

Kauri Salminen

# Ilmanvaihtokoneiden kuntotutkimus ja peruskorjaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Insinöörityö  
3.9.2012

Tekijä Otsikko	Kauri Salminen Ilmanvaihtokoneiden kuntotutkimus ja peruskorjaus
Sivumäärä Aika	22 sivua + 4 liitettä 3.9.2012
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-suunnittelupainotteinen
Ohjaaja(t)	ryhmäpäällikkö Sauli Heino yliopettaja Olli Jalonen
<p>Insinööriyössä tutkittiin toimistorakennuksen ilmanvaihtokoneiden tekninen kunto ja esitettiin kunkin ilmanvaihtokoneen elinkaaren pidentämiseksi tehtäviä korjaustoimenpiteitä. Tutkittuja ilmanvaihtokoneita oli kohteessa yhteensä 32 kappaletta. Toimenpiteiden arvioitiin pidentävän kunkin ilmanvaihtokoneen käyttöikää noin kymmenellä vuodella. Peruskorjaus osoittautui kustannustehokkaammaksi vaihtoehdoksi verrattuna kokonaisten ilmanvaihtokoneiden uusimiseen.</p> <p>Kutakin ilmanvaihtojärjestelmää palveleva ilmanvaihtokone tutkittiin silmämääräisesti arvioiden, sekä lämpötila- ja glykolipitoisuusmittauksin. Koneista löytyi muun muassa korroosiovaurioita, ikääntyneiden antureiden aiheuttamia ohjausvirheitä sekä kuluneiden osien aiheuttamaa ilmanlaadun heikkenemistä.</p> <p>Tutkimuksessa paneuduttiin myös ilmanvaihtojärjestelmien energiatehokkuuteen. Jokaiselle tulo-poistokoneelle laskettiin teoreettinen energiansäästö vuositasolla, mikäli niiden puhaltimet uusittaisiin. Nykyiset puhaltimet ovat hihnaveitoisia, ja niiden hyötysuhde on huomattavasti pienempi kuin uusissa suoravetoisissa puhaltimissa.</p> <p>Työnantajalleni tuotettu asiakasraportti luovutettiin tilaajalle tammikuussa 2012, mutta sen perusteella tehtävistä korjaustoimenpiteistä ei ole vielä tehty päätöstä.</p> <p>Tuloksena saatiin laskelma, jonka perusteella voidaan todeta, että energiansäästötoimenpiteenä puhaltimien ja muiden osien uusiminen ei ole kannattavaa, mutta kunnossapitotoimenpiteenä se on kuitenkin välttämätön.</p>	
Avainsanat	ilmanvaihto, kuntotutkimus, peruskorjaus

Author(s) Title	Kauri Salminen Condition examination and renovation of air handling units
Number of Pages Date	22 pages + 4 appendices 3.9.2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructor(s)	Sauli Heino, Group Leader Olli Jalonen, Principal Lecturer
<p>This final year project surveyed the air handling units within an office building and suggested repair procedures for them. The goal was to lengthen the life span of the units and decide whether a full replacement was necessary.</p> <p>The study showed that replacing only the necessary parts was enough to expand the life span by at least ten years.</p> <p>Each air handling unit was thoroughly surveyed by visual examination of the parts, and by measuring the air temperature in various parts of the unit. In addition, the concentration of ethylene-glycol in the heat recovery networks was tested and found appropriate.</p> <p>The survey revealed corrosion damage, misleading sensor information and loss of indoor air quality due to leaking filter frames.</p> <p>The energy efficiency of the air handling units was also covered by the study. An energy saving calculation made for each unit showed how much energy could be saved if the current belt-operated supply and exhaust air blowers of a unit were replaced by more efficient modern direct-driven blowers.</p> <p>The actual report was delivered to the customer on January 2012, but so far no decision of the repair procedures has been made.</p>	
Keywords	ventilation, air handling units, examination, repair procedures

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Piirustusmerkkejä ja käsitteitä	2
3	Tutkimuskohde	3
4	Ilmanvaihdon kuntotutkimustarve	3
5	Ilmanvaihtokoneen perustoimintaperiaate ja osat	4
5.1	Pyörivällä lämmön talteenotolla varustettu ilmanvaihtokone	4
5.2	Nestekiertoisella lämmön talteenotolla varustettu ilmanvaihtokone	5
5.3	Erytisosat	6
6	Kohteen ilmanvaihdon toiminta	7
6.1	Kohteen yleisilmanvaihto	7
6.2	Kohteessa olevat ilmanvaihdon erikoisjärjestelmät	8
6.2.1	Autohallien poistopuhallinyhdistelmä	9
6.2.2	Varavoimakonehuoneen ilmanvaihtojärjestelmä	10
7	Ilmanvaihtotutkimuksen tekniset havainnot	11
8	Ilmanvaihdon energiankulutus	16
8.1	Nykytilanteen energiankulutus	16
8.2	Energiankulutuksen tarkastelu ja optimointi	18
9	Korjaustoimenpiteet	21
10	Lopputarkastelu ja säästöpotentiaali	21
	Lähteet	22
	Liitteet	
	Liite 1. Valokuvaliite	
	Liite 2. Ehdotetut korjaustoimenpiteet koneittain	
	Liite 3. Tiedonkeruulomake, koneiden perustiedot	
	Liite 4. Tiedonkeruulomake, lämpötilamittaukset	

## 1 Johdanto

Ilmanvaihtokoneiden arvioitu tekninen käyttöikä on noin 25–30 vuotta. Tämän ajan kuluessa koneen ja sen varusteiden rakenteet ja liikkuvat osat kuluvat, huoltotarve kasvaa ja kulumisen myötä energiatehokkuus heikentyy.

Yleisenä toimenpiteenä ilmanvaihtokoneen elinkaaren päättyessä on uuden koneen hankinta, joka on kohteesta riippuen hyvin mittava projekti. Vaihtaminen sisältää paitsi LVISA-teknistä asennustyötä, myös logistisia ja rakenteellisia toimenpiteitä ja aiheuttaa pitkän katkoksen ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuteen. Tässä työssä tutkitaan vaihtoehtona koneiden kokonaisvaltaiselle uusimiselle vain pääkomponenttien uusimista itse koneeseen ja toimenpiteiden vaikutusta järjestelmän toimintaan, ylläpitoon ja energiatehokkuuteen.

Ilmanvaihtokoneen ollessa hyvin huollettu ja päällisin puolin hyvässä kunnossa ei sen vaihtamiselle uuteen koneeseen ole tarvetta. Tämä pätee, mikäli voidaan osoittaa, että koneen keskeisiä osia vaihtamalla päästään uuden, vastaavanlaisen koneen tasolle. Lisäksi voidaan tutkia erilaisia vaihtoehtoja koneiden perusparannuksille parempaa toimintavarmuutta ja energiatehokkuutta silmällä pitäen.

Työ perustuu työnantajalleni Granlund Oy:lle laatimaani tutkimukseen, jossa tutkittiin silmämääräisen arvioinnin ja mittaustulosten perusteella 32 ilmanvaihtokoneen tekninen kunto ja toiminta sekä annettiin toimenpide-ehdotuksia koneiden elinkaaren pidentämiseksi.

Tutkimuksen tuloksena tuotettiin raportti, jonka perusteella asiakas saa kokonaisvaltaisen kuvan ilmanvaihtojärjestelmien nykyisestä kunnosta ja konekohtaisen lausunnon mahdollisista koneen toimintaan vaikuttavista epäkohdista sekä niiden korjaamiseen vaadittavista toimenpiteistä.

## 2 Piirustusmerkkejä ja käsitteitä

Tässä työssä käytettyjen havainnekuvien piirustusmerkit ovat Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D4 mukaisia (2). Taulukossa 1 on selitetty piirustusmerkit, työssä käytetyt tekniikkaan liittyvät lyhenteet sekä suureet.

Taulukko 1. Piirustusmerkkien ja suureiden selitteet

Merkki, suure tai lyhenne	Selite	Lisätieto
	Puhallin, yleismerkki	Yksinopeuksinen, vakioilmavirta
	Kaksipyörimisnopeuksinen puhallin	Puhallin joka voi toimia kahdella eri nopeudella. Yleensä toteutettu kahdella eri moottorilla.
	Jatkuvasäätöinen puhallin	Tarpeen mukaan säädettävissä oleva ilmavirta.
Ilmavirta	Tietyssä ajassa siirretty ilmamäärä, yleensä m <sup>3</sup> /s tai l/s tarkoituksesta riippuen.	m <sup>3</sup> /s – kuutiometriä sekunnissa l/s – litraa sekunnissa  1 m <sup>3</sup> = 1000 l
TK / PK	Tuloilmakone Poistoilmakone	Kone sisältää taulukoissa 2 ja 3 käsitellyt osat
Pa	Paineen yksikkö, pascal	Pinta-alayksikköön kohdistuva kohtisuora voima.
Aksiaalipuhallin	Puhallin, jossa ilmavirta on puhaltimen akselin suuntainen.	Käytetään lähinnä suurien ilmavirtojen aikaansaamiseksi tiloissa, joissa äänihaitta ei ole merkityksellinen.
Radiaalipuhallin (keskipakoispuhallin)	Puhallin, jossa ilmavirta poistuu puhallinpyörän kehältä.	Tavanomaisin puhallintyyppi. Ilma otetaan puhallinpyörän keskiosasta sisään ja puhalletaan pyörää ympäröivän kaavun aukosta ulos.
Rakennusautomaatio, RAU	Rakennuksen talotekniikkaa ohjaava järjestelmä	Nykyiset suurempien kiinteistöjen järjestelmät ovat poikkeuksetta tietokoneelta hallittavia, graafisella käyttöliittymällä varustettuja ohjelmistoja.

### 3 Tutkimuskohde

Tutkimuskohteena olleen toimistorakennuksen bruttoala on noin 50 000 m<sup>2</sup>, ja siinä on kahdeksan kerrosta. Rakennuksessa on normaalien toimistohuoneiden lisäksi neuvottelutiloja, auditorio, valmistuskeittiö sekä sosiaalitytlat ja kuntosali.

Tutkimuskohteeseen tutustuttiin paikan päällä tehdyin tutkimuksin, käyttäjäkyselyin, huoltohenkilökuntaa haastattelemalla ja piirustuksiin sekä rakennusautomaatioon perehtymällä. Ilmanvaihtojärjestelmien tutkiminen suoritettiin silmämääräisesti ja ainetta rikkomattomin menetelmin suoritetuilla mittauksilla.

Tutkitun kohteen ilmanvaihtojärjestelmänä on keskitetty koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Eri rakennusosia palvelevia ilmanvaihtokoneita on yhteensä 32 kappaletta, joihin on laskettu mukaan myös erilliset poistoilmakoneet, autohallien ilmanvaihtokoneet ja varavoimakonehuoneen oma ilmanvaihtokone.

