitoring the information given by the building's automation system.

The condition evaluation of the selected air handling units was accomplished in co-operation with the local property management. The maintaining procedure and the cost estimate were made based on the findings. The cost estimates were based mainly on the inquired estimates from the HVAC-companies. The condition of the selected air handling units was in most cases acceptable. Long service life of the older units, especially the fan's condition, should be taken into consideration when evaluating the air handling unit's condition or the need for its renewal.

The theory chapter of the thesis examined the performing of the condition assessment according to the HVAC-instruction cards. Matters that improve energy efficiency, were also noticed in the thesis. Also, a calculation of profitability was made for the mounting of a heat recovery system.

Keywords: condition survey, ventilation, maintenance

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo	5
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Työn tavoite	8
1.2 Työn toteutus ja sisältö	8
2 KUNTOARVIO	10
2.1 Kuntoarvion tarkoitus	10
2.2 Kuntoarvion tilaaminen ja tarjouspyyntö	11
2.3 Kuntoarvion suorittaminen	12
2.4 Raportointi	14
3 TEKNISET KÄYTTÖIÄT.....	16
3.1 Teknisen käyttöiän saavuttaminen.....	16
3.2 Rasitusluokat ja käyntiajat	16
3.3 Komponenttien tekniset käyttöiät	17
4 ILMANVAIHTO.....	18
4.1 Yleistä ilmanvaihdosta	18
4.2 Tuloilmakone.....	19
4.3 Poistoilmakone.....	28
4.4 Kanavisto	28
5 KUNTOARVION HAVAINTOJA	30
5.1 Kohteet	30
5.2 Havainnot ja toimenpide-ehdotukset.....	31
6 ENERGIANSÄÄSTÖMAHDOLLISUUDET	37
6.1 Tuloilman lämpötila	37
6.2 Aikaohjelmat	38

6.3 Lämmöntalteenotto	39
7 YHTEENVETO.....	47
LÄHTEET	48
LIITTEET	50

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Yleiskuva erään kohteen tulo- ja poistoilmanvaihtokoneesta.....	30
Kuva 2. Havainnekuva viallisesta kammio puhaltimesta.....	31
Kuva 3. Teknisen käyttöikänsä ohittanut huippuimuri vuodelta 1977.....	32
Kuva 4. Levylämmönsiirtimen säätöpellistön säleen katkennut akseli.	33
Kuva 5. Pyörivän lämmönsiirtimen roottorin loppuun kulunut harjatiiviste.....	34
Kuva 6. Pyörivän lämmönsiirtimen moottorin kulmavaihteen öljyvuoto.....	34
Kuva 7. Ilmanvaihtokoneen LTO-kammion pölykertymä.....	35
Kuva 8. Avoinna olevat, käytöstä poistetut poistoilmaventtiilit.	36
Kuva 9. Valvomon grafiikkakuva ilmanvaihtojärjestelmän toiminnasta.	38
Kuvio 1. Kuntoarvion vaiheet. (LVI 01-10509 2012, 6).....	11
Kuvio 2. Tulo- ja poistoilmanvaihtokoneen periaatekuva. (IV-Product, 5)	19
Kuvio 3. Ulkoilmapelti. (IV-Product, 10)	20
Kuvio 4. Suodatinkammio (IV-Product, 13).	21
Kuvio 5. Pyörivä lämmönsiirrin. (IV-Product, 6, [Viitattu 3.4.2016]).....	22
Kuvio 6. Levylämmönsiirrin. (IV-Product, 7, [Viitattu 3.4.2016])	23
Kuvio 7. Nestekiertoisen lämmöntalteenoton tulo- ja poistoilmapatterit. (IV-Product, 7, [Viitattu 3.4.2016]).....	24
Kuvio 8. Lämmitys/jäähdytyspatteri. (IV-Product, 15)	25
Kuvio 9. Suorakäyttöinen kammio puhallin. (IV-Product, 10, [Viitattu 3.4.2016]) ...	26

Kuvio 10. Yleiskuva valvomon grafiikkakuvasta.....	27
Kuvio 11. Ulospuhalluskatoksen periaatekuva. (Retermia Oy, 59)	40
Kuvio 12. Periaatekuva LTO-järjestelmästä, jossa useita huippuimureita ja yksi tuloilmakone. (Retermia Oy, 8)	41
Kuvio 13. Yleiskuva Retermia LTO-huippuimurista. (Retermia Oy, [Viitattu 31.3.2016]).....	42
Kuvio 14. Tuloilman lämmitysenergian tarve. (Retermia Oy)	44
 Taulukko 1. Kuntoluokkien määritelmät. (LVI 01-10509 2012, 2).....	13
Taulukko 2. Koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän kuntoluokkien määritelmät. (LVI 01-10487 2012, 10)	14
Taulukko 3. Ilmanvaihtokoneiden rasitusluokkien määritelmät. (LVI 10424 2008, 23)	17
Taulukko 4. Ilmanvaihtokoneiden komponenttien tekniset käyttöiät. (LVI 10424 2008, 23–24).....	17
Taulukko 5. LTO-järjestelmän tuottama taloudellinen säästö. (Retermia Oy)	43

Käytetyt termit ja lyhenteet

ESCO Energy Service Company. ESCO-palvelussa ulkopuolinen palvelun tarjoaja toteuttaa energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä asiakkaalleen energiansäästön saavuttamiseksi. (Motiva Oy 22.9.2015.)

Kuntoarvio Kiinteistön rakennusosien, tilojen tai järjestelmien pääasiassa aistinvaraisesti suoritettava kunnon selvittäminen (LVI 01-10510, 2).

Kunnossapitosuunnitelmaehdotus

Kuntoarvion suorittajan suunnitelmaehdotus, jossa esitetään suositeltavat kunnossapito- ja korjaustoimenpiteet esimerkiksi 10 vuodelle. Suunnitelmassa esitetään toimenpiteiden ajoitus ja karkea kustannusarvio. (LVI 01-10510, 2.)

Kuntoluokka Kuntoarvioijan antama arvio tarkastuskohteen kunnosta asteikolla 1–5. Luokituksen avulla voidaan esimerkiksi verrata järjestelmien kuntoa toisiinsa. (LVI 01-10510, 2.)

LTO Lämmöntalteenotto. Hyödyntää poistoilman sisältämää lämpöenergiaa tuloilman lämmittämiseen. (Korkala & Lakso 2012, 87.)

Rasitusluokka Asteikolla 1–3 määritettävät ympäristön ja käytön aiheuttamat olosuhteet (1 = vaikea, 2 = normaali, 3 = kevyt) (LVI 01-10424, 2).

Tekninen käyttöikä Käyttöönoton jälkeinen aika, jona esimerkiksi tietyn järjestelmän tai komponentin tekniset toimintavaatimukset täyttyvät. Perustuu kokemukseen järjestelmän kestävyydestä ja on luonteeltaan yleistävä. (LVI 01-10424, 2.)

1 JOHDANTO

1.1 Työn tavoite

Työn tavoitteena oli selvittää Kurikan alueella sijaitsevien koulujen ilmanvaihtokoneiden tekninen kunto ja laatia pitkän tähtäimen suunnitelma. Kohteina oli yhteensä kymmenen koulurakennusta. Toimeksiantajan toiveena oli lisäksi saada selvitys koneiden teknisistä tiedoista, käyntiajoista ja ohjausperusteista.

1.2 Työn toteutus ja sisältö

Työ toteutettiin suorittamalla kartoituskiertös jokaisessa kohteessa kohteen kiinteistönhoitajan kanssa. Selvitetyt tiedot perustuvat kiinteistönhoitajien haastatteluihin, koneiden tyyppikilpiin, mahdollisiin konekortteihin ja säätökaavioihin sekä automaatiojärjestelmän valvomon tuottamaan informaatioon koneiden sen hetkisestä tilasta. Joissain kohteissa informaatiota oli saatavilla runsaammin kuin toisissa, ja esimerkiksi automaatiojärjestelmien päivityksien takia kaikissa kohteissa ei ollut mahdollista tarkastella koneiden toimintaa valvomon avulla.

Kuntoarviossa noudatettiin pääosin Liike- ja palvelukiinteistön kuntoarvion suoritusohje -ohjekorttia LVI 01-10510.

Kenttätutkimuksen aikana koneista kirjattiin perustiedot ja selvitettiin koneiden mahdolliset aikaohjelmat sekä ohjausperusteet. Koneet sammutettiin ja huoltoluukut avattiin. Koneista tarkastettiin sulk- ja säätöpeltien toiminta, lämmöntalteenoton toiminta, puhaltimien ja moottoreiden laakeroinnit, kiilahihnojen kunto ja kireys, lämpö- ja paine-eromittareiden toiminta sekä arvioitiin koneiden puhtautta.

Huomiota kiinnitettiin myös lämmöntalteenottojärjestelmien lämpötilasuhteisiin, sekä sisäänpuhallusilman lämpötiloihin, joista saatiin melko hyvin tietoa valvomon kautta. Mikäli valvomoa ei ollut käytettävissä, jouduttiin lämpötilat päättämään koneiden kyljissä olleiden lämpömittareiden perusteella, joiden arvot ovat lähinnä suuntaa antavia. Tarkastuskierröksellä kiinnitettiin huomiota myös koneiden huollettavuuteen ja turvallisuuteen vaikuttaviin asioihin.

Kanavistot jätettiin kuntoarvion ulkopuolelle, sillä niiden uusimistarve ei johdu mekaanisesta kulumisesta vaan tilojen tai niiden käyttötarkoituksen muutoksista. Tällä myös rajattiin työn aihetta, sillä arvioitavia kohteita oli melko paljon.

Toimenpide-ehdotuksien mukaan laadittiin PTS-tilukko, jossa on esitetty toimenpiteiden karkeat kustannusarviot sekä toimenpiteen ehdotettu toteutusvuosi. Järjestelmien puhdistusajankohdaksi PTS-tilukossa määritettiin kymmenen vuotta edellisestä puhdistuskerrasta. Kustannusarviot perustuvat pääosin kyseisen tyyppisiä toimenpiteitä tuottavilta yrityksiltä tiedusteltuihin arvioihin.

Lisäksi mietittiin energiansäästöä tuottavia toimenpiteitä, ja suoritettiin karkea laskelma esimerkkikohteeksi valitun tilan jälkiasenteisen lämmöntalteenottojärjestelmän investoinnin kannattavuudesta.

Tässä opinnäytetyössä ei esitetä koko kuntoarviota, vaan joitain esimerkkejä tuloksista.

2 KUNTOARVIO

2.1 Kuntoarvion tarkoitus

Kuntoarviolla tarkoitetaan kiinteistön rakennusosien, tilojen, järjestelmien, laitteiden ja ulkoalueiden kunnon selvittämistä pääasiassa kokemusperäisesti, aistinvaraisesti sekä rakennetta ja materiaaleja rikkomattomin menetelmin. Kuntoarvio voidaan tehdä joko koko kiinteistölle, tai tietylle osa-alueelle, esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmälle. (LVI 01-10510 2012, 2.)

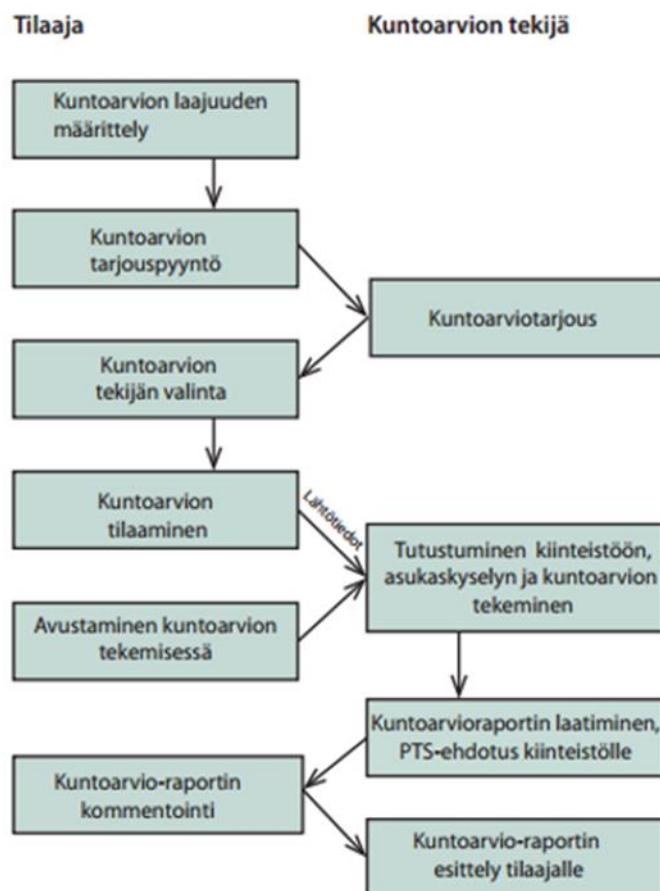
Kuntoarvion tarkoituksena on saada lähtötiedot pitkän aikavälin kunnossapitosuunnittelulle. Kuntoarvion avulla saadaan kokonaiskuva kiinteistön teknisestä kunnosta, arvosta ja energiataloudesta. Kuntoarvion perustana ovat asiantuntijan tekemät aistinvaraiset havainnot, ja olemassa olevat lähtötiedot ja asiakirjat, esimerkiksi ilmanvaihtokoneen huoltokirja. Tarvittaessa voidaan tehdä rakenteita rikkomattomia mittauksia. (LVI 01-10510 2012, 1.)