### 4 Ilmanvaihdon kuntotutkimustarve

Tutkimuskohteen ilmanvaihtokoneiden lähestyessä arvioidun teknisen käyttöikänsä loppua on kiinteistön edustajien yhdessä asiantuntijoiden kanssa päätettävä tulevista korjaustoimenpiteistä. Tässä kiinteistössä tilattiin kuntotutkimus koneille, ja jo tilausvaiheessa pääpainotus oli tutkia, voidaanko koneiden elinkaarta pidentää ilman kokonaisvaltaista koneiden uusimista.

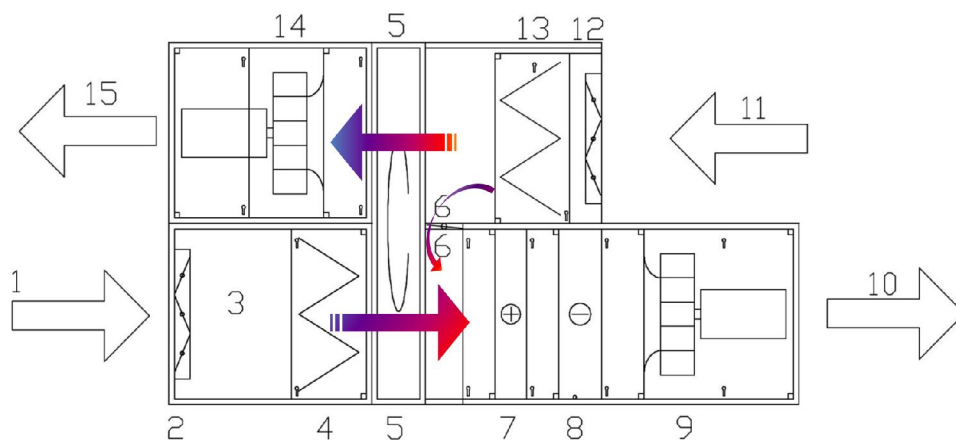
Käytäntönä tämä poikkeaa tavanomaisista kuntotutkimuksista, joissa ei paneuduta koneen eri osien kuntoon vaan tarkastellaan konetta kokonaisuutena ja annetaan jokaiselle koneelle arvio sen jäljellä olevasta teknisestä käyttöiästä.

## 5 Ilmanvaihtokoneen perustoimintaperiaate ja osat

Tutkimuskohteen yleisilmanvaihtoa palvelevat tulo- ja poistoilmakoneet olivat pääsääntöisesti tavanomaisia rakenteeltaan ja osiltaan. Koneet poikkesivat toisistaan lähinnä lämmön talteenottojärjestelmien osalta.

### 5.1 Pyörivällä lämmön talteenotolla varustettu ilmanvaihtokone

Kuvion 1 mukaisia, pyörivällä lämmön talteenotolla varustettuja koneita oli kohteessa yhdeksän kappaletta. Koneen osat on eritelty taulukossa 2.



Kuvio 1. Ilmanvaihtokoneen osat ilman kulkusuunnassa pyörivällä lämmön talteenotolla varustetussa koneessa.

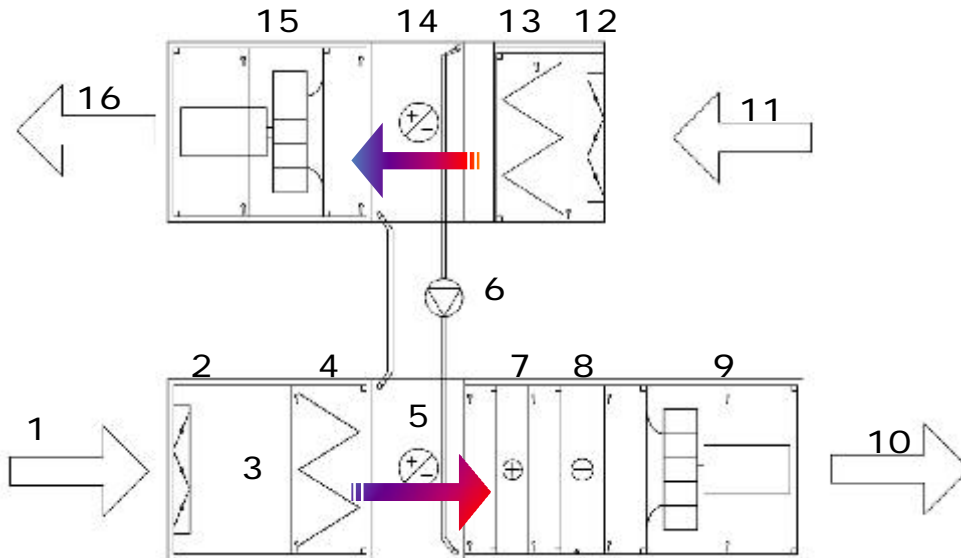
Taulukko 2. Pyörivällä lämmön talteenotolla varustetun koneen osat ilman kulkusuunnassa.

Osa	Selite	Lisätieto
1	Ulkoilman sisäänotto	Rakennuksen kyljestä, ulkosäleikön läpi
2	Raitisilmapelit	Suljettu koneen ollessa pois käytöstä
3	Raitisilmakammio	Huoltotila, johon ilman mukana tuleva lumi sulaa
4	Tuloilmasuodatin	
5	Lämmön talteenottokiekko	Hitaasti pyörivä kennomainen kiekko
6	Kierrätysilmapelti	Osa poistoilmasta voidaan käyttää uudestaan
7	Lämmityspatteri	
8	Jäähdytyspatteri	
9	Tuloilmapuhallin	
10	Tuloilman puhallus	Käsitelty tuloilma puhalletaan käyttökohteeseen
11	Poistoilman sisäänotto	Käyttökohteesta poistettu ilma imetään koneeseen
12	Poistoilmapelit	Suljettu koneen ollessa pois käytöstä
13	Poistoilmasuodatin	Pitää lämmön talteenottokiekon puhtaana
14	Poistoilmapuhallin	
15	Jäteilman poisto	Rakennuksesta poistuva ilma



## 5.2 Nestekiertoisella lämmön talteenotolla varustettu ilmanvaihtokone

Kuvion 2 mukaisia nestekiertoisella lämmön talteenotolla varustettuja koneita oli tutkimuskohteessa kahdeksan kappaletta. Koneen osat on eritelty taulukossa 3.



Kuvio 2. Ilmanvaihtokoneen osat ilman kulkusuunnassa nestekiertoisella lämmön talteenotolla varustetussa koneessa.

Taulukko 3. Nestekiertoisella lämmön talteenotolla varustetun koneen osat ilman kulkusuunnassa

Osa	Selite	Lisätieto
1	Ulkoilman sisäänotto	Rakennuksen kyljestä, ulkosäleikön läpi
2	Raitisilmapellit	Suljettu koneen ollessa pois käytöstä
3	Raitisilmakammio	Huoltotila, johon ilman mukana tuleva lumi sulaa
4	Tuloilmasuodatin	
5	Lämmön talteenottopatteri	Patteri, joka siirtää poistoilman lämmön tuloilmaan
6	Pumppu	Talteenoton nestekierrosta huolehtiva pumppu
7	Lämmityspatteri	
8	Jäähdytyspatteri	
9	Tuloilmapuhallin	
10	Tuloilman puhallus	Käsitelty tuloilma puhalletaan käyttökohteeseen
11	Poistoilman sisäänotto	Käyttökohteesta poistettu ilma imetään koneeseen
12	Poistoilmapellit	Suljettu koneen ollessa pois käytöstä
13	Poistoilmasuodatin	Pitää lämmön talteenottokiekon puhtaana
14	Lämmön talteenottopatteri	Patteri, joka siirtää poistoilman lämmön tuloilmaan
15	Poistoilmapuhallin	
16	Jäteilman poisto	Rakennuksesta poistuva ilma

### 5.3 Erityisosat

Neljässä koneessa oli tavanomaisen varustelun lisäksi kanavistoon asennettuja jälkilämmityspattereita, jotka palvelivat kabinetti-, neuvottelu- ja keittiötiloja. Jälkilämmityspatterilla mahdollistetaan ilman lämmitys korkeampaan lämpötilaan eri osissa ilmanvaihtokoneen palvelualueella. Tällaisia kohteita ovat erityisesti neuvottelu- ja keittiötilat, joissa ilman lämpötila halutaan pitää mahdollisimman tasaisena.

Joissain tilanteissa jälkilämmityspatteri asennetaan palvelemaan tilaa, jossa ilman lämpötila lämmityskaudella on esimerkiksi aikaisemman suunnitteluvirheen vuoksi päässyt laskemaan epämiellyttävälle tasolle. Vaihtoehtoisesti myös tilankäyttäjien mahdollisesti kokema vedontunne voidaan poistaa nostamalla tilaan puhallettavan ilman lämpötilaa.

Postitus- ja arkistotiloja palvelevat ilmanvaihtokoneet oli varustettu kostutusosin, sillä runsaasti paperia ja sen käsittelyä sisältävät tilat ovat tavanomaista herkempiä kosteuden vaihtelulle (3). Koneiden kostutusosat oli kuitenkin poistettu käytöstä, sillä tilojen käyttötarkoitus on muuttunut ja suurten paperimäärien käyttö tiloissa vähentynyt merkittävästi.

Kostutusosassa ilman suhteellista kosteutta lisätään sumuttamalla hienojakoista vettä ilmapirtaan tai höyryn avulla. Kostutustoimintoa tarvitaan lähinnä talvella ulkoilman vesisisällön ollessa alhainen.

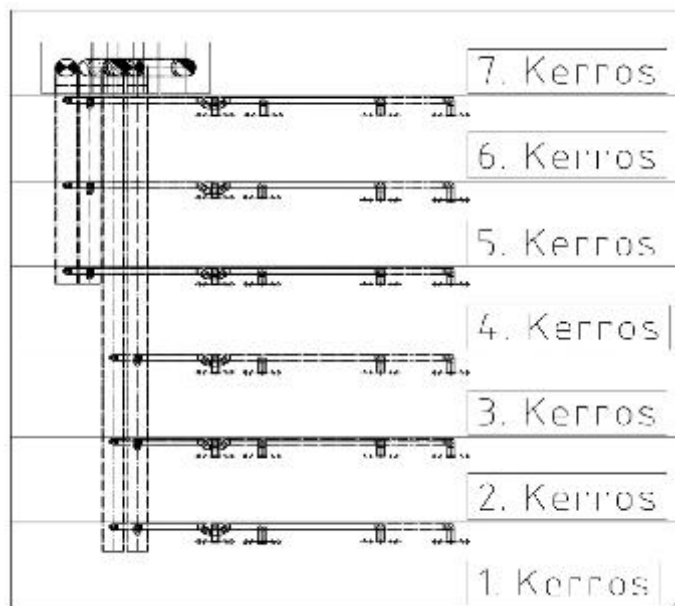
## 6 Kohteen ilmanvaihdon toiminta

### 6.1 Kohteen yleisilmanvaihto

Tutkimuskohteessa on käytössä keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä, jossa työskentely- ja ruokailutiloja palvelevat ilmanvaihtokoneet sijaitsevat rakennuksen ylimmän kerroksen ilmanvaihtokonehuoneissa. Ilma jaetaan palvelualueille pystykuiluissa kulkevien runkokanavien kautta. Sosiaali- ja pysäköintitilojen ilmanvaihtokoneet sijaitsevat kellarikerroksissa.

Keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä on yleisin ilmanvaihtomenetelmä toimistorakennuksissa. Sen etuina ovat energiatehokkuus ja hyvä huollettavuus. Koneiden sijaitessa erityisesti niitä varten rakennetussa konehuoneessa pääsee niihin hyvin käsiksi esimerkiksi suodattimien vaihtoa ja huoltotoimenpiteitä varten. (1, s. 6.)

Kohteen ilmanvaihtokoneet koostuvat tulo- ja poistoilmakonepareista, jotka on pääosin sijoitettu kuvion 3 mukaisesti vierekkäin ilmanvaihtokonehuoneeseen. Järjestelmällinen sijoittelu teki tutkimuksesta helppoa, kun koneita ei tarvinnut etsiä. Lisäksi konehuoneet olivat tilavia, ja esimerkiksi uusien ilmanvaihtokoneiden rakentaminen on mahdollista.



Kuvio 3. Havainnekuva keskitetystä ilmanvaihtojärjestelmästä

Käyttäjien ja huoltohenkilökunnan haastatteluissa ei käynyt ilmi ilmanlaatua heikentäviä ongelmia ilmanvaihdon toiminnassa.

Kohteen tutkitut ilmanvaihtokoneet on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Ilmanvaihtokoneiden perustiedot

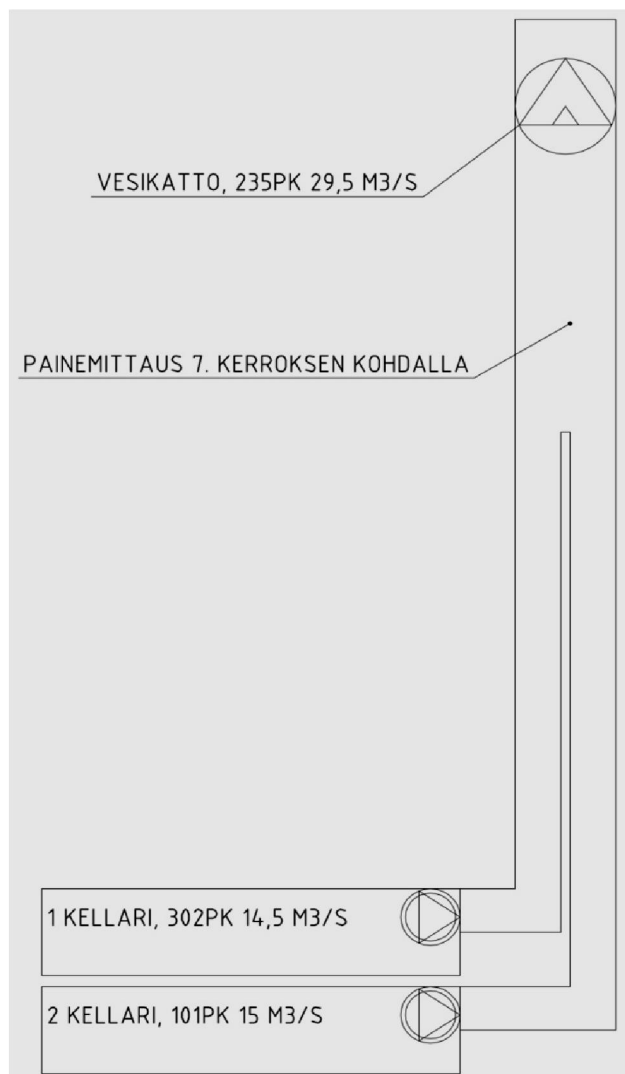
Konetunnus	Palvelualue	Tuloilmavirrat m <sup>3</sup> /s	Poistoilmavirrat m <sup>3</sup> /s
201 TK/PK	Kuntosali, SOS. Tilat, Varasto, C-osa, kellarit 1–2	3,6/2,2	3,4/2,0
202 TK/PK	Autotalli, kellarit 1–2	2,6/1,56	2,6/1,56
203 TK/PK	Varastot, kellarit 1–2	1,2/0,72	1,0/0,6
204 TK/PK	Ravintola, kabinetit, C-osa, 1. kerros	5,0/3,0	4,8/2,88
205 TK/PK	Toimistot, C-osa, 1.–8. kerros, Pieni-C	3,7/2,2	3,4/2,0
206 TK/PK	Toimistot, C-osa, 2.–8. kerros	6,3/3,5	6,3/3,5
207 TK/PK	Toimistot, B-osa, 2.–8. kerros	3,4/2,0	3,3/2,0
208 TK/PK	Ullakon saunaosasto	1,25/0,75	1,25/0,75
209 TK/PK	Johdon tilat, B-osa, 8. kerros	1,66/1,0	1,66/1,0
210 TK/PK	Auditorio, B-osa, 2. kerros	2,4/1,6	2,4/1,6
211 TK/PK	Iso kokoustila, B-osa, 3. kerros	2,7/1,6	2,6/1,6
212 TK/PK	Keittiö, B-osa, 1. kerros	6,3/3,8	6,6/3,9
213 TK/PK	Varastot, B-osa, kellarit 1–2	2,5/1,5	2,5/1,5
214 TK/PK	Aulat, B-osa, 1.–8. kerros	3,8/2,3	2,7/1,6
215 TK/PK	Kokoushuoneet, A-osa, 2.–8. kerros	3,9/2,3	3,6/2,2
216 TK/PK	Toimistot, A-osa, 2.–8. kerros	5,6/3,4	5,6/3,4
217 TK/PK	Postitus, Monistus, A-osa, kellari 1 ja toimistot 1. kerros	2,6/1,5	2,5/1,45
218 TK/PK	Arkisto, A-osa, kellari 2	0,5/0,3	0,5/0,3
219 TK/PK	Toimistot, A-osa, 2.–8. kerros, Pieni-A	6,25/3,8	6,25/3,8
219 PK2	wc-tilat	vain poisto	0,83/0,52
220 TK/PK	Varavoimakonehuone, kellari 1	7	7
222 TK/PK	Muuntamo, kellari 2	0,42	0,42
227 TK/PK	Hissikonehuone, Ullakko	1,5	1,5
227 PK 2	Hissikuilut C-porras, Ullakko	vain poisto	0,07
228 TK/PK	Hissikonehuone, Ullakko	4	4
230 TK/PK	Postihissikonehuone, Ullakko	0,5	0,5
231 TK/PK	Hissikonehuone, Ullakko	1,5	1,5
231 PK 2	Hissikuilut A-porras, Ullakko	vain poisto	0,07
234 TK/PK	Kompressorihuone, kellari 1	0,83	0,83
235 PK	Huoltokellari, autotalli	vain poisto	29,5
242 PK	Tarjoilutilat	vain poisto	0,37

## 6.2 Kohteessa olevat ilmanvaihdon erikoisjärjestelmät

Tutkitussa kiinteistössä tavanomaisen toimistoilmanvaihdon lisäksi käytössä oli useita erillispoistoja muun muassa hissikuiluista ja maanalaisilta paikoitusalueilta. Lisäksi kohteen varavoimakonehuone oli varustettu omalla ilmanvaihtojärjestelmällä, jonka jäähdytys oli kytketty varavoimakoneen jäähdytysjärjestelmään.

#### 6.2.1 Autohallien poistopuhallinyhdistelmä

Puhaltimista kellareissa olevat 302 PK ja 101 PK eivät sijainneet tutkimuskohteen kiinteistössä, eikä niitä tutkittu muun tekniikan kanssa. Vesikatolla sijaitseva 235 PK sen sijaan tutkittiin ja todettiin osittain toimimattomaksi. Järjestelmän toimintaa on havainnollistettu kuviossa 4.



Kuvio 4. Havainnekuva paikoitusalueiden poistoilmajärjestelmästä

Järjestelmän toimiessa kellareissa sijaitsevat poistoilmakoneet 302 PK ja 101 PK imevät ilmaa kellareista ja puhaltavat sen yhteiseen pystykuiluun. Yhteisilmavirran ollessa  $29,5 \text{ m}^3/\text{s}$  muodostuu kaikki toimistokerrokset läpäisevään betonikuiluun noin 500 Pa:n ylipaine huonetiloihin verrattuna. Vertailuna tavanomaisessa tuloilmakanavassa vallitsee noin 50 Pa:n ylipaine, kanaviston alkuosissa tyypillisesti jopa 200–300 Pa. Koska kyseessä on paikoitustiloista poistettua pakokaasuja sisältävää ilmaa, on ehdottoman tärkeää, että ilma ei pääse leviämään kuilusta toimistotiloihin.

Ylipaineen poistamiseksi kuilun yläpäässä on apupuhaltimena 235 PK -aksiaalipuhallin, jonka tuottamaa ilmavirtaa säädetään puhaltimen lapojen kulmaa muuttamalla. Tarvittava ilmavirta määräytyy 7. kerroksen kohdalla olevan paineanturin ilmoittaman painetason mukaan.

Lapakulmien säätö todettiin toimimattomaksi rakennusautomaation kautta tehdyin päätelmin; kuilun painetaso ei muuttunut kytkettäessä apupuhallin päälle tai pois pääpuhaltimien ollessa toiminnassa.

#### 6.2.2 Varavoimakonehuoneen ilmanvaihtojärjestelmä

Kiinteistön tärkeimpien toimintojen sähköistyksestä yleisen sähkökatkoksen aikana huolehtiva varavoimakone sijaitsee 1. kellarissa. Sen ilmanvaihtojärjestelmän 220 TK/PK:n toiminta poikkeaa tavanomaisesta jäähdytysjärjestelmän kytkennän osalta. Ilmanvaihtokoneen toimiessa huoneesta poistettava ilma jäähdyttää varavoimakoneen jäähdytysnestettä poistopuhaltimen eteen sijoitetussa patterissa.