Ilmanvaihtojärjestelmän kuntoarvio on hyvä tehdä viimeistään silloin, kun järjestelmä on kymmenen vuoden ikäinen. Kuntoarvio tulisi päivittää noin viiden vuoden välein. Ilmanvaihtojärjestelmän peruskorjauksen tarpeesta kertovat myös seuraavat asiat:

- sisäilman huono laatu
- runsas pölyn kerääntyminen sisäpinnoille
- asukkaiden jatkuva oireilu
- lattioiden kylmyys
- vetoisuus
- ilmanvaihtojärjestelmästä aiheutuvat äänihaitat
- märkätilojen hidas kuivuminen
- puutteellisesta ilmanvaihdosta aiheutunut home
- ikkunoiden huurtuminen
- liian vähäinen tai hallitsematon korvausilman saanti
- lämpöenergian suuri kulutus (LVI 03-10378 2004, 4.)

2.2 Kuntoarvion tilaaminen ja tarjouspyyntö

Kuntoarvion tilaamisen ja suorittamisen vaiheet esitetään kuviossa 1. Kuntoarvion voi toteuttaa joko ulkopuolinen arvioija tai oma kiinteistönhoidon organisaatio. Ulkopuolisen asiantuntijan tarkastelu kuitenkin on objektiivista, ja tällöin saadaan usein myös kiinteistönhoitoa kehittäviä näkemyksiä. Kiinteistönhoitajalla on yleensä tietoja esimerkiksi hoitamiensa kiinteistöjen jo suoritetuista korjaustoimenpiteistä, joita kuntoarvion suorittajan on hyvä käyttää apuna työssään. (LVI 01-10509 2012, 6.)



Kuvio 1. Kuntoarvion vaiheet. (LVI 01-10509 2012, 6)

Tarjouspyynnössä tilaajan tulee ilmoittaa kuntoarvion kohteet, sekä määritellä kuntoarvion sisältö, laajuus ja raportointitapa. Tarjouspyynnössä tilaajan tulee ilmoittaa:

- kiinteistön nimi ja osoite
- rakennusten lukumäärä ja käyttötarkoitus
- pinta-ala, tilavuus ja kerrosten lukumäärä
- rakennusvuosi ja rakennusosien päämateriaalit

- perustiedot LVIS-järjestelmistä
- kiinteistön mahdolliset erityisjärjestelmät
- erityistilojen määrä (esimerkiksi kylmiöt)
- luettelo käytettävissä olevista asiakirjoista
- kiinteistössä tehdyt ja suunnitellut korjaukset
- tilaajan ja muiden yhteyshenkilöiden yhteystiedot
- kuntoarvion lisäksi mahdollisesti tehtävät lisäselvitykset ja kuntotutkimukset. (LVI 01-10509 2012, 6.)

2.3 Kuntoarvion suorittaminen

Kuntoarvio aloitetaan kohteen lähtötietojen keräämisellä ja niiden käsittelemisellä. Lähtötietojen avulla arvioija pystyy tutustumaan kiinteistön rakenteisiin ja teknisiin järjestelmiin ennen varsinaista kiinteistötarkastusta, ja ennakoimaan tarkastuksessa mahdollisesti ilmeneviä ongelmia. Lähtötietojen avulla on mahdollista suunnitella alustavasti tarkastuksen etenemisjärjestys ja asiat, joihin tulee kiinnittää erityistä huomiota. (LVI 01-10509 2012, 3.)

Normaalisti kuntoarvioon sisältyy käyttäjäkysely. Mikäli käyttäjäkyselyä ei tarvita, on tilaajan ilmoitettava tästä tarjouspyynnön yhteydessä. Monesti kiinteistönomistajan toimintaan kuuluu säännöllisesti suoritettavat käyttäjäkyselyt. Mikäli kuntoarvioija saa jo suoritetuista kyselyistä tarvittavat tiedot, ei erillistä käyttäjäkyselyä enää tarvita. Kiinteistönhoitajien haastattelut auttavat osaltaan hahmottamaan kiinteistön kokonaiskuvaa. (LVI 01-10509 2012, 3.)

Kiinteistötarkastuksessa kuntoarvioijan mukana tulee olla kohteen hyvin tunteva henkilö, esimerkiksi kiinteistönhoitaja. Tarkastettavista kohteista tulee kirjata nykyinen kunto, havaitut vauriot ja muut havainnot. Oleellisimpia ovat turvallisuuteen ja terveyteen vaikuttavat asiat ja suuria korjauskustannuksia aiheuttavat vauriot. Tärkeää on myös havainnoida vaurioita, jotka pahentuessaan aiheuttavat suuria kustannuksia ja vahinkoriskejä. (LVI 01-10509 2012, 4.)

Tehdyistä havainnoista laaditaan kuntoarvioraportti, jossa tulee esittää havaitut korjaustarpeet sekä laatia karkeat kustannusarviot ehdotetuille toimenpiteille. (LVI 01-10510 2012, 3)

Kiinteistön kokonaiskuntoarviota suoritettaessa on kuntoarvioijia yleensä kolme: rakennus-, LVIA-, sekä sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien asiantuntija. Kullakin kuntoarvioijalla tulee olla tehtävän vaativuuden edellyttämä koulutus, pätevyys ja ammattitaito. Kuntoarvioijalle on eduksi hallita oman alansa lisäksi perustiedot myös muilta osa-alueilta. (LVI 01-10509 2012, 7.)

Kuntoarvioijan on mahdollista osoittaa osaamisensa FISE Oy:n myöntämällä pätevyydellä, jolloin kuntoarvioija saa käyttää nimikettä Rakennuksen kuntoarvioija (PKA). FISE-pätevyys ei ole välttämättömyys, mutta se on luotettava todiste kuntoarvioijan ammattitaidosta. Pätevyyden myöntämiseen vaaditaan sekä valmentavan koulutuksen että valtakunnallisen pätevyystentin hyväksytty suoritus. Osallistumisoikeus pätevyystenttiin edellyttää rakennus-, LVIS tai kiinteistöalan teknillis- tai ammattikorkeakoulutasoista koulutusta, ja vähintään viiden vuoden työkokemusta kiinteistö- tai rakennusosalta. (FISE Oy, 15.1.2016.)

Kuntoluokka on kuntoarvioijan määrittämä arvio rakenteen tai järjestelmän kunnosta. Kuntoluokkien määritelmät on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Kuntoluokkien määritelmät. (LVI 01-10509 2012, 2)

Kuntoluokka	Kuvaus
5	uusi, ei toimenpiteitä seuraavan 10 vuoden kuluessa
4	hyvä, kevyt huoltokorjaus 6...10 vuoden kuluessa
3	tydyttävä, kevyt huoltokorjaus 1...5 vuoden kuluessa tai peruskorjaus 6...10 vuoden kuluessa
2	välttävä, peruskorjaus 1...5 vuoden kuluessa tai uusiminen 6...10 vuoden kuluessa
1	heikko, uusitaan 1...5 vuoden kuluessa

Kuntoluokka voidaan määritellä myös tarkemmille nimikkeille. Taulukossa 2. on määritetty koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän kuntoluokkien kriteerit.

Taulukko 2. Koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän kuntoluokkien määritelmät. (LVI 01-10487 2012, 10)

21 213	LVI-perusjärjestelmät Ilmanvaihtojärjestelmät Koneellinen poistoilmanvaihto
5	- ei havaittuja ongelmia - korvausilman saanti varmistettu - kanavistot nuohottu viimeksi 10 vuoden kuluessa.
4	- poistoilmapuhaltimien ikä alle 20 vuotta - ei havaittuja ongelmia - kanavistot nuohottu, ilmavirrat säädetty 10 vuoden välein - laitteita ei tarvitse kunnostaa - lievää ongelmaa korvausilman saannin suhteen.
3	- ei havaittuja ongelmia - poistoilmapuhaltimia ei tarvitse uusida ainakaan 5 vuoteen - lievää ongelmaa korvausilman saannin suhteen.
2	- hormit ovat tiiviitä eikä niiden uusiminen ole tarpeellista ainakaan 10 vuoteen.
1	- hormien ja laitteiden uusiminen ajankohtainen 5 vuoden kuluessa.
Koneellisen ilmanvaihtojärjestelmän käyttöikä - puhaltimet: uusiminen 10...40 vuoden kuluessa - kanavistot ja kanaviston varusteet: käyttöikä J (J = järjestelmän ikä) - päätelaitteet: käyttöikä J.	

2.4 Raportointi

Kuntoarvioijan tehtäviin kuuluu laatia kuntoarvioraportti, jossa esitetään kuvaus tarkastettujen kohteiden kunnosta ja toimenpide-ehdotuksista. Raporttiin tulee liittää tarkastuksessa otetut valokuvat ja muu dokumentointi. Kuntoarvioraportissa tulee esittää ainakin:

- kiireellistä korjausta vaativat viat
- rakenteiden, järjestelmien ja laitteiden korjaustarpeet
- tiedossa olevat vauriot tai epäilykset niistä
- rakenteiden, järjestelmien ja laitteiden merkittävimmät vahinkoriskit
- turvallisuusriskit
- energiatalouteen liittyvät parannusehdotukset
- ylläpidon kehitystarpeet. (LVI 01-10509 2012, 8.)

Raportissa esitetään kunnossapitosuunnitelmaehdotus (PTS-ehdotus), eli kuntoarvioijan näkemys kohteen pitkän aikavälin suunnitelmaksi. Toimenpiteistä esitetään sisältö, karkea kustannusennuste sekä toimenpiteen toteutusvuosi. Kustannusennusteet ovat ennusteita kunnossapitosuunnittelun ja budjetoinnin lähtötiedoiksi. Mikäli tilaajan kanssa ei muuta sovita, on kunnossapitosuunnitelman tarkastelujakso kymmenen vuotta. (LVI 01-10509 2012, 8.)

Konsulttitoiminnan yleisissä sopimusehdoissa KSE 2013 6.1.3 sanotaan, että konsultti on velvollinen säilyttämään raportin ja muun laatimansa aineiston kymmenen vuotta toimeksiannon päättymisestä (RT 13-11143 2013, 6).

3 TEKNISET KÄYTTÖIÄT

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin tarkastelemaan teknistä käyttöikää ilmanvaihtojärjestelmän osalta. Tekniset käyttöiät on määritetty ohjekortissa Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot (LVI 01-10424 2008, 2.)

Teknisellä käyttöiällä tarkoitetaan käyttöönoton jälkeistä aikaa, jolloin järjestelmän, laitteen, rakennusosan tai rakenteen tekniset toimintavaatimukset tulevat täyteen. Teknisen käyttöiän kuluttua umpeen, on järjestelmä, laite, rakennusosa tai rakenne suositeltavaa korvata uudella. (LVI 01-10424 2008, 2.)

Ohjekortin esitetyt käyttöiät perustuvat tutkimuksiin, selvityksiin ja käytännöstä saatuihin kokemuksiin. Tietoja voidaan hyödyntää esimerkiksi kuntoarviossa tai energiakatselmuksessa. Tiedoista on hyötyä myös rakennuksen huoltokirjan laadinnassa. (LVI 01-10424 2008, 1.)

3.1 Teknisen käyttöiän saavuttaminen

Järjestelmän teknisen käyttöiän saavuttaminen edellyttää, että järjestelmän huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet on toteutettu asianmukaisesti. Tarvittavaa huoltoa varten järjestelmälle määritetään tarkastusväli, huoltoväli- sekä kunnossapitajakso. Tarkastusväli on aikajakso, jonka kuluttua järjestelmän toimivuus tulee tarkastaa. Huoltoväli tarkoittaa aikaa, jonka jälkeen järjestelmälle tulee suorittaa huoltosuunnitelmassa laaditut huoltotoimenpiteet. Kunnossapitajakso on keskimääräinen aikaväli, jonka kuluttua määrätty toimenpide toistetaan, esimerkiksi järjestelmän korjaaminen osittain uusimalla tai kunnostamalla. (LVI 10424 2008, 1.)

3.2 Rasitusluokat ja käyntiajat

Rasitusluokilla kuvataan käytön ja ympäristön aiheuttamia olosuhteita asteikolla 1–3. Ilmanvaihtojärjestelmän rasitusluokan merkittävin määräävä tekijä on käyntiaika. (LVI 10424 2008, 23.)

Taulukossa 3 on esitetty LVI 01-10424 mukaan laaditut rasitusluokkien määritelmät.

Taulukko 3. Ilmanvaihtokoneiden rasitusluokkien määritelmät. (LVI 10424 2008, 23.)