## 7 Ilmanvaihtotutkimuksen tekniset havainnot

Tehdyn tutkimuksen tarkoituksena oli antaa tilaajalle kokonaiskuva ilmanvaihdon nykytilasta ja ongelmakohdista järjestelmissä. Osien ikääntymisen havaitsemiseksi koneet tutkittiin silmämääräisesti ja koneen toimintaa ohjaavien lämpötilamittausten tarkkuus varmistettiin erillisellä lämpömittarilla. Lisäksi mitattiin glykoliverkostoissa kiertävän nesteen glykolipitoisuus.

*201 TK / 201 PK, Kuntosali, SOS. Tilat, Varasto, C-osa, kellarit 1–2 (3,6/2,2 m<sup>3</sup>/s)*

- Poistoilmakoneen lämmön talteenottopatterin kondenssiviemärointi on irrotettu patterin kammioista ja viemäriaukko tukittu (liite 1, kuva 1).
- Verkoston glykolin pakkaskestävyydeksi mitattiin –30 °C
- Lämmön talteenottopiirin laipat ovat vuotaneet (liite 1, kuva 2).

*202 TK / 202 PK, Autotalli, kellarit 1–2 (2,6/1,56 m<sup>3</sup>/s)*

- Ei mainittavia huomioita

*203 TK / 203 PK, Varastot, kellarit 1–2 (1,2/0,72 m<sup>3</sup>/s)*

- Lämmön talteenottoverkoston pumpun laipat ovat vuotaneet (liite 1 kuva 3).
- LTO-patteri on huomattavan likainen (liite 1 kuva 4).
- Verkoston glykolin pakkaskestävyydeksi mitattiin –30 °C.

*204 TK / 204 PK, Ravintola, kabinetit, C-osa, 1. kerros (5,0/3,0 m<sup>3</sup>/s)*

- Koneessa on Purafil-jälkisuodatinkotelo, jossa ei kuitenkaan ole suodatinta (poistettu ilmeisesti tarpeettomana).
- Jälkisuodattimen suodatinvahtia ei ole liitetty rakennusautomaatioon.
- Verkoston glykolin pakkaskestävyydeksi mitattiin –30 °C

*205 TK / 205 PK, Toimistot, C-osa, 1.–8. kerros, Pieni-C (3,4/2,0 m<sup>3</sup>/s)*

- Jäähdytyspatterin viemärointi on tukittu jäähdytyspatterin kammiossa ja viemäriputki irrotettu.
- Jäähdytysverkoston sekoitusosan laipoissa on ruostetta.

*206 TK / 206 PK, Toimistot, C-osa, 2.–8. kerros (6,3/3,5 m<sup>3</sup>/s)*

- Jäähdytysverkoston sekoituspiirin laipat ovat ruosteessa (liite 1, kuva 5).

*207 TK / 207 PK, Toimistot, B-osa, 2.–8. kerros (3,4/2,0 m<sup>3</sup>/s)*

- Pyörivän lämmön talteenoton hyötysuhteeksi mitattiin vain 34 %. Rakennusautomaation anturi näyttää tuloilman lämpötilaksi LTO-kiekon jälkeen noin 9 °C enemmän kuin mitattu lämpötila (ks. liite 4). Tämä saattaa vaikuttaa LTO-kiekon pyörimisnopeuteen, jolloin sen hyötysuhde laskee.

*208 TK / 208 PK, Ullakon saunaosasto (1,25 / 0,75 m<sup>3</sup>/s)*

- Lämmön talteenottopiirin pumppu on vuotanut (liite 1, kuva 6).
- Verkoston glykolin pakkaskestävyydeksi mitattiin –30 °C
- Jälkilämmityspatteri 2:n sekoituspiirin putkissa havaittiin silminnähtävää korroosioauriota (liite 1, kuva 7).

*209 TK / 209 PK, Johdon tilat, B-osa, 8. kerros (1,66/1,0 m<sup>3</sup>/s)*

- Koneessa on Purafil-jälkisuodatinkotelo, jossa ei kuitenkaan ole suodatinta (poistettu ilmeisesti tarpeettomana).
- Jälkisuodattimen suodatinvahtia ei ole liitetty rakennusautomaatioon.
- Lämmön talteenottopiirin kiertopumppu vuotaa selvästi (liite 1, kuva 8).
- Lämmön talteenottoverkoston pakkaskestävyydeksi mitattiin –30 °C.

*210 TK, Auditorio, B-osa, 2. kerros (2,4/1,6 m<sup>3</sup>/s)*

- Raitisilmakammiota ei ole viemäroity. Talvella kammioon pölyävä lumi saattaa aiheuttaa kosteusvaurioita, jos kammiota ei viemäroidä.
- Tuloilman suodatinkammiossa havaittiin kosteusvaurioita (liite 1, kuva 9).

*211 TK / 211 PK, Iso kokoustila, B-osa, 3. kerros (2,7 / 1,6 m<sup>3</sup>/s)*

- Kone ei ollut käytössä tarkasteluhetkellä.
- Lisäsuodattimen suodatinvahtia ei ole liitetty rakennusautomaatioon.

*212 TK / 212 PK, Keittiö, B-osa, 1. Kerros (6,3/3,8 m<sup>3</sup>/s)*

- Jäähdytysverkoston laipoissa havaittiin korroosiota (liite 1, kuva 10).
- Jäähdytyspatterin viemärointi on irrotettu.
- Tarkasteluhetkellä havaittiin lämmitys- ja jäähdytysverkostojen meno- ja paluuvesien välillä yli 3 °C:n lämpötilaerot, jotka viittaavat lämmityksen ja jäähdytyksen yhtäaikaiseen käyttöön. Rakennusautomaation mukaan näin ei kuitenkaan ollut. Lämmitysverkoston säätöventtiili avautuu vasta 30 %:n ohjausviestillä, joka saattaa aiheuttaa väärinkäsityksiä rakennusautomaatiota tulkittaessa.
- Tulkittiin, että jäähdytyspatterin moottoriventtiili vuotaa.



*213 TK / 213 PK, Varastot, B-osa, kellarit 1–2 (2,5/1,5 m<sup>3</sup>/s)*

- Lämmitysverkoston kiertopumpun laipoissa havaittiin selvää korroosiota.
- Tuloilmakammion viemäriaukko on tukittu, viemäröintiä ei ole rakennettu lainkaan.
- Vesi-glykoliverkoston täyttöastian merkinnät ovat puutteelliset. Astiassa tulisi olla kilpi, joka osoittaa verkoston tilavuuden ja käytettävän glykolityypin ja -pitoisuuden.
- Verkoston glykolin pakkaskestävyydeksi mitattiin –35 °C

*214 TK / 214 PK, Aulat, B-osa, 1.–8. kerros (3,8/2,3 m<sup>3</sup>/s)*

- Pyörivä lämmön talteenotto oli tarkasteluhetkellä kytketty pois käytöstä rakennusautomaatiosta, ja kone käytti palautusilmaa noin 25 %. Huoltohenkilökunnan mukaan rakennusautomaation ohjelmointiongelmien vuoksi lämmön talteenoton ohjaus ei toimi tarkoituksenmukaisesti.
- Lämmitysverkoston sekoitusryhmä on rakennettu puhaltimen eteen niin, että se joudutaan purkamaan puhallinmoottorin vaihdon yhteydessä.

*215 TK / 215 PK, Kokoushuoneet, A-osa, 2.–8. kerros (3,9/2,3 m<sup>3</sup>/s)*

- Lämmitysverkoston kiertovesipumppu vuotaa (liite 1, kuva 11).
- Poistoilmakammion luukut eivät ole tiiviitä

*216 TK / 216 PK, Toimistot, A-osa, 2.–8. kerros (5,6/3,4 m<sup>3</sup>/s)*

- Jäähdytysverkoston moottoriventtiin laipoissa on ruostetta (liite 1, kuva 12).
- Tarkasteluhetkellä kone vaikutti rakennusautomaation perusteella yhtäaikaisesti lämmittävän ja jäähdyttävän tuloilmaa. Jäähdytysverkoston meno- ja paluuputkissa ei kuitenkaan havaittu lämpötilaeroa, joka olisi viitannut jäähdytyksen käyttöön.

*217 TK / 217 PK, Postitus, Monistus, kellari 1 ja toimistot 1. kerros (2,6/1,5 m<sup>3</sup>/s)*

- Vesi-glykoliverkoston täyttöastian merkinnät ovat puutteelliset. Astiassa tulisi olla kilpi, joka osoittaa verkoston tilavuuden ja käytettävän glykolityypin ja -pitoisuuden.
- Glykolipitoisuutta määritettäessä mistään verkoston mittauspisteestä ei saatu otettua näytettä. Verkosto ei kuitenkaan voi olla tyhjä, sillä laskettu lämmön talteenoton hyötysuhde oli 45 %, joka on normaalilla tasolla. Verkoston täyttöastian käsipumppu on vuotanut runsaasti (liite 1, kuva 13).
- Tuloilmakoneen kostutusosa ei ole käytössä, eikä sitä ole lisätty rakennusautomaatioon.

218 TK / 218 PK, Arkisto, A-osa, kellari 2 (0,5/0,3 m<sup>3</sup>/s)

- Lämmitysverkoston sekoituspiirissä havaittiin huomattavan paljon ruostetta (liite 1, kuva 14).
- Koneen kostutusosaa ei ole liitetty rakennusautomaatioon.

219 TK / 219 PK, Toimistot, A-osa, 2.–8. kerros, Pieni-A (6,25/3,8 m<sup>3</sup>/s)

- Pyörivän lämmön talteenoton kiekossa havaittiin naarmuja ja kolhuja, jotka eivät kuitenkaan oleellisesti heikennä hyötysuhdetta.

219 PK 2, WC-tilat (0,83 / 0,52 m<sup>3</sup>/s)

- Puhallinkammio on likainen.

220 TK / 220 PK, Varavoimakonehuone, kellari 1 (7,0 m<sup>3</sup>/s)

- Jäähdytysverkoston glykolipitoisuudeksi mitattiin –37 °C.
- Koneessa ei ole suodattimia tulo- eikä poistupuolella, siksi jäähdytyspatteri on huomattavan likainen ja osin kolhiintunut.
- Tuloilmakammiota ei ole viemäroity, mikä saattaa pölyävän lumen seurauksena aiheuttaa kosteusvahinkoja.

222 TK / 222 PK, Muuntamo, kellari 2 (0,42 m<sup>3</sup>/s)

- Ei mainittavia huomioita.

227 TK / 227 PK, Hissikonehuone, ullakko (1,5 m<sup>3</sup>/s)

227 PK2, Hissikuilut C-porras, ullakko (0,07 m<sup>3</sup>/s)

- Ei mainittavia huomioita.