Rasitusluokka	Kuvaus
1 (vaikea)	ilmanvaihto toimii jatkuvasti (24 h/d, 7 pv/vko)
2 (normaali)	ilmanvaihto toimii n. 50 h/vko
3 (helppo)	ilmanvaihto toimii joitakin tunteja vuorokaudessa (10-20 h/vko)

3.3 Komponenttien tekniset käyttöiät

Ilmanvaihtojärjestelmän eri komponenttien tekniset käyttöiät on esitetty ohjekortin LVI 10424 mukaan laadittuna taulukossa 4. Käyttöiät koskevat pääosin ilmanvaihtokoneen komponentteja, joista puhallin on yleensä lyhytikäisin. Kanavistolle ja kanaviston varusteille ei ole määritetty teknistä käyttöikää, sillä niiden uusimistarve ei johdu kulumisesta, vaan tilojen muutoksista tai ilmanvaihtojärjestelmän toimintaperiaatteen muutoksista. Huomioitavaa on kuitenkin, että esimerkiksi äänenvaimentimen mineraalivillakuidut aiheuttavat irrotessaan terveyshaittoja, ja johtavat tällöin äänenvaimentimien uusimiseen. (LVI 10424 2008, 24.)

Taulukko 4. Ilmanvaihtokoneiden komponenttien tekniset käyttöiät. (LVI 10424 2008, 23–24.)

Komponentti	Keskimääräinen tekninen käyttöikä (v)			Suunnitelmallisen ylläpidon toimenpiteet	
	Rasitusluokka			Tarkastusväli	Kunnossapitajakso
	1 vaikea	2 normaali	3 kevyt		
Puhallin	10-15	20-25	30-40	Laakerointi, hihnat, tasapaino	Riippuu käyttöajoista
Suodatinkammio	10-15	20-25	30-40	Puhtauden seuraaminen	Suodattimen vaihto 6-12 kuukauden välein
Lämmityspatteri	10-15	20-25	30-40	-	-
Jäähdytyspatteri	10-15	20-25	30-40	Kondenssivesi- viemärointi	-
LTO	10-15	20-25	30-40	Huurtumiseneston tarkastus	-
Kostutin	10-15	20-25	30-40	-	-
Sulku- säätö- ja mittauslaitteet	10-15	20-25	30-40	-	Sulakkeen tarkastaminen

4 ILMANVAIHTO

4.1 Yleistä ilmanvaihdosta

Ilmanvaihdon tarkoituksena on terveellisen ja viihtyisän sisäilman ylläpitäminen rakennuksessa. Ilmanvaihdon avulla tiloihin tuodaan puhdasta, ja poistetaan likaista ilmaa. Ilmanvaihto voidaan toteuttaa painovoimaisesti, jolloin ilman liikkuminen perustuu sekä tuulen, että ulko- ja sisäilman lämpötilaerojen aiheuttaman paine-eron vaikutukseen. Koneellisessa ilmanvaihdossa kaikkiin tiloihin saadaan tasainen ilmanvaihto, ja poistoilman sisältämä lämpö voidaan ottaa talteen käyttämällä lämmöntalteenottolaitetta. (Seppänen & Seppänen 2004, 160.)

Painovoimainen ilmanvaihto oli yleisin ilmanvaihtojärjestelmä 1970-luvulle asti. Nykyisten ja tulevien energiatehokkuusvaatimuksien ja sisäilmastotavoitteiden toteuttaminen painovoimaisella ilmanvaihdolla on epätodennäköistä, joten kyseisestä järjestelmästä on siirrytty lähes yksinomaan koneelliseen ilmanvaihtoon. (Heinonen ym. 2014, 113–114.)

Koneellista poistoilmanvaihtojärjestelmää alettiin käyttää 1960-luvulla. Järjestelmässä halutut tilat on varustettu poistoilmaventtiileillä, joiden kautta poistoilma johdetaan vesikatolla sijaitsevalle huippuimurille. Korvausilman tuonti perustuu poistoilman aiheuttamaan alipaineeseen, jonka avulla korvausilma tulee epäpuhtauksiin vaipan läpi helpointa mahdollista reittiä. Rakennukseen voidaan asentaa myös korvausilmaventtiileitä, joiden kautta ilma voidaan johtaa haluttuihin tiloihin. Oleellinen osa järjestelmää ovat ovien siirtoilmaraot, joiden kautta ilma pääsee siirtymään poistokohteiden huoneisiin. (Heinonen ym. 2014, 115–116.)

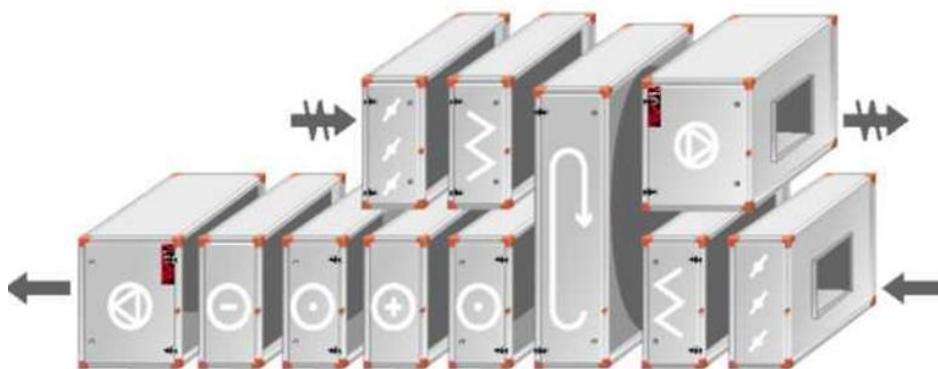
Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmässä myös tuloilma johdetaan tiloihin koneellisesti. Tällöin jokaiseen tilaan saadaan haluttu ilmavirta ja ilmanvaihto. Olennainen osa tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmää on lämmön talteenottolaite, jolla saadaan merkittävä osa poistoilman sisältämää lämpöenergiaa hyödynnettyä tuloilman lämmittämisessä. (Seppänen & Seppänen 2004, 171.)

Tuloilmajärjestelmästä puhuttaessa käytetään käsitteitä **ilmanvaihto** ja **ilmastointi**. Näiden järjestelmien periaatteellinen ero on tuloilman käsittelyssä ja ilmavirran mitoituksessa. Yleisesti ilmanvaihdolla tarkoitetaan huoneilman laadun, eli käytännössä puhtauden ylläpitämistä. Ilmastointi on teknisesti monipuolisempi prosessi kuin ilmanvaihto. Ilmastoinnilla hallitaan puhtauden lisäksi lämpö- ja kosteusolosuhteita. Koska ilman ominaislämpökapasiteetti on pieni, vaikuttaa lämpöolosuhteiden hallinta myös ilmavirtojen mitoitukseen. Esimerkiksi jäähdyttämiseen tarvitaan usein jopa 2–3 kertaisia ilmavirtoja määräysten edellyttämään minimitasoon verrattuna. (Korkala & Laksola 2012, 55–56.)

Ilmastointijärjestelmä on kokonaisuus, joka koostuu tuloilmakoneesta, tuloilmakanavistosta, huoneyksiköistä, poistoilmakanavistosta sekä poistoilmakoneesta (Korkala & Laksola 2012, 55).

4.2 Tuloilmakone

Tuloilmakone voi olla tehtaalla valmiiksi koottu kokonaisuus, tai se voidaan koota moduulimittaisista osista paikan päällä. Tuloilmakone koostuu monista erilaisista komponenteista, joiden määrä ja tyyppi vaihtelee kohteen vaatimustason mukaan. (Korkala & Laksola 2012, 77.) Kuviossa 2 on esitetty tulo- ja poistoilmakoneen periaatekuva yleisimpine komponentteineen.



Kuvio 2. Tulo- ja poistoilmavaihtokoneen periaatekuva. (IV-Product, 5.)

Tuloilmakoneen kotelon tulee olla tiivis. Virtaussuunnassa ennen puhallinta olevat vuodot aiheuttavat suodattamattoman ilman sekoittumista tuloilmaan. Puhaltimen

jälkeiset vuodot puolestaan vähentävät tiloihin menevän ilman määrää. Tuloilmakoneen tulee sijaita viemäröidyssä tilassa, jolloin kondenssi- ja mahdolliset vuotovedet saadaan poistettua hallitusti. (Korkala & Laksola 2012, 78.) Tuloilmakoneen komponentit ja tarkastettavat asiat on esitetty seuraavissa kappaleissa.

Ulkoilmapelti. Ulkoilmapellin (kuvio 3) tarkoituksena on estää ulkoilman kulkeutuminen ilmanvaihtokoneeseen -ja kanavistoon, mikäli ilmanvaihto on pysäytetty. Eri-tyisen tärkeää ulkoilmapellin toiminta on pakkaskaudella jäätymisvaurioiden ja lämmönhukan estämiseksi. (Korkala & Laksola 2012, 80–81.)



Kuvio 3. Ulkoilmapelti. (IV-Product, 10.)

Ulkoilmapelti varustetaan yleensä toimimootorilla, joka avaa pellin ilmanvaihtokoneen käynnistyessä, ja sulkee sen koneen pysähtyessä. Yleensä ulkoilmapeltien sulkeutuminen on varmistettu myös sähkökatkotilanteessa esimerkiksi sulkujousen tai akun avulla. Ulkoilmapellin tulee sulkeutua tiiviisti, ja auetessaan aueta riittävästi, jotta ilman virtaus on esteetöntä. (Korkala & Laksola 2012, 80–81.)

Ulkoilmapellistä tarkistetaan tiivis sulkeutuminen sekä riittävä avautuminen, varolaittoiminnat kuten jäätymissuoja, vivuston sekä akselien laakeroinnit ja voitelun tarve, toimimootorin kunto sekä säleiden puhtaus (Korkala & Laksola 2012, 80–81).

Suodatin. Suodattimen (kuvio 4) tehtävänä on poistaa ulkoilmasta epäpuhtauksia. Suodatuksen taso määräytyy yleensä sisäilman puhtaustasovaatimusten mukaan. Suodattimen vaihtoväli määräytyy suodatustason sekä puhdistettavien epäpuhtauksien määrän mukaan. (Korkala & Laksola 2012, 83–84.)



Kuvio 4. Suodatinkammio (IV-Product, 13.)

Suodattimet tulee vaihtaa 6–12 kuukauden välein, vaikka paine-eron kasvu ei sitä edellyttäisikään (Holopainen ym. 2008, 76.).

Suodattimista tulee tarkistaa likaantuneisuus, jota seurataan yleisesti paine-eromittarin avulla. Suodattimen tarkistuksen yhteydessä tarkistetaan myös, että suodatin on tiiviisti suodatinkehikossa, jotta ilmaa ei pääse virtaamaan suodattimen ohi puhdistamattomana. (Korkala & Laksola 2012, 85–87.)

Lämmöntalteenottolaitteet. LTO-laitteiden tehtävänä on hyödyntää poistoilman sisältämää energiaa tuloilman lämmittämiseen. LTO-laitteet voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin, jotka ovat pyörivä talteenottokenno, levylämmönsiirrin sekä nestekiertoinen järjestelmä. (Korkala & Laksola 2012, 87.)

LTO-laitteen tehokkuutta voidaan mitata lämpötilasuhteella LH , joka määritetään kaavalla 1

$$LH = \frac{(T_2 - T_1)}{T_3 - T_1} \quad (1)$$

missä

LH on lämpötilasuhte

T_1 on ulkoilman lämpötila

T_2 on tuloilman lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen

T_3 on poistoilman lämpötila ennen lämmöntalteenottoa

Esimerkiksi:

$$LH=(5^{\circ}\text{C}-(-15^{\circ}\text{C}))/(20^{\circ}\text{C}-(-15^{\circ}\text{C}))=(20^{\circ}\text{C})/(35^{\circ}\text{C})=0,57$$

Prosentteina $LH=100 \cdot 0,57=57\%$. (Korkala & Laksola 2012, 87.)

Pyörivässä lämmönsiirtimessä (kuvio 5) tulo- ja poistoilmavirrat on johdettu päällekkäin lämmöntalteenotto-osaan. Lämmöntalteenotto-osassa on pyöreä, yleensä alumiinista valmistettu kennosto. Poistoilma virtaa tiheään kennoston läpi samalla lämmitäten sen. Kennoston pyöriessä poistoilmavirran lämmitämä alue siirtyy tuloilmapuolelle luovuttaen lämmön tuloilmavirtaan. Laitteen rakenteen vuoksi tulo- ja poistoilmapuolen välillä tapahtuu pientä ilmavuotoa. Kennon pyörimisnopeutta säädetään automatiikalla, jolloin tuloilmavirtaan siirrettävän lämpöenergian määrä on oikea ja esimerkiksi poistoilmapuolen huurtuminen saadaan estettyä. Pyörivän talteenoton hyötysuhde on tyypillisesti 70-80 %:n luokkaa. (Korkala & Laksola 2012, 91.)



Kuvio 5. Pyörivä lämmönsiirrin. (IV-Product, 6, [Viitattu 3.4.2016])

Pyörivästä lämmönsiirtimestä tulee tarkastaa voimansiirto ja laakerit, harjatiivisteet, kennon puhtaus, automatiikka, lämpömittarit, luukkujen tiiveys, ja lämpötilasuhde, joka tulee laskea. (Korkala & Laksola 2012, 92.)