228 TK / 228 PK, Hissikonehuone, ullakko (4,0 m<sup>3</sup>/s)

- Ei mainittavia huomioita.

230 TK / 230 PK, Postihissikonehuone, ullakko (0,5 m<sup>3</sup>/s)

- Ei mainittavia huomioita.

231 TK / 231 PK, Hissikonehuone, ullakko (1,5 m<sup>3</sup>/s)

231 PK 2, Hissikuilut A-porras, ullakko (0,07 m<sup>3</sup>/s)

- Ei mainittavia huomioita.

234 TK / 234 PK, Kompressorihuone, kellari 1 (0,83 m<sup>3</sup>/s)

- Ei mainittavia huomioita.

235 PK, Huoltokellari, autotalli (29,5 m<sup>3</sup>/s)

- Puhdistusluukun kansi puuttuu (liite 1, kuva 15).
- Lapakulmien säätö ei toimi.

242 PK, Tarjoilutilat (0,37 m<sup>3</sup>/s)

- Ei mainittavia huomioita.

Lisäksi tutkimuksessa tehtiin seuraavia havaintoja, jotka liittyvät lähes kaikkiin kiinteistön ilmanvaihtokoneisiin:

- Rakennusautomaation saneerauksen jälkeen osa ilmanvaihtokoneiden lämmitys- ja jäähdytysventtiilien asentotiedoista ovat virheellisiä. Näiden koneiden kohdalla rakennusautomaatiosta voidaan tulkita muun muassa yhdenaikaista lämmityksen ja jäähdytyksen käyttöä sekä virheellisiä koneen toimintatietoja.
- Lähes kaikki tuloilmakammioiden viemäroinnit oli irrotettu todennäköisesti hajuhaittojen vuoksi. Viemärointeihin ei ole rakennusvaiheessa tehty vesilukkoja, jolloin viemärin haju saattaa levitä viemäroinnin kautta tuloilmaan. Viemäroinnin poistaminen aiheuttaa ilman mukana kulkeutuvan lumen sulamisvesien jäämisen kammioihin, jolloin kammiot ja koneen osat ruostuvat.
- Lähes kaikki jäähdytyskammioiden viemäroinnit oli irrotettu samasta syystä. Jäähdytyskammiot viemäroidään ilmassa olevan kosteuden tiivistymisen vuoksi, ja ilman viemärointiä tiivistynyt vesi aiheuttaa koneen osien ruostumista.
- Lähes kaikkien ilmanvaihtokoneiden tuloilmasuodattimien kehykset vuotavat aiheuttaen ilman ohivirtausta, joka heikentää sisäilman laatua sekä likaa kanavia ja ilmanvaihtokoneiden osia.
- Glykolikiertoisten lämmön talteenottoverkostojen glykolit ovat koneiden rakentamisen aikaisia, ja niiden lämmönsiirto- ja korroosionesto-ominaisuudet ovat heikentyneet.

## 8 Ilmanvaihdon energiankulutus

### 8.1 Nykytilanteen energiankulutus

Tutkimuksen yhteydessä laskettiin niiden ilmanvaihtokoneiden joissa on sekä tulo- että poistopuhallin teoreettinen energiankulutus käyttäen Motiwatti 2.0 -energia-laskentaohjelmaa. Laskennasta puuttuvat koneet 210 TK ja 211TK, joiden käyttöarvoja ei voitu mitata.

Laskennan perusteena on käytetty seuraavia tietoja:

- konekohtainen ilmavirtatieto, m<sup>3</sup>/s
- mitattu sisäänpuhalluslämpötila, °C
- mitattu lämmön talteenoton hyötysuhde, %
- arvioitu puhaltimen painetuotto, Pa
- rakennuksen käyttöaika vuorokaudessa, h.

Laskennan tuloksena saatiin taulukon 5 mukaiset teoreettiset arvot energiankäytölle.

Taulukko 5. Ilmanvaihtokoneiden energiankulutus

Ilmanvaihtokone	Ilmavirta (m <sup>3</sup> /s)	Lämpö (MWh/a)	Sähkö (MWh/a)
201TK	3,6	41,22	26,99
202TK	2,6	35,63	16,23
203TK	1,2	36,88	6,01
204TK	5,0	76,39	40,59
205TK	3,7	44,77	27,74
206TK	6,3	50,80	51,14
207TK	3,4	73,01	23,36
208TK	1,25	19,59	6,26
209TK	1,66	26,36	8,30
212TK	6,3	108,92	51,14
213TK	2,5	35,26	14,06
214TK	3,8	100,67	26,11
215TK	3,9	29,01	29,24
216TK	5,6	57,63	45,47
217TK	2,6	32,53	16,23
218TK	0,5	10,70	1,88
219TK	6,25	79,84	50,77
Yhteensä		859,21 MWh/a	441,52 MWh/a

Taulukon 5 arvot on laskettu kaavoissa 1–3 kuvatulla menetelmällä:

*Puhaltimen sähköteho:*

$$P_p = \frac{\Delta p \times q_v}{\eta} \quad (1)$$

jossa  $P_p$  on sähköteho (kW),  $\Delta p$  arvioitu painetuotto (kPa),  $q_v$  puhaltimen ilmavirta ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) ja  $\eta$  puhaltimen hyötysuhde (hihnavetoisella puhaltimella noin 50 %)

Arvioitu paineenkorotus riippuu koneen tuottamasta ilmavirrasta. Laskennassa käytetyt painetuotot ovat:

- 0–1  $\text{m}^3/\text{s}$  - 300 Pa, 0,3 kPa
- 1–2  $\text{m}^3/\text{s}$  - 400 Pa, 0,4 kPa
- 2–3  $\text{m}^3/\text{s}$  - 500 Pa, 0,5 kPa
- 3–4  $\text{m}^3/\text{s}$  - 600 Pa, 0,6 kPa
- 4–6  $\text{m}^3/\text{s}$  - 700 Pa, 0,7 kPa

Arvioitujen painetuottojen käyttö laskennassa on perusteltua, sillä laskennan tarkoituksena on vertailla puhaltimia joiden hyötysuhteet poikkeavat toisistaan. Painetuoton on oltava sama, jotta ilmanvaihto toimii samalla tavalla molemmilla puhallinvaihtoehtoilla.

*Ilmavirran lämmitykseen tarvittava lämmitysteho:*

$$P_l = q_v \times \rho_i \times C_{p_i} \times \Delta T \times (1 - \eta_{LTO}) \quad (2)$$

jossa  $P_l$  on lämmitysteho (kW),  $q_v$  koneen ilmavirta ( $\text{m}^3/\text{s}$ ),  $\rho_i$  ilman tiheys ( $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$ ),  $C_{p_i}$  ilman ominaislämpökapasiteetti ( $1,0 \text{ kJ}/\text{kgK}$ ),  $\Delta T$  sisäänpuhallus- ja ulkolämpötilojen erotus (kelvin-asteina) ja  $\eta_{LTO}$  lämmön talteenoton hyötysuhde, mikäli koneessa sellainen on.

Laskennassa käytetty ohjelma käyttää ulkolämpötilan arvona kuukausittaista keskilämpötilaa, joka saadaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 liitteestä 1 (4).

*Ilmanvaihtokoneiden kokonaisenergiankulutus:*

$$E = \frac{(P_p + P_l) \times h}{1000} \quad (3)$$

jossa E on ilmanvaihtokoneen kokonaisenergiankulutus vuodessa (MWh),  $P_p$  puhaltimen sähköteho (kW),  $P_l$  lämmitysteho (kW) ja h vuotuinen käyttöaika tunneissa.

Laskennassa käytettyyn ohjelmaan syötetään konekohtainen viikoittainen käyttörytmi. Tutkimuksessa kirjattiin ylös koneisiin asetellut todelliset käyntiajat, joita käytettiin laskennassa. Pääosin koneet kävivät seuraavasti:

- ma–pe klo 06.30–08.00, 50 %:n teho
- ma–pe klo 08.00–16.00, 100 %:n teho
- ma–pe klo 16.00–18.00, 50 %:n teho
- muu aika: koneet pois päältä.

## 8.2 Energiankulutuksen tarkastelu ja optimointi

Taulukon 5 arvoista voidaan havaita, että koneiden yhteenlaskettu lämpöenergian käyttö on noin 860 MWh/a. Vertailuna 120 m<sup>2</sup>:n omakotitalon lämmitykseen kuluu noin 18,5 MWh/a (5). Ilmanvaihdon lämmitysenergian käyttö onkin yksi merkittävimmistä energian käyttökohteista julkisissa rakennuksissa.

Ilmanvaihdon tarpeenmukaisella käytöllä tarkoitetaan ilmanvaihdon käyttöä vain sillä teholla, kuin se kulloinkin on tarpeellista. Tutkimuskohteen ilmanvaihtokoneet säätävät sisäänpuhallettavan ilman lämpötilaa huonelämpötilamittausten perusteella, mutta ilmavirrat pysyvät aina asetusarvojen mukaisina tilojen käyttöasteesta riippumatta.

Ilmavirtojen säätö palvelualueen käyttöasteen mukaan edellyttää portaattomasti säädeltävää puhaltimen pyörimisnopeutta, johon nykyiset kaksinopeuspuhaltimet eivät sovellu.

Vertailulaskennassa käytetyt suoravetoiset puhaltimet on varustettu portaattomalla ilmavirran säädöllä, ja laskennan perusteena olevat uudet viikoittaiset käyntiajat on arvioitu seuraavanlaisiksi:

- ma–pe klo 06.30–08.00, 30 %:n teho
- ma–pe klo 08.00–09.30, 75 %:n teho
- ma–pe klo 09.30–11.30, 100 %:n teho
- ma–pe klo 11.30–13.00, 75 %:n teho
- ma–pe klo 13.00–15.00, 100 %:n teho
- ma–pe klo 15.00–17.00, 75 %:n teho
- ma–pe klo 17.00–18.00, 30 %:n teho
- muu aika: koneet pois päältä.