Levylämmönsiirtimessä (kuvio 6) on kiinteä kennosto, joka on rakennettu siten, että joka toisessa levyvälissä virtaa lämmin poistoilma ja joka toisessa välissä tuloilma. Poistoilmasta siirtyy lämpöä kennoston levyjen läpi tuloilmaan. (Energiatehokas koti -hanke 14.1.2011.)



Kuvio 6. Levylämmönsiirrin. (IV-Product, 7, [Viitattu 3.4.2016])

Levylämmönsiirrintyyppejä ovat vastavirtalämmönsiirrin, jonka hyötysuhde on 70-85 %:n luokkaa, sekä ristivirtalämmönsiirrin, jonka hyötysuhde on 50-65 %:n luokkaa. Yleisin levylämmönsiirtimen toimintaa heikentävä tekijä on sen likaisuus, jolloin hyötysuhde laskee. Automatiikka ohjaa levylämmönsiirtimen hyötysuhdetta säätö-, ja ohituspeltien avulla siten, että osa ilmavirrasta ohjataan kennoston läpi, ja osa sen ohi. (Korkala & Laksola 2012, 92–94.)

Levylämmönsiirtimestä tulee tarkastaa siirtimen puhtaus, säätöpeltien toiminta, kondenssivesiputkisto, luukkujen tiiveys sekä lämpötilasuhde, joka tulee laskea (Korkala & Laksola 2012, 92–94).

Nestekiertoisessa lämmöntalteenottojärjestelmässä (kuvio 7) sekä tulo- että poistoilmavirtaan on asennettu lamellipatterit, jotka on yhdistetty toisiinsa putkistolla. Putkistossa kierrätetään pumpulla jäätymätöntä liuosta, yleensä vesi-glykoli-seosta. Lämmin poistoilmavirta lämmittää poistoilmapatterissa kiertävää liuosta, jonka jälkeen liuos virtaa tuloilmapatteriin luovuttaen lämpöä kylmään tuloilmaan. (Korkala & Laksola 2012, 90.)



Kuvio 7. Nestekiertoisen lämmöntalteenoton tulo- ja poistoilmapatterit. (IV-Product, 7, [Viitattu 3.4.2016])

Automatiikka ohjaa lämmöntalteenoton hyötysuhdetta kolmitieventtiilillä. Kyseisen järjestelmän maksimihyötysuhde on 40-60 %:n luokkaa. Järjestelmästä tulee tarkastaa liuoksen määrä, kiertopumppu, paisuntalaitteet, putkisto varusteineen, automatiikka, patterien puhtaus ja kondenssivesiputkisto. (Korkala & Laksola 2012, 90.)

Rakenteensa vuoksi kyseinen järjestelmä soveltuu hyvin tiloihin, joiden poistoilma sisältää runsaasti epäpuhtauksia, sillä järjestelmässä tulo- ja poistoilmavirrat eivät sekoitu keskenään. Kyseinen LTO on myös mahdollista toteuttaa ilmanvaihtojärjestelmään, jossa tulo- ja poistoilmakoneet sijaitsevat eri tiloissa.

Lämmityspatteri. Lämmityspatterin (kuvio 8) tehtävänä on lämmittää tuloilma haluttuun lämpötilaan. Patteri koostuu kuparisista vesiputkista, joihin on kiinnitetty tiheästi alumiinisia lamelleja. Patterin suunnittelun lähtökohtana on tuottaa mahdollisimman suuri lämmönsiirtoteho mahdollisimman pienellä painehäviöllä. (Heinonen ym. 2014, 170.)



Kuvio 8. Lämmitys/jäähdytyspatteri. (IV-Product, 15.)

Koska lämmityspatteri (varsinkin esilämmityspatteri) on kosketuksessa kylmän tuloilman kanssa, on se erityisen altis jäätymiselle. Tästä syystä se varustetaan omalla vakiovesivirran turvaavalla kiertopumpulla, jota ei tule pysäyttää missään olosuhteissa. Vakiovedenkierto on pidettävä päällä sekä koneen käydessä että ollessa pysähtyneenä. Tuloilmakoneet on yleensä varmistettu sähköisellä lukituksella siten, että mikäli pumppu pysähtyy, pysähtyy myös tuloilmakone sekä poistopuhallin, ja ulkoilmapelti sulkeutuu. Lämmityspatterista tulee tarkastaa lamellien puhtaus, veden kierto ja lämpötilat, ilmaus, automatiikan toiminta käynti- ja pysäytystilanteissa sekä mahdolliset vesivuodot. (Korkala & Laksola 2012, 94–96.)

Jäähdytyspatteri. Jäähdytyspatterin rakenne on lähes samanlainen kuin vesilämmityspatterilla. Patterin kupariputkissa kiertää yleensä jäähdytetty vesi tai höyrystyvä kylmäaine. Mikäli käytetään kylmäainetta, on kyseessä niin sanottu suora-höyrystyspatteri. Jäähdytyspatteri on varustettu kondenssivesialtaalla ja poistoputkella kylmälle pinnalle tiivistyvän kosteuden poisjohtamiseksi. Jäähdytyspatterista tulee tarkastaa veden kierto ja lämpötilat, kondenssivesiallas ja sen viemäröinti, patterin puhtaus, ulkopuolisten putkien ja osien eristykset, ilmaus sekä mahdolliset korrosioauriot. (Korkala & Laksola 2012, 101.)

Puhallin. Puhaltimen (kuvio 9) tehtävänä on ilman siirtäminen, ja sille tarvittavan paineen ja nopeuden kehittäminen. Ilmanvaihtokoneissa käytetään pääasiassa keskipakois- ja aksiaalipuhaltimia. (Korkala & Laksola 2012, 102.)

Puhaltimen käyttövoima saadaan sähkömoottorista, joka on liitetty puhaltimeen joko suoraan tai hihnan välityksellä. Moottoreista tulee tarkastaa moottorin käynti ja käyntiääni, lämpötila, ulkopinnan ja ilma-aukkojen puhtaus, laakereiden kunto sekä sulakkeet. (Korkala & Laksola 2012, 103–104.)



Kuvio 9. Suorakäyttöinen kammiopuhallin. (IV-Product, 10, [Viitattu 3.4.2016])

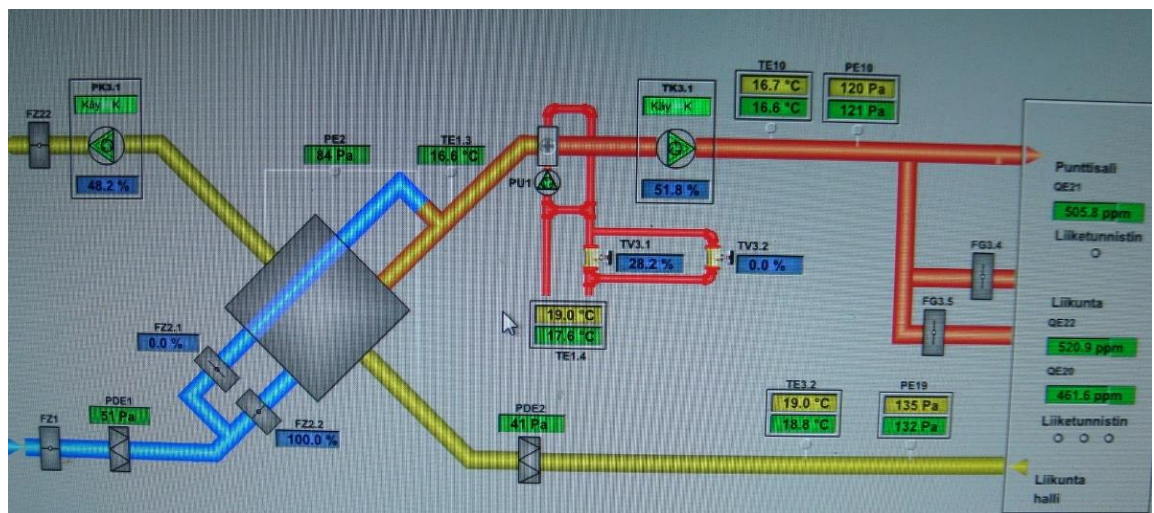
Mikäli moottori on liitetty puhaltimeen kiilahihnan välityksellä, tulee tarkastaa hihnojen kunto ja kireys. Liian löysällä oleva hihna luistaa ja kuluu nopeasti pilalle. Liian kireä hihna rasittaa laakereita ja aiheuttaa ylimääräistä energiankulutusta. Puhaltimista tulee tarkastaa myös pyörimissuunta, siipipyörän kunto ja puhtaus, mahdolliset laakeriäänet sekä tiiviys. (Korkala & Laksola 2012, 105–107.)

Koska puhaltimet tuottavat käydessään melua, tärinää sekä runkoääntä, käytetään asennuksessa erilaisia vaimennusratkaisuja. Runkoäänien kulkeutumista estetään asentamalla puhallin tärinänvaimentimien varaan, ja puhaltimen liittäminen kanavistoon toteutetaan joustavilla liittimillä. Puhaltimen tuottaman äänen pääsyä kanavistoon estetään äänenvaimentimilla. Tarkastuksen yhteydessä tulee huolehtia myös edellä mainittujen vaimennusten kunnosta. (Korkala & Laksola 2012, 102–107.)

Rakennusautomaatiojärjestelmä. Rakennusautomaation avulla ohjataan järjestelmiä, sekä kerätään kulutus-, olosuhde- ja käyttötilainformaatiota kiinteistön toiminnasta. Informaation perusteella saadaan pidettyä kiinteistön energiankulutus alhaisena ja talotekniikka kunnossa. (Heinonen ym. 2014, 287.)

Rakennusautomaation rakenne on hierarkkinen. Se voidaan jakaa kolmeen päätasoon: valvomotaso, alakeskustaso sekä kenttälaitetaso. Valvomotaso toimii käyttäjän työkaluna järjestelmään. Valvomosta saa informaatiota järjestelmän hälytyksistä ja voi tehdä muutoksia esimerkiksi lämpötilojen asetusarvoihin sekä laitteiden käyntiaikoihin. Käytännössä valvomopäätteenä toimii yleensä PC, joka on yhteydessä alakeskuksiin ja edelleen sitä kautta kenttälaitteisiin. Alakeskustaso koostuu itsenäisistä alakeskuksista ja niihin liittyvistä moduuleista. Alakeskukset sisältävät ohjelmia, jotka ohjaavat esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden ja lämmönvaihtimien prosesseja. Kenttälaitetasolla tarkoitetaan yleisesti antureita ja toimilaitteita. Anturit välittävät tietoa prosessien tilasta reaaliaikaisesti, ja alakeskuksen ohjelmistot ohjaavat antureiden välittämän informaation perusteella toimilaitteita siten, että käyttäjän asettamat tavoitteet saavutetaan. (Heinonen ym. 2014, 293–299.)

Kuviossa 10 on tyypillinen PC-valvomon grafiikkakuva tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmästä, joka on varustettu levylämmönsiirtimellä. Kyseisestä valvomosta voidaan muun muassa seurata ja muuttaa tuloilman lämpötilaa, tarkastella lämmöntalteenoton toimintaa ja suodatinten paine-eromittareiden arvoja.



Kuvio 10. Yleiskuva valvomon grafiikkakuvasta.

Ilmanvaihtojärjestelmässä on monia sähkötoimisia laitteita, jotka on ohjelmoitu toimimaan samanaikaisesti ennalta määritetyllä tavalla. Kyseiset toiminnot on varmistettu sähköisillä lukituksilla. Nämä lukitukset on yleensä toteutettu valvontajärjestelmässä asetetuilla ohjelmilla. Tällainen lukitus voi olla esimerkiksi tuloilmapuhaltimen käynnin salliminen ainoastaan silloin, kun lämmityspatterin kiertovesipumppu käy.

Tällä tavoin estetään lämmityspatterin jäätymisvaurion syntyminen, mikäli kiertovesipumppu syystä tai toisesta pysähtyy. (Korkala & Laksola 2012, 114.)

Rakentamismääräyskokoelman osassa D2 3.1.5 sanotaan, että ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja toteutettava siten, että hälytystilanteessa sen toiminta saadaan kokonaisuudessaan pysäytettyä selvästi merkityllä ja helposti saavutettavalla pysäytyskytkimellä. (D2 2012, 10.)

Automatiikasta tulee tarkastaa käyntiajan säädöt ja asetusarvot, toiminta koneen käynnistyessä ja pysähtyessä, pysäytyskytkin, hälytykset, lukitukset ja sähkökatkostoiminnot. (Korkala & Laksola 2012, 114–115.)

4.3 Poistoilmakone

Poistoilmakone muodostuu yleensä poistoilmapuhaltimesta, lämmön talteenottolaitteesta, jäteilmapellistä ja suodattimesta. Komponentit itsessään ovat rakenteeltaan ja toiminnaltaan pääosin samanlaisia kuin tuloilmakoneen vastaavat. (Korkala & Laksola 2012, 116.)