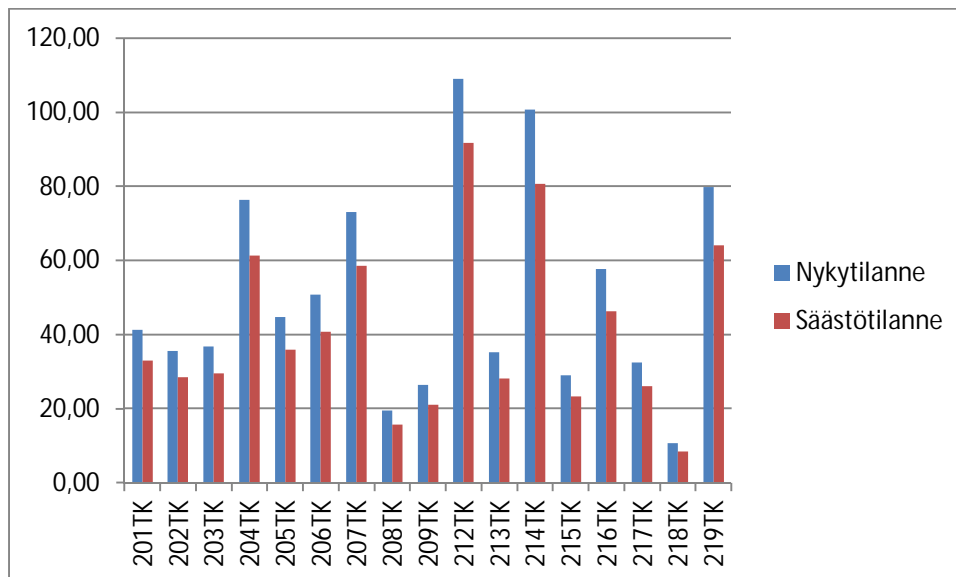
Keskipäivän tehon alennus johtuu rakennuksen käyttöasteen pienenemisestä lounasaikaan. Säästölaskennassa on huomioitu sekä muuttuneet käyntiajat että uusien puhaltimien parempi hyötysuhde.

Taulukko 6. Ilmanvaihtokoneiden energiankulutus säästölaskennan jälkeen

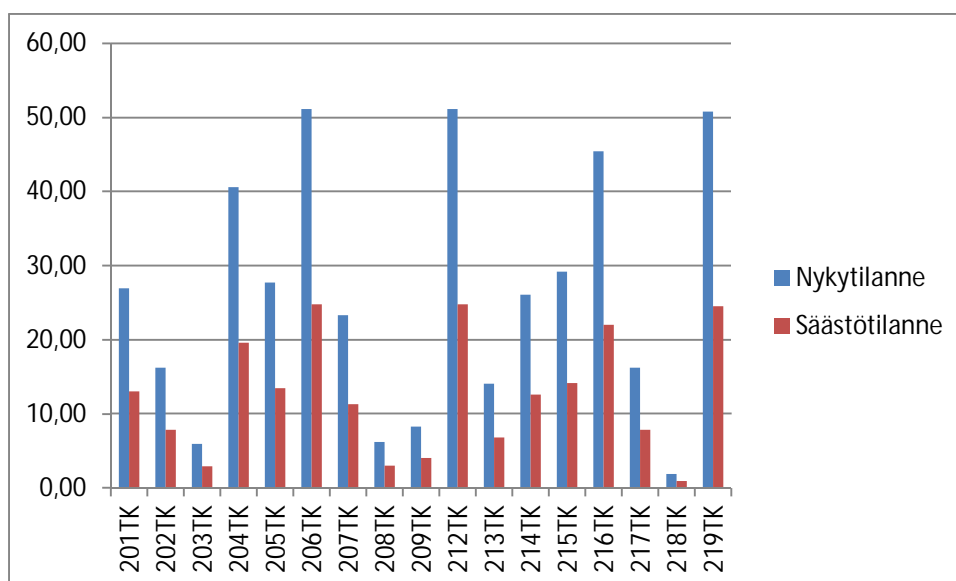
Ilmanvaihtokone	Ilmavirta (m <sup>3</sup> /s)	Lämpö (MWh/a)	Sähkö (MWh/a)
201TK	3,6	33,09	13,06
202TK	2,6	28,55	7,87
203TK	1,2	29,59	2,91
204TK	5,0	61,25	19,65
205TK	3,7	35,93	13,45
206TK	6,3	40,76	24,77
207TK	3,4	58,55	11,32
208TK	1,25	15,72	3,05
209TK	1,66	21,15	4,03
212TK	6,3	91,78	24,77
213TK	2,5	28,25	6,82
214TK	3,8	80,75	12,65
215TK	3,9	23,28	14,14
216TK	5,6	46,29	22,02
217TK	2,6	26,07	7,87
218TK	0,5	8,57	0,92
219TK	6,25	64,05	24,56
Yhteensä		693,63 MWh/a	213,86 MWh/a

Taulukon 6 mukaisesti päästään kokonaisenergiankulutuksessa noin 30 % pienempään lukemaan.

Kuvioissa 5 ja 6 on esitetty konekohtainen säästövaikutus sekä lämpö- että sähköenergian osalta.



Kuvio 5. Lämpöenergian kulutus nykytilanteessa ja säästötoimenpiteiden jälkeen



Kuvio 6. Sähköenergian kulutus nykytilanteessa ja säästötoimenpiteiden jälkeen



## 9 Korjaustoimenpiteet

Ilmanvaihtokoneiden toimivuuden kannalta suositellut toimenpiteet on listattu liitteessä 2. Suurin osa toimenpiteistä liittyy liikkuvien osien, kuten sulkupeltien, pumppujen, moottoriventtiilien ja puhaltimien uusimiseen. Lisäksi lähes poikkeuksetta kaikissa koneissa olleet vuotavat suodatinkehykset suositellaan vaihdettaviksi.

## 10 Lopputarkastelu ja säästöpotentiaali

Lämpöenergian keskihinnalla 40,05 €/MWh, alv 0 % (6) ja sähköenergian keskihinnalla 81,80 €/MWh, alv 0 % (7, 8) päästään vuositasona noin 25 300 €:n säästöön.

Energiansäästötoimenpiteenä korjaus ei ole kannattava, sillä toimenpiteillä ei päästä yleisesti hyvänä pidettyyn kymmenen vuoden takaisinmaksuaikaan.

Ilmanvaihdon toimivuuden takaamiseksi korjaus on kuitenkin suoritettava. Tässä työssä esitellyn menetelmän mukaisesti suoritettuna työn aiheuttamat katkokset rakennuksen ilmanvaihdon toimivuuteen jäävät vähäisiksi. Lisäksi rakennustekniset työt jäävät pienemmiksi kuin kokonaisten ilmanvaihtokoneiden rakentaminen edellyttäisi.

Ilmanvaihtokoneiden runkojen ollessa hyvässä kunnossa ei ole tarvetta uusaa koko konetta, vaan vain sen pääkomponentit.

## Lähteet

- 1 Eklund, Tom. 2011. Ilmanvaihdon energiatehokkuuden parantaminen. Insinööritoimisto. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 2 LVI-piirrosmääräykset. 1978. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D4. Sisäasiainministeriö. Helsinki.
- 3 Heino, Sauli. 2012. Asiantuntija, Granlund OY, Helsinki. Keskustelu 30.8.2012.
- 4 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D5. Ympäristöministeriö. Helsinki.
- 5 Sähkönkäyttö omakotitalossa. 14.5.2012. Verkkodokumentti. Vattenfall. <<http://www.vattenfall.fi/fi/omakotitalo.htm>>. Luettu 10.8.2012.
- 6 Kaukolämmön energia- ja vesivirtamaksut. 2012. Verkkodokumentti. Helsingin Energia. <<http://www.helen.fi/hinnasto/Lampomaksut.pdf>>. Luettu 10.8.2012.
- 7 Sähkön myyntihinnasto yrityksille ja yhteisöille Helsingissä. 2012. Verkkodokumentti. Helsingin Energia. <[http://helen.fi/hinnasto/sahkohinnasto\\_helsinki\\_yritykset\\_0110.pdf](http://helen.fi/hinnasto/sahkohinnasto_helsinki_yritykset_0110.pdf)>. Luettu 10.8.2012.
- 8 Sähkön siirtohinnasto. 2011. Verkkodokumentti. Helsingin Energia. <<http://www.helen.fi/hinnasto/siirtohinnasto.pdf>>. Luettu 23.8.2012.

Valokuvaliite



Kuva 1. 201 PK:n LTO-patterin kondenssiviemäröinti on tulpattu ja irrotettu kammiosta.



Kuva 2. 201 TK:n LTO-piirin laipat vuotavat.



Kuva 3. 203 TK:n LTO-piirin kiertopumpun laipat vuotavat.



Kuva 4. 203 TK:n LTO-kenno on huomattavan likainen.



Kuva 5. 206 TK:n jäähdytysverkon laipoissa on ruostetta.



Kuva 6. 208 TK:n LTO-piirin pumppu vuotaa.



Kuva 7. 208 TK:n jälkilämmityspatteri 2:n sekoituspiirissä on korroosiota.



Kuva 8. 209 TK:n LTO-piirin pumppu vuotaa.



Kuva 9. 210 TK:n tuloilmakammion kosteusvaurioita.



Kuva 10. 212 TK:n jäähdytysputkiston laippojen korroosiovaurioita.



Kuva 11. 215 TK:n lämmityspatterin vuotava kiertopumppu.



Kuva 12. 216 TK:n jäähdytysverkoston moottoriventtiilin laipoissa on pintaruostetta.





Kuva 13. 217 TK:n glykoliverkoston täyttöpumppu vuotaa.



Kuva 14. 218 TK:n lämmitysverkoston putkissa on runsaasti ruostetta.



Kuva 15. 235 PK:n kyljen huoltoaukon luukku puuttuu.

Ehdotetut korjaustoimenpiteet koneittain

Kokonaisilmavirtojen mittaaminen tulo- ja poistokoneilta	X	X	X
Ruostuneiden putkien puhdistaminen ja ruostesuojamaalaus			
Kammioiden, pattereiden ja koneen osien puhdistaminen			X
Tulo-, kierto- ja poistoilmapeltimoottoareiden uusiminen, peltien toimintakunnon tarkastaminen ja korjaus tarvittaessa	X	X	X
Glykoliverkoston pesu ja glykoliin vaihto ja täyttaastioiden merkintöjen korjaus	X	X	X
Pyörivän LTO-kennon säätöyksikön uusiminen			
LTO-verkoston pumpun uusiminen	X		X
Glykoli-LTO-verkoston moottoriventtiilien ja toimilaitteiden uusiminen	X	X	X
IV-jäähdytysryhmän moottoriventtiilien ja toimimoottorien uusiminen	X		
IV-lämmitysryhmän pumpun uusiminen			
IV-lämmitysryhmän moottoriventtiilien ja toimimoottorien uusiminen	X	X	X
Vesilukkojen lisäksi viemärointelhin ja tarvittaessa viemärointi lähimpään lattiakalvoon	X	X	X
Suodatinkehysten tiivistäminen siten, ettei ohivirtausta pääse tapahtumaan	X		X
RAU-anturoinnin uusiminen tai kalibrointi			
Puhaltimien uusiminen suoravetoiseksi	X	X	X
Kone/toimenpide	201 TK/PK	202 TK/PK	203 TK/PK

Ehdotetut korjaustoimenpiteet koneittain

Kokonaisilmavirtojen mittaaminen tulo- ja poistokoneilta	X	X	X	X
Ruostuneiden putkien puhdistaminen ja ruostesuojamaalaus		X	X	
Kammioiden, pattereiden ja koneen osien puhdistaminen				
Tulo-, kierto- ja poistoilmapeltimoottoareiden uusiminen, peltien toimintakunnon tarkastaminen ja korjaus tarvittaessa	X	X	X	X
Glykooliverkoston pesu ja glykoolin vaihto ja täyttaastioiden merkintöjen korjaus	X			
Pyörivän LTO-kennon säätöyksikön uusiminen		X	X	X
LTO-verkoston pumpun uusiminen				
Glykooli-LTO-verkoston moottoriventtiilien ja toimilaitteiden uusiminen	X			
IV-jäähdytysryhmän moottoriventtiilien ja toimimoottorien uusiminen	X	X	X	X
IV-lämmitysryhmän pumpun uusiminen				
IV-lämmitysryhmän moottoriventtiilien ja toimimoottorien uusiminen	X	X	X	X
Vesilukkojen lisäksi viemärointelhin ja tarvittaessa viemärointi lähimpään lattiakalvoon	X	X	X	X
Suodatinkehysten tiivistäminen siten, ettei ohivirtausta pääse tapahtumaan	X	X	X	X
RAU-anturoinnin uusiminen tai kalibrointi		X		X
Puhaltimien uusiminen suoravetoiseksi	X	X	X	X
Kone/toimenpide	204 TK/PK	205 TK/PK	206 TK/PK	207 TK/PK

Ehdotetut korjaustoimenpiteet koneittain

Kokonaisilmavirtojen mittaaminen tulo- ja poistokoneilta	X	X	X	X
Ruostuneiden putkien puhdistaminen ja ruostesuojamaalaus	X		X	
Kammioiden, pattereiden ja koneen osien puhdistaminen			X	
Tulo-, kierto- ja poistoilmapelitmoottoreiden uusiminen, peltien toimintakunnon tarkastaminen ja korjaus tarvittaessa	X	X	X	X
Glykooliverkoston pesu ja glykoolin vaihto ja täyttaastioiden merkintöjen korjaus	X	X		
Pyörivän LTO-kennon säätöyksikön uusiminen				X
LTO-verkoston pumpun uusiminen	X	X		
Glykooli-LTO-verkoston moottoriventtiilien ja toimilaitteiden uusiminen	X	X		
IV-jäähdytysryhmän moottoriventtiilien ja toimimoottorien uusiminen	X	X	X	X
IV-lämmitysryhmän pumpun uusiminen				
IV-lämmitysryhmän moottoriventtiilien ja toimimoottorien uusiminen	X	X	X	X
Vesilukkojen lisäksi viemärointelhin ja tarvittaessa viemärointi lähimpään lattiakalvoon	X	X	X	X
Suodatinkehysten tiivistäminen siten, ettei ohivirtausta pääse tapahtumaan		X	X	X
RAU-anturoinnin uusiminen tai kalibrointi				
Puhaltimien uusiminen suoravetoiseksi	X	X	X	X
Kone/toimenpide	208 TK/PK	209 TK/PK	210 TK/PK	211 TK/PK

Ehdotetut korjaustoimenpiteet koneittain

Kokonaisilmavirtojen mittaaminen tulo- ja poistokoneilta	X	X	X	X
Ruostuneiden putkien puhdistaminen ja ruostesuojamaalaus	X	X		
Kammioiden, pattereiden ja koneen osien puhdistaminen				X
Tulo-, kierto- ja poistoilmapeltimoottoreiden uusiminen, peltien toimintakunnon tarkastaminen ja korjaus tarvittaessa	X	X	X	X
Glykooliverkoston pesu ja glykoolin vaihto ja täyttaastoiden merkintöjen korjaus		X		
Pyörivän LTO-kennon säätöyksikön uusiminen			X	X
LTO-verkoston pumpun uusiminen				
Glykooli-LTO-verkoston moottoriventtiilien ja toimilaitteiden uusiminen		X		
IV-jäähdytysryhmän moottoriventtiilien ja toimimoottorien uusiminen	X		X	X
IV-lämmitysryhmän pumpun uusiminen		X		X
IV-lämmitysryhmän moottoriventtiilien ja toimimoottorien uusiminen	X	X	X	X
Vesilukkojen lisääminen viemärintelhin ja tarvittaessa viemärintä lähimpään lattiakalvoon	X	X	X	X
Suodatinkehysten tiivistäminen siten, ettei ohivirtausta pääse tapahtumaan	X	X	X	X
RAU-anturoinnin uusiminen tai kalibrointi			X	X
Puhaltimien uusiminen suoravetoiseksi	X	X	X	X
Kone/toimenpide	212 TK/PK	213 TK/PK	214 TK/PK	215 TK/PK

Ehdotetut korjaustoimenpiteet koneittain

Kokonaisilmavirtojen mittaaminen tulo- ja poistokoneilta	X	X	X	X
Ruostuneiden putkien puhdistaminen ja ruostesuojamaalaus	X		X	
Kammioiden, pattereiden ja koneen osien puhdistaminen				X
Tulo-, kierto- ja poistoilmapelitimoottoareiden uusiminen, peltien toimintakunnon tarkastaminen ja korjaus tarvittaessa	X	X	X	
Glykooliverkoston pesu ja glykoolin vaihto ja täyttaastoiden merkintöjen korjaus		X		
Pyörivän LTO-kennon säätöyksikön uusiminen	X		X	
LTO-verkoston pumpun uusiminen				
Glykooli-LTO-verkoston moottoriventtiilien ja toimilaitteiden uusiminen		X		
IV-jäähdytysryhmän moottoriventtiilien ja toimimoottorien uusiminen	X	X	X	
IV-lämmitysryhmän pumpun uusiminen				
IV-lämmitysryhmän moottoriventtiilien ja toimimoottorien uusiminen	X	X	X	
Vesilukkojen lisääminen viemärointelhin ja tarvittaessa viemärointi lähimpään lattiakalvoon	X	X	X	
Suodatinkehysten tiivistäminen siten, ettei ohivirtausta pääse tapahtumaan	X	X	X	
RAU-anturoinnin uusiminen tai kalibrointi		X	X	
Puhaltimien uusiminen suoravetoiseksi	X	X	X	X
Kone/toimenpide	216 TK/PK	217 TK/PK	218 TK/PK	219 PK2

Ehdotetut korjaustoimenpiteet koneittain

Kokonaisilmavirtojen mittaaminen tulo- ja poistokoneilta	X			
Ruostuneiden putkien puhdistaminen ja ruostesuojamaalaus				
Kammioiden, pattereiden ja koneen osien puhdistaminen	X	X		
Tulo-, kierto- ja poistolimapeltimoottoareiden uusiminen, peltien toimintakunnon tarkastaminen ja korjaus tarvittaessa	X	X	X	X
Glykooliverkoston pesu ja glykoolin vaihto ja täyttaastoiden merkintöjen korjaus				
Pyörivän LTO-kennon säätöyksikön uusiminen	X			
LTO-verkoston pumpun uusiminen				
Glykooli-LTO-verkoston moottoriventtiilien ja toimilaitteiden uusiminen				
IV-jäähdytysryhmän moottoriventtiilien ja toimimoottorien uusiminen	X	X		
IV-lämmitysryhmän pumpun uusiminen				
IV-lämmitysryhmän moottoriventtiilien ja toimimoottorien uusiminen	X			
Vesilukkojen lisäksi viemärointelhin ja tarvittaessa viemärointi lähimpään lattiakalvoon	X	X		
Suodatinkehysten tiivistäminen siten, ettei ohivirtausta pääse tapahtumaan	X			
RAU-anturoinnin uusiminen tai kalibrointi				
Puhaltimien uusiminen suoravetoiseksi	X			
Kone/toimenpide	219 TK/PK	220 TK/PK	222 TK/PK	227 TK/PK



Ehdotetut korjaustoimenpiteet koneittain

Kokonaisilmavirtojen mittaaminen tulo- ja poistokoneilta				
Ruostuneiden putkien puhdistaminen ja ruostesuojamaalaus				
Kammioiden, pattereiden ja koneen osien puhdistaminen				
Tulo-, kierto- ja poistoilmapeltimoottoireiden uusiminen, peltien toimintakunnon tarkastaminen ja korjaus tarvittaessa	X	X	X	X
Glykooliverkoston pesu ja glykoolin vaihto ja täyttaastioiden merkintöjen korjaus				
Pyörivän LTO-kennon säätöyksikön uusiminen				
LTO-verkoston pumpun uusiminen				
Glykooli-LTO-verkoston moottoriventtiilien ja toimilaitteiden uusiminen				
IV-jäähdytysryhmän moottoriventtiilien ja toimimoottorien uusiminen				
IV-lämmitysryhmän pumpun uusiminen				
IV-lämmitysryhmän moottoriventtiilien ja toimimoottorien uusiminen				
Vesilukkojen lisääminen viemärointelhin ja tarvittaessa viemärointi lähimpään lattiakalvoon				
Suodatinkehysten tiivistäminen siten, ettei ohivirtausta pääse tapahtumaan				
RAU-anturoinnin uusiminen tai kalibrointi				
Puhaltimien uusiminen suoravetoiseksi				
Kone/toimenpide	228 TK/PK	230 TK/PK	231 TK/PK	234 TK/PK

Ilmanvaihtojärjestelmä		Koneen varusteet											LTO					Käyttötapa	Suunniteltu tulo-ilmavirta m <sup>3</sup> /s	Suunniteltu poisto-ilmavirta m <sup>3</sup> /s	Mitatut lämpötilat °C		Mittattu* LTO-hyötysuhde %	Säätötapa			AKUUTEIMMAT HUOMIOT
Tunnus	Palvelualue	us	sp	es	s	lä	jä	jlp	ik	js	vg	ro	le	pi	si	Sisäänpuhallus	Poistoilma				Vakio sisäänpuhallus	Poistohaus		Huoneohaus			
201 TK/PK	Kuntosali, SOS. Tilat, Varasto, C-osa, kellarit 1-2		x	x		x					x					2N	3,6/2,2	3,4/2,0	20,0	22,3	68 %	x					
202 TK/PK	Autotalli, kellarit 1-2		x	x		x					x					2N	2,6/1,56	2,6/1,56	14,5	21,6	43 %	x					
203 TK/PK	Varastot, kellarit 1-2		x	x		x					x					2N	1,2/0,72	1,0/0,6	19,4	22,1	19 %	x			LTO-kennot liikkeiset, laipat vuotaneet		
204 TK/PK	Ravintola, kabinetit, C-osa, 1. kerros		x	x		x	x	x		x	x					2N	5,0/3,0	4,8/2,88	17,6	21,9	47 %	x		x	Jälkisuodatin puuttuu.		
205 TK/PK	Toimistot, C-osa, 1.-8. kerros, Pleni-C		x	x	x	x	x						x	x		2N	3,7/2,2	3,4/2,0	19,5	21,9	64 %	x			Jäähdytyspatterin viemäröinti irttonainen ja tukittu.		
206 TK/PK	Toimistot, C-osa, 2.-8. kerros		x	x	x	x	x						x	x		2N	6,3/3,5	6,3/3,5	18,1	21,7	67 %	x					
207 TK/PK	Toimistot, B-osa, 2.-8. kerros		x	x	x	x	x						x	x		2N	3,4/2,0	3,3/2,0	18,0	22,1	34 %	x					
208 TK/PK	Ullakon saunaosasto		x	x		x	x	x		x	x					2N	1,25/0,75	1,25/0,75	18,6	21,6	51 %	x		x			