Erillispoistopuhaltimia, eli yleensä huippuimureita käytetään esimerkiksi niin sanotuissa likaisissa poistoissa, joita ei voi yhdistää keskusilmanvaihtokoneeseen jäteilman sisältämien epäpuhtauksien vuoksi. Tyypillisiä tiloja on esimerkiksi WC, keittiö sekä pesu- ja sosiaali-tilat. Huippuimureita käytetään jäteilmapuhaltimina lähes kaikenlaisissa rakennuksissa. (Heinonen ym. 2014, 195.)

4.4 Kanavisto

Ilmastointikanavat on valmistettu pääasiassa sinkitystä teräslevystä. Muodoltaan kanavat ovat yleensä joko pyöreitä tai suorakaiteen muotoisia. Ennen 1960-lukua ilmastointikanavat saattoivat olla myös rakenneaineisia, yleensä betonia tai tiiltä. (Heinonen ym. 2014, 214.)

Kanavien liitokset on voitu toteuttaa monin eri menetelmin. On tärkeää, että liitokset ovat tiiviitä. Esimerkiksi teipin ja kitin avulla tiivistetyt liitokset saattavat vanhetessaan vuotaa. Vuodot aiheuttavat ääntä, pienentävät huoneiden ilmanvaihtoa ja pahimmillaan voivat muuttaa talon painesuhteita. (Korkala & Laksola 2012, 123–124.)

Isot vuodot voidaan havaita äänen perusteella. Pienien vuotojen etsimisessä voidaan käyttää apuna merkkisavua. Tietyn kanavaosan tiiviys voidaan mitata tiiviyskokeella. Kokeessa kanaviston osa erotetaan muusta kanavistosta tiiviisti, ja kaikki aukot suljetaan esimerkiksi teippaamalla. Kanavistoon liitetään tiiviyskoepuhallin, sekä ilmamäärä- ja painemittari. Mikäli vuoto ylittää rakennusmääräyskokoelman osassa D2 määritetyt ohjearvot, tulee kanavaosa korjata. (Korkala & Laksola 2012, 124.)

5 KUNTOARVION HAVAINTOJA

Seuraavissa kappaleissa on esitetty esimerkkejä kuntoarviossa tehdyistä havainnoista ja niiden toimenpide-ehdotuksista.

5.1 Kohteet

Kuntoarvion kohteena oli kaikkiaan kymmenen koulurakennusta, joista lähes jokaisessa oli koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä. Suurin osa koneista oli varustettu lämmöntalteenotolla, mutta joidenkin keittiö- ja teknisten tilojen ilmanvaihto oli toteutettu erillisellä tuloilmakoneella ja erillispoistoilla, jolloin lämmöntalteenottoa ei ollut. Yhdessä kohteessa oli pelkkä koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä.



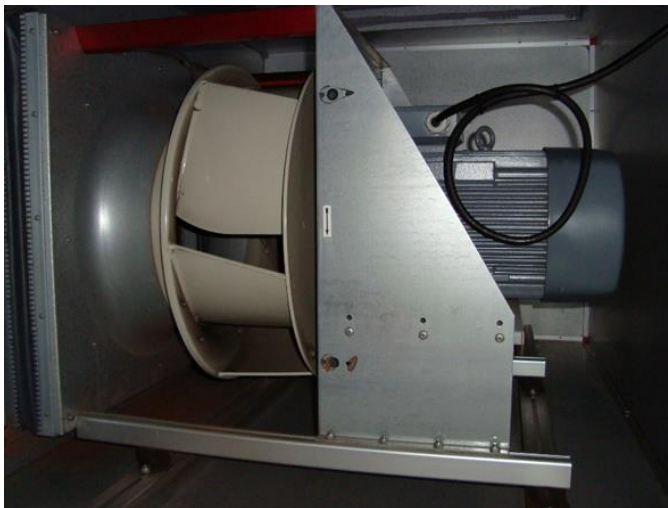
Kuva 1. Yleiskuva erään kohteen tulo- ja poistoilmanvaihtokoneesta.

Koneiden ikäjakauma oli laaja. Vanhimmat tulo- ja poistoilmakoneet olivat vuodelta 1987 ja uusimmat vuodelta 2015. Useassa kohteessa ilmanvaihtojärjestelmä oli uusittu kokonaan 2000-luvulla, joten kyseiset järjestelmät olivat kohtuullisen nykyaikaisia ja varustettu yleensä muun muassa taajuusmuuttajaohjatuilla puhaltimilla.

5.2 Havainnot ja toimenpide-ehdotukset

Puhallin. Kohteiden puhaltimet olivat joko suoravetoisia kammiopuhaltimia tai hihnakäyttöisiä radiaalipuhaltimia.

Suoravetoisissa puhaltimissa havaittuja ongelmia oli muun muassa puhaltimen laakerivaurio, jolloin puhallin piti käydessään jo huomattavan pahaa ääntä. Vika tulee korjata pikaisesti, sillä hajonnut laakeri saattaa aiheuttaa kuumentuessaan esimerkiksi tulipalovaaran. Lisäksi ongelmasta selvittään alkuvaiheessa yleensä pelkällä laakeroinnilla, jolloin kustannukset jäävät murto-osaan esimerkiksi uuden sähkömoottorin hinnasta. Lisäksi havaittiin epätasapainossa oleva siipipyörä, joka ilmeni väristävänä käyntinä. Kyseinen ongelma on syytä korjata pikaisesti, sillä epätasapainossa pyörivä siipipyörä aiheuttaa todennäköisesti jossain vaiheessa laakerivaurion.



Kuva 2. Havainnekuva viallisesta kammiopuhaltimesta.

Hihnakäyttöisistä puhaltimista löytyi runsaasti huonokuntoisia ja liian löysällä olevia hihnoja. Kyseiset ongelmat aiheuttavat puhaltimen hyötysuhteen alenemista, joka

johtaa joko tavoiteltua pienempiin ilmamääriin tai taajuusmuuttajaohjatun puhaltimen kohdalla lisääntyneeseen sähkönkulutukseen automatiikan pyrkiessä kompensoimaan pienentyntä ilmamäärää lisäämällä puhaltimen kierroksia. Luistavista hihnoista irtoaa myös runsaasti hihnapölyä. Kyseiset ongelmat on suositeltavaa korjata pikaisesti, sillä toimenpiteillä saavutetaan parannuksia sisäilmaan sekä myönteisiä vaikutuksia energiankulutukseen.

Lisäksi ilmeni hihnapyörien kohdistusvirhe, joka johtaa hihnan ennen aikaiseen loppuun kulumiseen ja lisääntyneeseen sähkönkulutukseen. Väärä linjaus aiheuttaa myös voimakkaita jännitteitä käyttöakseleiden laakereille, jolloin laakerit joutuvat suurelle kuormitukselle. Hihnapyörät tulee kohdistaa oikein ja kyseiset hihnat uusia.

Kohteessa, jossa ilmanvaihtojärjestelmänä oli koneellinen poistoilmanvaihto, oli osa huippuimureista jo ylittänyt teknisen käyttöikänsä reilusti (kuva 3). Kyseiset huippuimurit on suositeltavaa korvata uusilla.



Kuva 3. Teknisen käyttöikänsä ohittanut huippuimuri vuodelta 1977.

Lämmöntalteenotto. Suhteellisesti eniten ongelmia löytyi lämmöntalteenottojärjestelmistä.

Levylämmönsiirtimet on usein varustettu säätö- ja ohituspellin, joiden tarkoitus on säätää poistoilmavirrasta tuloilmavirtaan siirrettävän lämpöenergian määrää ja estää lämmönsiirtimen liiallinen huurtuminen kylmällä ilmalla.

Erään kohteen levylämmönsiirtimen säätöpellistö oli epäkuntoinen (kuva 4). Säätöpeltien säleen akseli oli katkennut, eivätkä LTO:n ohituspellit sulkeutuneet tiiviisti.

Ongelman takia LTO ei toimi automatiikan haluamalla tavalla, koska LTO:n läpi- ja ohikulkevien ilmavirtojen suhde ei ole oikea. Ongelma johtaa kylmillä ilmoilla joko LTO:n liialliseen huurtumiseen tai heikkoon hyötysuhteeseen. Ongelma on syytä korjata pikaisesti.



Kuva 4. Levylämmönsiirtimen säätöpellistön säleen katkennut akseli.

Nestekiertoisista lämmöntalteenottojärjestelmistä löytyi liuospiirin pumppuvuotoja, sekä yksi LTO-järjestelmä, jonka vesi-glykoliseosta täytyy kiinteistönhoitajan mukaan toisinaan lisätä. Kyseisessä järjestelmässä ulospäin näkyviä vuotoja ei ollut, joten ongelmana on todennäköisesti viallinen kalvopaisunta-astia tai väärä esipaine. Esipaine on tarkistettava ja paisunta-astia tarvittaessa uusittava.

Pyörivistä lämmöntalteenottojärjestelmistä löytyi muun muassa loppuun kuluneita kehän harjatiivisteitä (kuva 5). Tiivisteiden tarkoitus on tiivistää kennoston läpi johdettava ilmavirta LTO-kammiosta. Tiivisteiden tulisi koskettaa kaarilevyjen pintaa. Joissain kohteissa roottorin ja tiivisteiden välissä oli useiden millimetrin väli. Tiivisteet on mahdollisuuksien mukaan säädettävä ja tarvittaessa uusittava, jolloin on suositeltavaa vaihtaa samalla roottorin keskipalkkien harjatiivisteet.



Kuva 5. Pyörivän lämmönsiirtimen roottorin loppuun kulunut harjatiiviste.

Pyörivien lämmöntalteenottokennojen moottoreiden kulmavaihteissa ilmeni akseli-
tiivisteen öljyvetoja (kuva 6). LTO-kammioiden pohjalle oli joissain kohteissa vuo-
tanut öljyä jo runsaasti. Kammiot on puhdistettava öljystä ja kulmavaihteiden vuodot
korjattava.

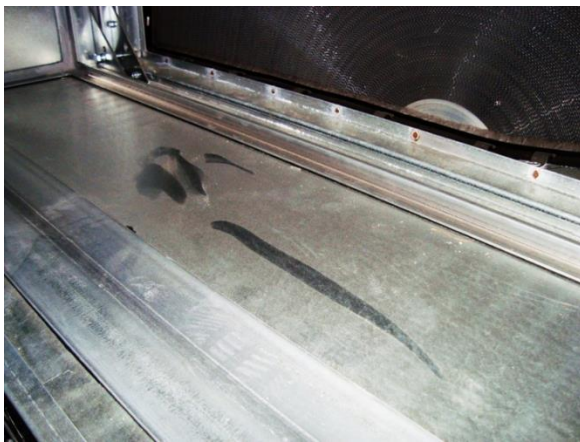


Kuva 6. Pyörivän lämmönsiirtimen moottorin kulmavaihteen öljyveto.

Automaatio. Joissain kohteissa ilmanvaihtokoneiden valvonta-alakeskusta ei ollut
liitetty valvomoon. Koneet olisi hyvä liittää valvomoon, jolloin esimerkiksi prosessien
seuraaminen ja asetusarvomuuotoksien tekeminen olisi helpompaa. PC-valvomon
selkeä grafiikkakuva helpottaa myös mahdollisien ongelmakohtien havaitsemista.

Erään kohteen tulo- ja poistoilmanvaihtokone ei sammutuksen jälkeen käynnistynyt ensimmäisellä yrityksellä. Kyseessä on oletettavasti automaatio- tai sähköjärjestelmän vika, joka tulee selvittää.

Muita havaintoja. Suurimmassa osassa kohteista ilmanvaihtojärjestelmät oli puhdistettu kauttaaltaan hiljattain, eikä suuria pölykertymiä ilmennyt. Yhdessä kohteessa ilmanvaihtojärjestelmä oli 11 vuotta vanha eikä kertaakaan puhdistettu, joten kymmenen vuoden suosituksen perusteella järjestelmä tulee puhdistaa pikaisesti. Myös visuaalisesti tarkasteltuna kyseisen kohteen koneiden pölykertymä oli jo niin suuri, että puhdistus on suositeltavaa (kuva 7).



Kuva 7. Ilmanvaihtokoneen LTO-kammion pölykertymä.

Eräässä kohteessa alkuperäinen koneellinen poistoilmanvaihto on saneerattu tilakohtaiseksi tulo- ja poistoilmanvaihdoksi. Yhdessä luokkatilassa käytöstä poistetut poistoilmanvaihtoventtiilit ovat edelleen avoinna (kuva 8), jolloin niiden kautta pääsee virtaamaan ilmaa hallitsemattomasti luokkatilan ja ulkoilman välillä. Venttiilit tulee sulkea, jotta niiden kautta tapahtuva ilman liikkuminen ei sekoittaisi nykyisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän suunniteltuja painesuhteita.



Kuva 8. Avoinna olevat, käytöstä poistetut poistoilmaventtiilit.

Verrattaessa ilmanvaihtokoneiden ikää LVI 10424-ohjekortissa määritettyihin arvioituihin teknisiin käyttöikiin, havaittiin, että usean koneen komponentit, kuten puhallin, alkaa olla oletetun teknisen käyttöikänsä lopussa. Kyseisten koneiden kohdalla on siis syytä lähitulevaisuudessa varautua komponenttien uusimistarpeisiin. Puhaltimia ei ole kuitenkaan järkevää lähteä uusimaan ennakoivana huoltona, sillä todellinen käyttöikä saattaa olla huomattavasti pidempikin kuin määritetty oletettu käyttöikä. Koska koneiden rungot itsessään olivat hyväkuntoisia, ei välttämätöntä koneen uusimistarvetta ollut missään kohteessa.