Tiedonkeruulomake, koneiden perustiedot

Ilmanvaihtojärjestelmä		Koneen varusteet														LTO					Käyttötapa	Suunniteltu tulo-ilmavirta m <sup>3</sup> /s	Suunniteltu poisto-ilmavirta m <sup>3</sup> /s	Mitatut lämpötilat °C		Mittattu* LTO-hyötysuhde %	Säätötapa			AKUUTEIMMAT HUOMIOT
Tunnus	Palvelualue	us	sp	es	s	lä	jä	jlj	ik	js	vg	ro	le	pi	si	Sisäänpuhallus	Poisto-ilmalla	Vakio sisäänpuhallus	Poisto-ohjaus	Huone-ohjaus										
209 TK/PK	Johdon tilat, B-osa, 8. kerros		x	x		x	x	x		x	x					2N	1,66/1,0	1,66/1,0	18,7	21,5	51 %	x		x	LTO-piirin kiertopumppu vuotaa. Jälkisuodatin puuttuu.					
210 TK/PK	Auditorio, B-osa, 2. kerros		x	x		x	x			x						2N	2,4/1,6	2,4/1,6	19,0	22,4	X	x		x	Kone ei päällä raitisilma-kammiota ei viemäroity					
211 TK/PK	Iso kokoustila, B-osa, 3. kerros		x	x	x	x	x			x		x		x		2N	2,7/1,6	2,6/1,6				x		x	Kone ei ollut päällä.					
212 TK/PK	Keittiö, B-osa, 1. Kerros		x	x		x	x	x								2N	6,3/3,8	6,6/3,9	18,2	22,3	43 %	x		x						
213 TK/PK	Varastot, B-osa, kellarit 1–2		x			x	x									2N	2,5/1,5		15,8	21,3	42 %	X			Tuloilmakammion viemärointi tukittu glykoliastian kilpi puuttuu					
214 TK/PK	Aulat, B-osa, 1.–8. kerros		x			x	x	x								2N	3,8/2,3	2,7/1,6	18,6		X	x		x	LTO pysäytetty RAU:sta, ohjelmointivirhe kiertoilmaa n. 25 %					
215 TK/PK	Kokoushuoneet, A-osa, 2.–8. kerros		x			x	x	x	x							SK	3,9/2,3	3,6/2,2	18,2	21,7	69 %	x			LP-pumppu vuotaa. Ilmavirran säätö johtosiipisäädöllä					
216 TK/PK	Toimistot, A-osa, 2.–8. kerros		x			x	x	x								2N	5,6/3,4	5,6/3,4	19,8	22,5	83 %	x								

Tiedonkeruulomake, koneiden perustiedot

Ilmanvaihtojärjestelmä		Koneen varusteet										LTO					Käyttötapa	Suunniteltu tuloilmavirta m <sup>3</sup> /s	Suunniteltu poistoilmavirta m <sup>3</sup> /s	Mitatut lämpötilat °C		Mitattu* LTO-hyötysuhde %	Säätötapa			AKUUTEIMMAT HUOMIOT
Tunnus	Palvelualue	us	sp	es	s	lä	jä	jlj	ik	js	vg	ro	le	pi	si	Sisäänpuhallus				Poistoilma	Vakio sisäänpuhallus		Poisto-ohjaus	Huone-ohjaus		
217 TK/PK	Postitus, Monistus, A-osa, kellari 1 ja toimistot 1. kerros		x		x	x	x		x		x					2N	2,6/1,5	2,5/1,45	16,0	22,2	46 %				Glykoliverkostosta ei saatu näyttöä	
218 TK/PK	Arkisto, A-osa, kellari 2		x	x		x	x		x				x			2N	0,5/0,3	0,5/0,3	16,6	20,6	27 %	x			Lämmitysverkon laipoissa ruostetta	
219 PK2	WC-tilat															2N		0,83/0,52							Vain erillispoisto	
219 TK/PK	Toimistot, A-osa, 2.–8. kerros, Pieni-A		x		x	x	x						x		x	2N	6,25/3,8		18,4	22,6	57 %	x			LTO-kiekossa kolhuja	
220 TK/PK	Varavoimakonehuone, kellari 1		x	x													7,0								Jäähdytyspatteria ei koteloitu	
222 TK/PK	Muuntamo, kellari 2		x		x												0,42	0,42								
227 TK/PK	Hissikonehuone, ullakko		x		x												1,5	1,5								
227 PK 2	Hissikuilut C-porras, ullakko																	0,07								

Tiedonkeruulomake, koneiden perustiedot

Ilmanvaihtojärjestelmä		Koneen varusteet											LTO					Käyttötapa	Suunniteltu tulo-ilmavirta m <sup>3</sup> /s	Suunniteltu poisto-ilmavirta m <sup>3</sup> /s	Mitatut lämpötilat °C		Mitattu* LTO-hyötysuhde %	Säätötapa			AKUUTEIMMAT HUOMIOT
Tunnus	Palvelualue	us	sp	es	s	lä	jä	jlp	ik	js	vg	ro	le	pi	si	Sisäänpuhallus	Poisto-ilm				Vakio sisäänpuhallus	Poisto-ohjaus		Huone-ohjaus			
228 TK/PK	Hissikonehuone, ullakko		x		x												4,0	4,0									
230 TK/PK	Postihissikonehuone, ullakko		x		x												0,5	0,5									
231 TK/PK	Hissikonehuone, ullakko		x		x												1,5	1,5									
231 PK 2	Hissikuilut A-porras, ullakko																	0,07									
234 TK/PK	Kompressorihuone, kellari 1		x		x												0,83	0,83									
235 PK	Huoltokellari, autotalli															SK		29,5				x				Tarkistusluukun kansi puuttuu.	
242 PK	Tarjoilutilat																	0,37									

Tiedonkeruulomake, koneiden perustiedot

Ilmanvaihtojärjestelmä		Mitattu lämpötila				Rakennusautomaation anturin ilmoittama lämpötila						
Tunnus	Palvelualue	T <sub>LTO</sub>	T <sub>POISTO</sub>	T <sub>SIS.PUH</sub>	T <sub>ULKO</sub>	T <sub>LTO</sub>	Poikkeama yli 1,5 °C	T <sub>POISTO</sub>	Poikkeama yli 1,5 °C	T <sub>SIS.PUH</sub>	Poikkeama yli 1,5 °C	T <sub>ULKO</sub>
201 TK/PK	Kuntosali, SOS. Tilat, Varasto, C-osa, kellarit 1–2	18,1	22,0	20,3		17,9		22,7		19,8		
202 TK/PK	Autotalli, kellarit 1–2	14,8	21,8	14,8		15,0		22,0		14,8		
203 TK/PK	Varastot, kellarit 1–2	11,5	22,2	18,4		11,6		22,6		18,6		
204 TK/PK	Ravintola, kabinetit, C-osa, 1. kerros	13,7	21,8	17,4		14,0		22,0		17,3		
205 TK/PK	Toimistot, C-osa, 1.–8. kerros, Pieni-C	17,0	22,0	19,5		20,6	!	22,6		19,6		
206 TK/PK	Toimistot, C-osa, 2.–8. kerros	17,3	22,0			18,7		23,1				
207 TK/PK	Toimistot, B-osa, 2.–8. kerros	13,4	22,4			24,1	!	24,2	!			
208 TK/PK	Ullakon saunaosasti	14,8	20,7	19,3	8,7	15,0		21,8		20,2		8,8
209 TK/PK	Johdon tilat, B-osa, 8. kerros	15,0	21,3	19,4		15,7		22,4		19,9		
210 TK/PK	Auditorio, B-osa, 2. kerros											
211 TK/PK	Iso kokoustila, B-osa, 3. kerros											

Tiedonkeruulomake, lämpötilamittaukset

Ilmanvaihtojärjestelmä		Mitattu lämpötila				Rakennusautomaation anturin ilmoittama lämpötila						
Tunnus	Palvelualue	T <sub>LTO</sub>	T <sub>POISTO</sub>	T <sub>SIS.PUH</sub>	T <sub>ULKO</sub>	T <sub>LTO</sub>	Poikkeama yli 1,5 °C	T <sub>POISTO</sub>	Poikkeama yli 1,5 °C	T <sub>SIS.PUH</sub>	Poikkeama yli 1,5 °C	T <sub>ULKO</sub>
212 TK/PK	Keittiö, B-osa, 1. Kerros		17,8	17,8				16,4		16,8		
213 TK/PK	Varastot, B-osa, kellarit 1–2	15,3	21,8	16,4		15,5		22,9		17,3		
214 TK/PK	Aulat, B-osa, 1.–8. kerros	19,3	22,1	19,2		21,0	!	22,9		19,9		
215 TK/PK	Kokoushuoneet, A-osa, 2.–8. kerros	16,9	22,1	18,0		20,0	!	22,9		19,3		
216 TK/PK	Toimistot, A-osa, 2.–8. kerros	20,0	22,5	19,7		21,1		22,9		19,9		
217 TK/PK	Postitus, Monistus, A-osa, kellari 1 ja toimistot 1. kerros	15,3	22,4	17,1		13,1	!	23,5		16,1		
218 TK/PK	Arkisto, A-osa, kellari 2	12,2	20,6	16,6		19,6	!	21,3		17,0		
219 PK2	WC-tilat											
219 TK/PK	Toimistot, A-osa, 2.–8. kerros, Pieni-A	17,3	22,6	18,7		17,9		23,1		19,1		
220 TK/PK	Varavoimakonehuone, kellari 1											
222 TK/PK	Muuntamo, kellari 2											

Tiedonkeruulomake, lämpötilamittaukset