Kuntoarvion tarkat tulokset ja PTS-ehdotus ovat liitteissä 1 ja 2.

6 ENERGIANSAÄSTÖMAHDOLLISUUDET

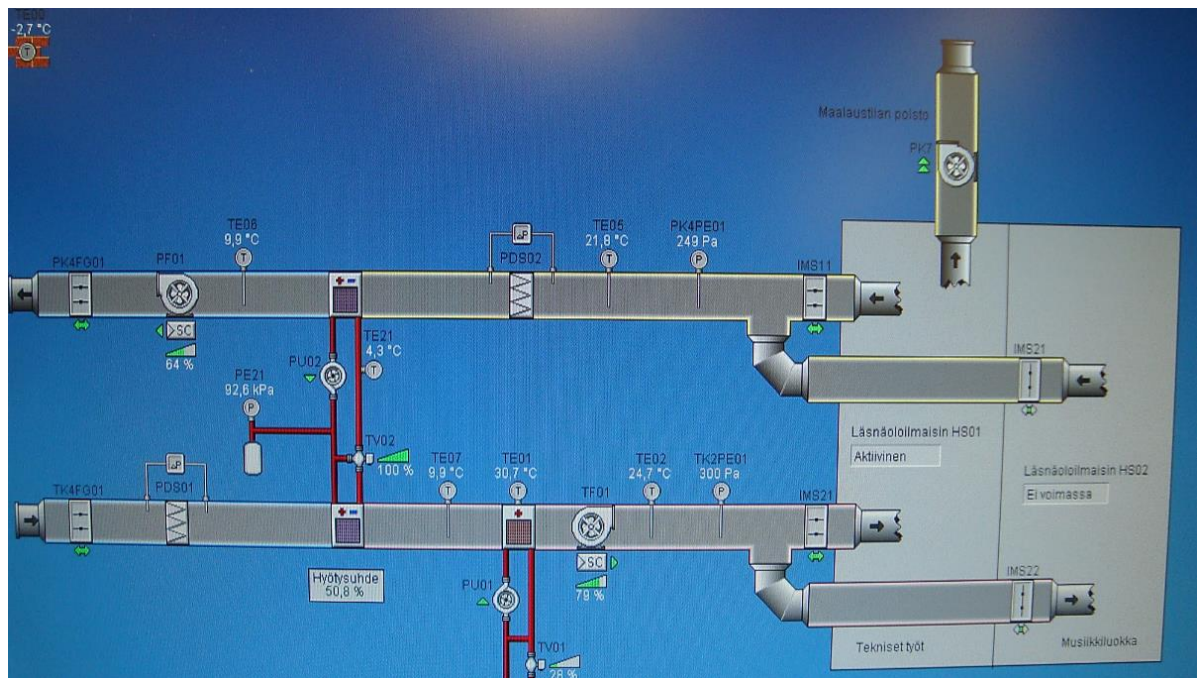
6.1 Tuloilman lämpötila

Viihtyvyyden ja ilmanvaihdon toiminnan kannalta paras tilanne on, kun tuloilman lämpötila on muutaman asteen alhaisempi kuin tilan huonelämpötila. Tällöin tuloilma saadaan sekoittumaan hyvin huonetilan oleskeluvyöhykkeellä. Liian lämmin tuloilma jää huonetilan katonrajaan, eikä laskeudu oleskeluvyöhykkeelle. (Motiva, energiatehokas ilmanvaihto, 4.)

Myös energiatehokkuuden kannalta on järkevää toteuttaa lämmitys mahdollisimman suurella osuudella varsinaisilla huonetilojen lämmittimillä. Ne ovat tarkkasäätöisempiä, ja hyödyntävät esimerkiksi sisäiset lämpökuormat paremmin kuin ilmanvaihtokone. Tällöin tilan yllälämpenemisen vaara pienenee. Tuloilman lämpötila tulee säätää niin alhaiseksi kuin mahdollista ilman, että tästä aiheutuu vedon tunnetta. Tuloilman oikea lämpötila on aina tapauskohtainen, mutta yleisesti suositeltava lämpötila on lämmityskaudella 15–17 °C. (Motiva, energiatehokas ilmanvaihto, 4)

Tarkasteltaessa automatiikan keräämiä lämpötilatietoja, havaittiin, että joissain koh-teissa tuloilman lämpötilat vaikuttivat kohtuuttoman korkeilta. Erään kohteen valvo-mon tietojen perusteella erään ilmanvaihtokoneen tuloilman lämpötila oli puhaltimen jälkeen 24,7 °C, ja poistoilman lämpötila on 21,8 °C. Esimerkkitalanteessa lämmön talteenoton käynti oli 100 %, ja ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin venttiili 28 % auki. Tuloilman lämpötila on siis reilusti korkeampi kuin huoneilman lämpötila, joten ilmanvaihdon osuus tilan lämmityksestä on suhteellisesti korkea. Myös kohteen muissa tiloissa oli havaittavissa samankaltaisia lämpötila-arvoja, joten tuloilman lämpötiloja olisi selkeästi varaa laskea. Tällöin painopiste lämmityksessä siirtyisi enemmän tilojen varsinaiselle lämmitysjärjestelmälle, eli tässä tapauksessa radiaat-toreille. Tulo- ja poistoilmavirrat saataisiin myös sekoittumaan paremmin.

Kuvassa 9 on valvomon grafiikkakuva edellä mainitun ilmanvaihtokoneen toimin-nasta. Kuvasta ilmenee muun muassa tulo- ja poistoilman lämpötilat sekä LTO:n ja lämmityspatterin käyntiasteet.



Kuva 9. Valvomon grafiikkakuva ilmanvaihtojärjestelmän toiminnasta.

6.2 Aikaohjelmat

Erään kohteen tilakohtaisten ilmanvaihtokoneiden toimintaa ohjataan tällä hetkellä ohjauspaneelin kautta käsin asteikolla 1–8. Käytännössä ohjaus tapahtuu siten, että koulupäivän ajan ilmanvaihto pidetään suuremmalla käyntinopeudella, ja poistuttaessa asetetaan käyntinopeus pienemmälle. Jälkilämmityspatterien asetusarvo säilyy tällöin samana ympäri vuorokauden.

Jokaiseen koneeseen on mahdollista ohjelmoida ohjauspaneelin kautta viikko-ohjelma, jolla voidaan säätää tuntiakohtaisesti haluttu puhallinnopeus sekä tuloilman lämpötila. Koska rakennus itsessään lämpiää maalämmöllä, mutta kyseisten ilmanvaihtokoneiden jälkilämmityspatterit ovat sähkökäyttöisiä, saataisiin energiansäästöä tekemällä viikko-ohjelmasta sellainen, että se ohjaa tuloilman lämpötilan mahdollisimman alhaiseksi ilta-, yö- sekä viikonloppuaikaan. Tällöin tilan lämmittämisestä mahdollisimman suuri osuus tapahtuisi maalämmöllä, joka on energiataloudellisempi lämmitysmuoto kuin suora sähkölämmitys. Koulupäivän ajaksi viikko-ohjelman tulee kuitenkin nostaa tuloilman lämpötila jälkilämmityspatterilla korkeammaksi, jotta vältetään viileän tuloilman aiheuttamalta vedon tunteelta. Samalla

viikko-ohjelma voidaan säätää ohjaamaan koneen käynti miniminopeudelle edellä mainittuina aikoina, jolloin henkilökunnan ei tarvitsisi ohjata ilmanvaihtoa lainkaan käsikäyttöisesti.

6.3 Lämmöntalteenotto

Ilmanvaihdossa tärkein yksittäinen energiansäästökeino on lämmöntalteenotto. Sen avulla ilmanvaihdon energiankulutusta saadaan vähennettyä yli puolella. (Seppänen & Seppänen 2004, 260.)

Kuntoarvion kohteissa lämmöntalteenottojärjestelmä oli lähes kaikissa ilmanvaihtokoneissa. LTO puuttui ainoastaan joidenkin teknisten ja keittiötilojen ilmanvaihtokoneista, joiden palvelualueella ilmanvaihto oli toteutettu erillisellä tuloilmakoneella ja erillispoistoilla. Tällöin tuloilma täytyy lämmittää haluttuun lämpötilaan kokonaan osatoenergialla, eli tässä tapauksessa kaukolämmöllä, ja lämmin poistoilma puhalletaan suoraan ulos sen sisältämää lämpöenergiaa hyödyntämättä. Lämmöntalteenotto puuttui myös koulusta, jossa on ainoastaan koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä.

Tässä työssä tarkasteluun otettiin erään kohteen ruokalaa ja keittiötä palveleva erillinen tuloilmakone, sekä tilojen poistoilmanvaihdosta vastaavat kaksi huippuimuria. Keittiön rasvainen ja lämmin poistoilma sisältää suuren lämpöenergiamäärän, joten sen hyödyntämisen mahdollisuuksia kannattaa tutkia. Kohteessa, jossa ilmanvaihto on toteutettu erillisellä tuloilmakoneella ja huippuimureilla, nestekiertoinen lämmöntalteenotto on käytännössä ainoa vaihtoehto, mikäli halutaan säilyttää vanha ilmanvaihtojärjestelmä ilman suurempia muutoksia. Kyseinen lämmöntalteenottotyyppi soveltuu hyvin myös kyseisen kaltaisiin tiloihin, joissa niin sanotun likaisen poistoilman ei haluta sekoittuvan tuloilmaan.

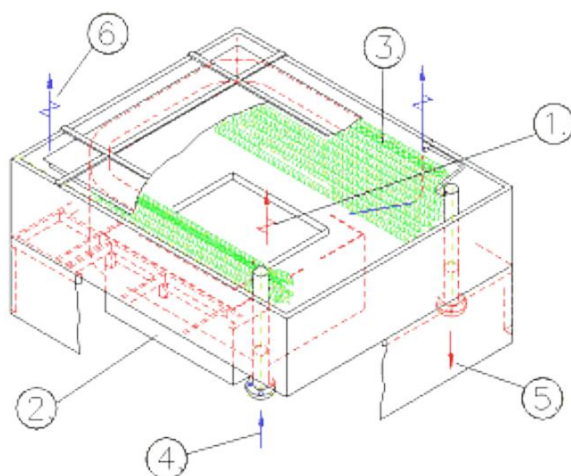
Eräs mahdollisuus toteuttaa jälkiasenteinen lämmöntalteenotto jo olemassa olevaan järjestelmään on Retermia Oy:n valmistama neulalämmönsiirrin, jossa lämmönsiirtopintana toimii neulaputki. Järjestelmässä yhden tai useamman huippuimurin ympärille rakennetaan niin sanottu ulospuhalluskatos, jossa LTO-järjestelmä voi-

daan lisätä olemassa olevan ulospuhalluspiipun päälle. Kyseiseen lämmöntalteenottojärjestelmään kuuluu vähintään tulo- ja poistolämmönsiirtimet sekä näitä yhdistävä liuosputkisto varusteineen. (Retermia Oy, 40.)

Tuloilmapuolen neulalämmönsiirrin on suositeltavaa sijoittaa mahdollisimman lähelle ilmanottoa, jolloin se toimii myös tuloilman esisuodattimena suodatusluokan ollessa noin EU-3 -tasoa. Suositeltavin sijoitus neulalämmönsiirtimelle on ulkosäleikön tilalla, jolloin neulapatteri suojaa koko kanavistoa myös lumelta ja kosteudelta. (Retermia Oy, 8-10.)

Järjestelmän etuna on, että lämmöntalteenotto on mahdollista rakentaa puhaltimia tai muita laitteita uusimatta. Neulalämmönsiirrin myös soveltuu erityisen hyvin nimenomaan keittiöiden ja ravintoloiden rasvaisen poistoilman lämmöntalteenottoon, sillä rakenteensa vuoksi neulalämmönsiirrin ei juurikaan tukkeudu likaisesta ilmasta ja ilmapuolen painehäviö ja lämmönsiirtokyky pysyy lähes vakiona koko huoltovälin ajan.

Kuviossa 11 on esitetty ulospuhalluskatoksen toimintaperiaate. Lämmin poistoilma ohjataan kanavaa pitkin LTO-laitteelle. Poistoilman kulkiessa lämmönsiirtopintana toimivan neulapinnan läpi, siirtyy ilmassa oleva lämpöenergia neulaputken sisällä virtaavaan nesteeseen. Lämpöenergia johdetaan liuosputkiston avulla tuloilmapuolen lämmönsiirtimeen, missä nesteen sisältämä lämpöenergia esilämmittää tuloilman. Jäähdytynyt poistoilma puhalletaan katoksen reunoilta ulos. Puhaltimia ei järjestelmässä tarvitse uusia. (Retermia Oy, 59.)

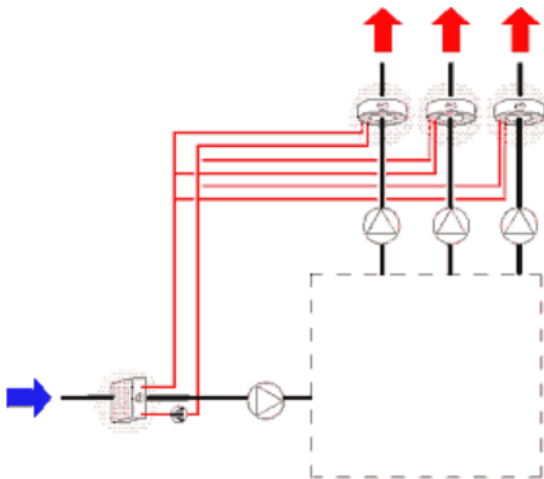


Kuvio 11. Ulospuhalluskatoksen periaatekuva. (Retermia Oy, 59.)

Kuvion 11 numeroiden selitykset:

1. Lämmin poistoilma
2. LTO-laite
3. neulalämmönsiirrin
4. palaava lämmönsiirtoneste
5. lähtevä lämmönsiirtoneste
6. jäähtynyt poistoilma.

Kuviossa 12 on esitetty periaatekuva tarkasteltavaan kohteeseen soveltuvasta järjestelmästä, jossa useista huippuimureista kerättävä lämpöenergia siirretään yhden tuloilmakoneen esilämmityspatterille.



Kuvio 12. Periaatekuva LTO-järjestelmästä, jossa useita huippuimureita ja yksi tuloilmakone. (Retermia Oy, 8.)

Mikäli vanhat huippuimurit ovat jo teknisen käyttöikänsä loppupuolella, on kuitenkin syytä harkita niiden vaihtamista samalla uusiin, jolloin LTO-järjestelmää ei toteuteta jo mahdollisesti vaihdon tarpeessa olevien huippuimureiden mukaan. Tällöin järjestelmän poistoilmapuoli toteutetaan niin sanotuilla LTO-huippuimureilla, jotka valmistetaan rakentamalla neulalämmönsiirrin uuden huippuimurin päälle jo tehtaalla. Vanhoihin huippuimureihin verrattuna etuna on myös uusien puhaltimien parempi hyötysuhde, jolloin energiansäästöä saadaan myös sähkönkulutuksen pienenemisen ansiosta. Kuviossa 13 on esitetty 3-rivisellä neulalämmönsiirrimellä varustettu LTO-huippuimuri.



Kuvio 13. Yleiskuva Retermia LTO-huippuimurista. (Retermia Oy, [Viitattu 31.3.2016]).

Tarkasteltaessa lämmöntalteenottojärjestelmän jälkiasentamisen kannattavuutta, tulee ensimmäiseksi selvittää kohteen tulo- ja poistoilmavirrat, sekä poistoilman lämpötila. Kyseisten tietojen perusteella voidaan laskea, paljonko poistoilmavirrasta on mahdollista siirtää lämpöenergiaa tuloilmavirtaan. Ilmavirrat selviävät ilmanvaih- tokoneen kojekorteista sekä säätökaavioista. Poistoilman lämpötila selviää valvo- mon grafiikkakuvasta.

Kohteen poistoilmanvaihto on toteutettu kahdella kaksinopeus-huippuimurilla. Toi- sen poistoilmavirrat ovat $-350/-175 \text{ dm}^3/\text{s}$, ja toisen $-750/-375 \text{ dm}^3/\text{s}$. Tällä hetkellä ilmanvaihto toimii $\frac{1}{2}$ -teholla jatkuvasti, jolloin yhteenlaskettu poistoilmavirta on $550 \text{ dm}^3/\text{s}$. Tuloilmavirta on $+1100/+550 \text{ dm}^3/\text{s}$, ja tällä hetkellä jatkuvasti $550 \text{ dm}^3/\text{s}$. Koska ilmanvaihdon tehostusta ohjataan kohteessa CO_2 -pitoisuuden mukaan, las- kenta suoritetaan minimi-ilmamäärän perusteella, sillä tehostuskäyttö on ainoas- taan satunnaista. Tehostustilanteessa energiansäästö kuitenkin kasvaa, sillä suu- remmasta ilmavirrasta saadaan enemmän lämpöenergiaa talteen. LTO-järjestelmä itsessään tulee mitoittaa maksimi-ilmamäärän mukaan.

Laskelmissa on käytetty kaukolämmön hintana $61,24\text{€/MWh}$ sisältäen arvonlisäve- ron 24 % (Kurikan kaukolämpö Oy, [Viitattu 24.3.2016]). Sähkön hintana on käytetty

100,41€/MWh sisältäen arvonlisäveron 24 % ja sähkön siirtomaksut. (Seinäjoen Energia Oy, [Viitattu 24.3.2016]). Energian hinnat perustuvat paikallisten kauko-
lämpö- ja sähköyhtiöiden hinnoitteluun 3/2016 hintatasolla. Poistoilman lämpötilana on laskelmassa käytetty 19,5 °C, joka on kohteen poistoilmakanavan lämpötila-
anurin mittaama todellinen arvo.

Järjestelmän kannattavuutta selvitettiin lähettämällä Retermian edustajalle edellä mainitut esitiedot ilmamääristä, lämpötiloista ja energian hinnoista. LTO-huippuimureiden ja esilämmityspatterin mitoituksen toteutti Retermia Oy. Laskelmissa on käytetty Retermia Oy:n kehittämää tuntitason Recovery Calculation – laskentaohjelmaa, jolla saadaan luotettava kuva lämmöntalteenottojärjestelmän tuottamista energiansäästöistä (Retermia Oy, 14).

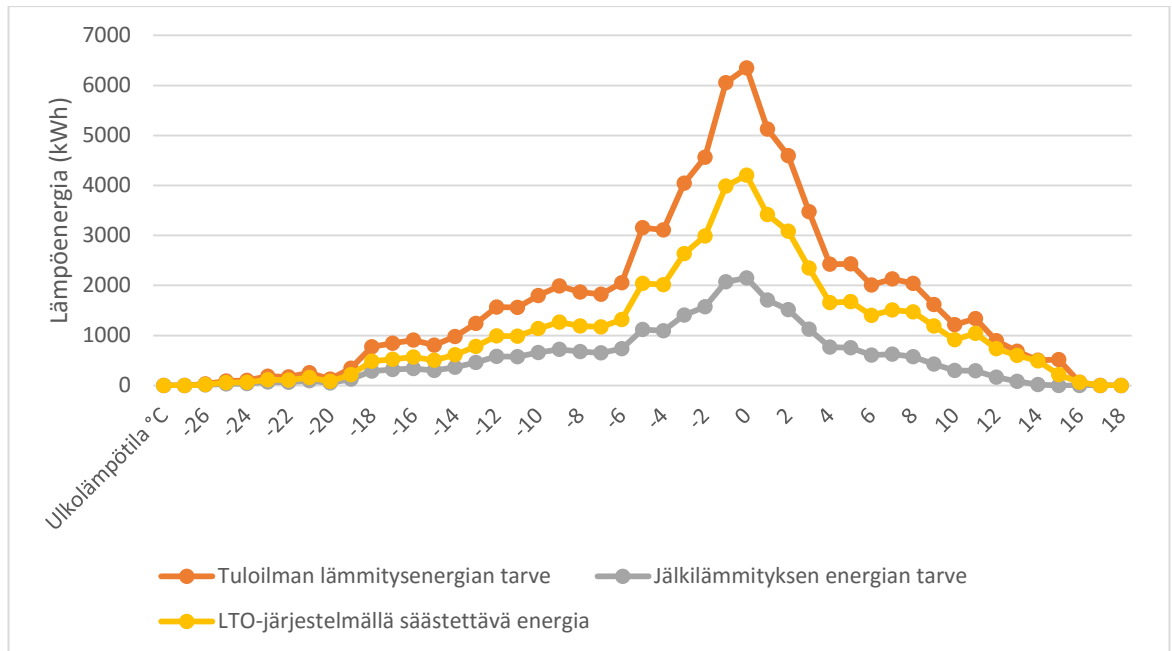
Taulukossa 5 on esitetty laskennan tuloksena saadut tiedot LTO-järjestelmän tuottamasta energiansäästöstä poistoilmavirran ollessa jatkuvasti 550 dm³/s. Vuotuudessa energiansäästöissä on huomioitu LTO-järjestelmän liuospumppujen aiheuttaman sähköenergiankulutuksen negatiivinen vaikutus taloudelliseen säästöön.

Laskelman lähtökohtana on, että kummatkin huippuimurit vaihdetaan uusiin, sillä nykyiset huippuimurit alkavat olla teknisen käyttöikänsä loppupuolella. Poistoilmapuolelle asennetaan siis kaksi LTO-huippuimuria, ja tuloilmapuolelle asennetaan ulkoseinälle ulkosäleikköpatteri.

Taulukko 5. LTO-järjestelmän tuottama taloudellinen säästö. (Retermia Oy)

Tuloilman vuosihyötysuhde	67,1	%
LTO-järjestelmän vuotuinen energiansäästö	52	MWh/a
LTO-järjestelmän tuottama taloudellinen säästö	3121,4	€/a
LTO-järjestelmän vuotuinen sähkönkulutus	1,2	MWh/a
LTO:n vuotuisen sähkönkulutuksen kustannus	119,9	€/a
Vuotuinen taloudellinen säästö	3001,5	€/a

Kuviossa 14 on havainnollistettu kyseisen ilmanvaihtojärjestelmän minimituloilmavirran lämmitysenergian tarvetta. Kuviossa on esitetty vuositasolla tuloilman lämmitysenergian tarve ilman LTO:ta, LTO:lla säästettävä lämmitysenergia sekä LTO:n jälkeinen jälkilämmityksen tarve.



Kuvio 14. Tuloilman lämmitysenergian tarve. (Retermia Oy)

Arvioituna budjettihintana LTO-pattereille ja uusille huippuimureille voidaan Retermia Oy:n edustajan mukaan käyttää 14500 € + alv. Lisäksi täytyy arvioida LTO-patterit yhdistävän putkiston sekä asennustyön hinta.

LTO-pattereiden putkiston hinta-arviointiin voidaan käyttää Talonrakennuksen kustannustieto-kirjaa. Kirjassa otetaan huomioon Suomen eri alueiden vaihteleva hintataso. Tässä tapauksessa käytetään indeksialuetta 6, jonka hintataso 1/2016 on 73. (Haahtela 2015, 120.)

Putkiston asennuksen hinnan arviointi on hankalaa ilman putkistoreitin suunnittelua ja mitoitusta. Kustannustietokirjan Glykoliputkiston lisähinta -kohdan mukaan voidaan kuitenkin karkeasti arvioida 20 metriä pitkän putkiston hinnaksi asennuksineen 2800 € (Haahtela, 282). LTO-pattereiden asennuksen hinnaksi voidaan Talotekniikka-alan työehtosopimuksen perusteella karkeasti arvioida 1800 € (Talotekniikka-alan työehtosopimus, 133–150).

Järjestelmän kokonaishinnaksi LTO-pattereineen, huippuimureineen ja putkistoineen saadaan arvonlisäveron kanssa 23 250 €.

Edellä mainittujen tietojen perusteella voidaan selvittää lämmöntalteenottojärjestelmän investoinnin takaisinmaksuaika. Investoinnin takaisinmaksuajalla tarkoitetaan sitä määrää vuosia, joiden kuluessa investointi maksaa itsensä takaisin menojen

säästöillä. Mikäli vuotuiset nettotulot ovat vakiot, voidaan takaisinmaksuaika laskea yksinkertaisesti jakamalla kokonaiskustannukset vuosittain saatavilla säästöillä (Vierros 2009):

$$Takaissinmaksuaika = \frac{Hankintamenot}{Investoinnin nettotulot} \quad (2)$$

Takaissinmaksuaika tässä tapauksessa:

$$Takaissinmaksuaika = \frac{23\,250 \text{ €}}{3002 \text{ €}} = 7,7a$$

Energiansäästön näkökulmasta investointi vaikuttaa kannattavalta. Asiassa tulee kuitenkin ajatella kokonaisuutta tapauskohtaisesti. Esimerkkitapauksessa huipumurit uusittaisiin, mutta alkuperäinen tuloilmakone, joka komponentteineen alkaa olla teknisen käyttöikänsä loppupuolella, jäisi ennalleen. Tämä tulee huomioida esimerkiksi silloin, jos vaihtoehtona olisi saneerata koko ilmanvaihtojärjestelmä tulevaisuudessa.

Käytännössä investoinnin takaisinmaksuaika on riippuvainen myös monista muista asioista, kuten energian hinnasta ja sen muutoksista. Mikäli kaukolämmön hinta laskee, ja sähkön hinta nousee, takaisinmaksuaika pitenee ja päinvastoin.

Lisäksi energiansäästöä ja energiatehokkuutta edistävien hankkeiden investointeihin on mahdollista hakea energiatukea työ- ja elinkeinoministeriöltä ja ELY-keskukset. Energiatuki on aina harkinnanvarainen tuki, ja sen myöntäminen käsitellään tapauskohtaisesti. Energiansäästöinvestoinnin tulee olla raportoidussa energiakatselmuksessa todettu siten, että selvityksestä ilmenee perusteet hankkeen toteuttamiselle, hankkeen tekninen kuvaus sekä laskelma saavutettavista energiansäästöistä. Tuettavasta hankkeesta tulee voida selkeästi osoittaa koituvan energiansäästöä. (Motiva Oy 8.2.2016.)

Kyseisen kaltaisen lämmöntalteenoton jälkiasennuksen mahdollisuudet saada energiatukea ovat hyvät, ja Retermian teknologialla on mahdollista toteuttaa niin sanottuja ESCO-projekteja, jolloin tukiprosentti on korkeampi. ESCO-palvelussa ulkopuolinen palvelun tarjoaja, tässä tapauksessa energiatehokkaita laitteita valmistava yritys kuten Retermia, toteuttaa energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä

asiakkaalleen energiansäästön saavuttamiseksi. ESCO-palvelua tuottavan yrityksen tulee antaa säästötakuu toteuttamilleen toimille, jolloin investointi on asiakkaan kannalta turvallinen. (Motiva Oy 22.9.2015.)

Työ- ja elinkeinoministeriön linjaamat ohjeelliset tukiprosentit vuonna 2016 energiansäästöä edistäville investoinneille ESCO-palvelua käytettäessä on 15–25 % riippuen siitä, onko hakija liittynyt energiatehokkuussopimusjärjestelmään vai ei. (Työ- ja elinkeinoministeriö 3.2.2016)

Mikäli investoinnille myönnettäisiin esimerkiksi 15 %:n energiatuki, investoinnin takaisinmaksuaika olisi:

$$Takaisinmaksuaika = \frac{23\,250 \text{ €} - 15\%}{3002 \text{ €}} = 6,6 \text{ a} \quad (3)$$

Mikäli järjestelmä toteutettaisiin, tulisi järjestelmästä asennuksineen laatia tarjouspyyntö, jolloin komponenttien ja asennuksien hinnat olisivat tarkempia, sillä kyseinen laskelma on varsinkin asennuskustannuksien osalta ainoastaan suuntaa antava. Tarkemmassa tarkastelussa tulee siis ottaa huomioon myös muun muassa energian hintojen muutosennusteet ja mahdolliset energiatuet. Laskelma osoittaa kuitenkin, paljonko kyseisen kaltaisen kohteen poistoilmavirrasta on mahdollista saada energiaa talteen, ja millainen takaisinmaksuaika karkeasti olisi.

7 YHTEENVETO

Tarkastettujen ilmanvaihtokoneiden ikäjakauma oli melko suuri. Vanhimmat koneet olivat vuodelta 1987 ja uusimmat vuodelta 2015. Koneita oli kuitenkin useissa kohteissa uusittu viime vuosina, ja pääosin kunto oli hyvä. Myös energiatehokkuuden kannalta tilanne oli kohtuullisen hyvä, sillä lämmöntalteenottojärjestelmä oli lähes joka koneessa. Lämmöntalteenoton jälkiasennuksen kannattavuudesta tehty esimerkkilaskelma kuitenkin osoitti, että energiansäästöpotentiaalia on vielä niissä järjestelmissä, joista lämmöntalteenotto puuttuu. Kun huomioidaan vielä mahdolliset energiatuet, on investointien kannattavuuden selvittäminen harkitseminen arvoista.

Vanhimmissakaan koneissa ei vakavia teknisiä ongelmia ilmennyt, ja koneiden huolto vaikutti olleen pääosin kunnossa. Suodattimet oli kohteissa vaihdettu ainakin viime aikoina suositusten mukaan, kaksi tai kolme kertaa vuodessa. Välittömiä toimenpiteitä vaativia ongelmia olivat mm. puhaltimien laakeriviat ja epätasapainoisuus, lämmön talteenoton säätöpeltien epäkuntoisuus sekä loppuun kuluneet ja löysällä olevat puhaltimien kiilahihnat.

Välitöntä ilmanvaihtokoneiden uusimistarvetta ei ollut missään kohteessa, sillä vanhojenkin koneiden rungot olivat hyväkuntoisia, jolloin on mahdollista uusia ainoastaan tarvittavia komponentteja, kuten puhaltimia ja sulku- tai säätöpeltejä.

Erään kohteen koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä on paljon energiaa tuhaava ja etenkin kovilla pakkasilla ongelmallinen. Järjestelmän uusiminen on kuitenkin suuri ja kallis toimenpide ja edellyttää mahdollisesti laajempaa remonttia, joten kyseistä toimenpidettä ei PTS-ehdotukseen otettu mukaan.

Ilmanvaihtokoneiden huoltohistorian dokumentointi on ollut melko vähäistä, ja tiedot suoritetuista korjauksista perustuivat usein vain kiinteistönhoitajien muistelmiin. Vuoden 2016 alussa kohteissa käyttöönotettu sähköinen huoltokirja on ehdottomasti hyvä lisä ilmanvaihtokoneiden huoltoa ajatellen. Järjestelmään kirjatut tiedot löytyvät tarvittaessa eikä huoltohistoria häviä esimerkiksi kiinteistönhoitajan vaihtuessa.

LÄHTEET

- D2. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- Energiatehokas koti -hanke. 14.1.2011. Levylämmönsiirrin. [Verkkosivu]. Helsinki. [Viitattu 13.1.2016]. Saatavana: http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/ilmanvaihto/levylammonsiirrin
- FISE Oy. 15.1.2016. Rakennuksen kuntoarvioijan (PKA) pätevyysvaatimukset. [Verkkosivu]. Helsinki: FISE Oy. [Viitattu 17.1.2016]. Saatavana: http://www.fise.fi/default/www/suomi/patevyysvaatimukset_hakulomakkeet/kiinteistoala_tuotantojohto_valvojat_ja_rakennuttajat/rakennuksen_kuntoarvioija_pka/
- Haahtela, Y. & Kiiras, J. 2015 Talonrakennuksen kustannustieto 2015. Tampere: Haahtela-Kehitys Oy.
- Heinonen, J. ym. 2014 Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät: Perustietoa ilmastointiteknikasta rakentamisen ja rakennusten käytön asiantuntijoille. Tampere: Talotekniikka-Julkaisut Oy.
- Holopainen, R., Pasanen, P., Railio J., Säteri, J. & Virranta, P. 2008 Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus ja tasapainotus. Helsinki: Opetushallitus
- IV Product AB. Ei päiväystä. Environmental-friendly air handling units. [Verkkojulkaisu]. Växjö: IV Product AB. [Viitattu 3.4.2016]. Saatavana: <http://ivproduct.docfactory.com/#!doc/id:Rmqp9EroCEOPbx5iLyNiQw>
- IV Product AB. Ei Päiväystä. Modular air handling units. Växjö: IV-Product AB. Esite.
- Korkala, T. & Laksola, J. 2012. Ilmastointi: Hoito ja huolto. 5. uud. p. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus Oy.
- Kurikan kaukolämpö Oy. 2015. Kaukolämpötariffit. [Verkkojulkaisu]. Kurikka: Kurikan kaukolämpö Oy. [Viitattu 24.3.2016]. Saatavana: http://www.kurikankaukolampo.fi/images/Kurikan_Kaukolampo_Oy_tariffit_voimassa1.pdf
- LVI 01-10424. 2008. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitotaksot. Helsinki: Rakennustieto.
- LVI 01-10487. 2012. Kiinteistön kuntoarvio. Kuntoluokan määrittäminen. Helsinki: Rakennustieto.

- LVI 01-10509. 2012. Liike- ja palvelukiinteistön kuntoarvio. Tilaajan ohje. Helsinki: Rakennustieto.
- LVI 01-10510. 2012 Liike- ja palvelukiinteistön kuntoarvio. Kuntoarvioijan ohje. Helsinki: Rakennustieto.
- LVI 03-10378. 2004. Asuinrakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän peruskorjaus ja –parannus. Helsinki: Rakennustieto.
- Motiva Oy. Ei päiväystä. Energiatehokas ilmanvaihto. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Motiva Oy. [Viitattu 24.3.2016]. Saatavana: http://www.motiva.fi/fi-les/6147/Energiatehokas_ilmanvaihto2012.pdf
- Motiva Oy. 22.9.2015. ESCO-palvelu. [Verkkosivu]. Helsinki: Motiva Oy. Saatavana: <http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/esco-palvelu>
- Motiva Oy. 8.2.2016. Investointituet. [Verkkosivu]. Helsinki: Motiva Oy. Saatavana: http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tuemat_energiakatselmukset/katselmus- ja_investointituet/investointituet
- Retermia Oy. Ei päiväystä. Kustannustehokkain energiansäästöratkaisu. [Verkkojulkaisu]. Heinola: Retermia Oy. [Viitattu 24.3.2016]. Saatavana: http://www.retermia.fi/html/kuvat/paino/Tuotekansio_web.pdf
- Retermia Oy. Tuotetyypit. [Verkkojulkaisu]. LTO-huippuimuri. [Viitattu 31.3.2016]. Saatavana: <http://www.retermia.fi/tuotetyypit/lto-huippuimuri-ltoh/>
- RT 13-11143. 2014. Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot. Helsinki: Rakennustieto.
- Seinäjoen Energia Oy. Ei päiväystä. Sähkön hinnat. [Verkkosivu]. Seinäjoki: Seinäjoen Energia Oy. [Viitattu 24.3.2016]. Saatavana: http://www.seinajoenenergia.fi/Sahkon_hinnat
- Seppänen, O. & Seppänen, M. 2004 Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. 3. uud. p. Espoo: SIY Sisäilmatieto Oy.
- Talotekniikka-alan LVI-toimialan työehtosopimus 2014-2016, Rakennusliitto Ry.
- Työ- ja elinkeinoministeriö. 3.2.2016. Energiatuen määrä. [Verkkosivu]. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. Saatavana: https://www.tem.fi/energia/energiatuki/tuen_maara
- Vierros, T. 2009. Investointilaskelmat. [Verkkosivu]. Helsinki: Aalto University. [Viitattu 7.4.2016]. Saatavana: <https://wiki.aalto.fi/display/TU22/8.+Investointilaskelmat>

LIITTEET

Liite 1. Kuntoarvioraportti

Liite 2. PTS-tilukko

Liite 3. Retermia LTO-järjestelmän tunnusluvut

LIITE 3 LTO-järjestelmän tunnusluvut

**Retermia LTO- järjestelmän tunnusluvut**

4.4.2016

<u>Tulopatterien mitoitus tiedot:</u>			<u>Poistopatterien mitoitus tiedot:</u>		
Mitoitusilmavirta	1,10	[m³/s]	Mitoitusilmavirta	1,10	[m³/s]
kokonais nestevirta	0,45	[kg/s]	kokonais nestevirta	0,45	[kg/s]
<u>Liuospiirin mitoitus tiedot:</u>			<u>Yleiset tiedot:</u>		
LS neste:	Etyleeniglykoli		LTO:n jälkeisen ilman max lt	18	[C]
liuosvahvuus	35	[%]	laskenta vuosi	1990	
			laskenta paikkakunta:	Vaasa	

Tunnusluvut:

Tuloilman vuosihyötysuhde	67,1	%
LTO:n vuotuinen energiakerroin	43,4	
- LTO- järjestelmän vuotuinen energian säästö	52,0	MWh/a
- Lämmön hinta	60	€/MWh
- Sähkön hinta	100	€/MWh
- LTO:sta aiheutuva taloudellinen säästö	3121,4	€/a
- LTO- järjestelmän vuotuinen sähkön kulutus	1,2	MWh/a
LTO:n vuotuisen sähkönkulutuksen kustannus	119,9	€/a
Vuotuinen taloudellinen säästö	3001,5	€/a

Retermia LTO- järjestelmän tuloilman vuosihyötysuhteen laskennassa on huomioitu eri suuret tulo- ja poistoilmavirrat.

Tuloilman vuosihyötysuhde lasketaan jakamalla vuotuinen LTO:lla tuloilmaan siirretty lämmitysenergia vuotuisella tuloilman lämmitysenergian tarpeella:

$$\text{Tuloilman vuosihyötysuhde : } \varepsilon_T = \frac{Q_{LTO}}{Q_{TOT}} = \frac{Q_{LTO}}{Q_{LTO} + Q_{JALK}}$$

$$\text{LTO:n energiakerroin: } E_{LTO} = \frac{Q_{LTO}}{Q_S}$$

missä

Q_{LTO}	on vuotuinen LTO:lla tuloilmaan siirretty lämpöenergia [kWh]
Q_{TOT}	on vuotuinen tuloilman lämmitysenergian tarve [kWh]
Q_{JALK}	on vuotuinen tuloilman jälkilämmitysenergian tarve [kWh]
Q_{SAHKO}	LTO-järjestelmän vuotuinen sähkönkulutus [kWh]

Retermia LTO- järjestelmän poistoilman vuosihyötysuhde saadaan kertomalla tuloilman vuosihyötysuhde tulo- ja poistoilmavirtojen suhteella R_{LTO} .

Tulo- ja poistoilmavirtojen suhde:	$R_{LTO} =$	1,00
Poistoilman vuosihyötysuhde	67,1	%