
ILMANVAIHDON KUNTOTUTKIMUS

B63779.AT02

KARTANONKOSKEN KOULU, VANTAA



LOPPURAPORTTI

27.10.2014

VTK

SISÄLLYSLUETTELO

<u>1</u>	<u>JOHDANTO.....</u>	<u>3</u>
<u>2</u>	<u>YHTEENVETO.....</u>	<u>3</u>
<u>3</u>	<u>KOHTEEN TIEDOT</u>	<u>5</u>
3.1	ASIAKIRJATILANNE	5
3.2	KORJAUSHISTORIA	5
3.3	ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN YLEISARVIO	6
3.4	KIIINTEISTÖSSÄ TEHDYT HAVAINNOT.....	7
<u>4</u>	<u>AUTOMAATIO.....</u>	<u>14</u>
4.1	VALVOMOLAITTEISTOT	14
4.2	ALAKESKUKSET	14
4.3	KENTTÄLAITTEET.....	15
<u>5</u>	<u>JOHTOPÄÄTÖKSET.....</u>	<u>15</u>
<u>6</u>	<u>SUOSITUKSET</u>	<u>17</u>
6.1	HUOLTOLUONTEISET KORJAUKSET	17
6.2	ILMANVAIHDON MUUTOSEHDOTUS.....	17

1 JOHDANTO

Ilmanvaihtojärjestelmän kuntotutkimuksen lähtökohtana oli epäily ilmanvaihdon toiminnasta johtuvista sisäilmaongelmista. Koulun ilmanvaihtojärjestelmä on poikkeuksellisen monimutkainen ja jo ennalta oli tiedossa, että automaatiojärjestelmässä on joko toimintahäiriöitä tai ohjelmointivirheitä. Tutkimuksessa keskityttiin selvittämään ilmanvaihdon toimintaa erityisesti rakennuksen painesuhteiden kannalta.

Toimeksiantaja: VTK Kiinteistöt Oy
Per Mattsson
Elannontie 3,01510 Vantaa

Tämän raportin ovat laatineet

Marko Björkroth, DI (ilmanvaihtokoneet, järjestelmäkokonaisuus)
puh. 050-3161226
email: marko.bjorkroth@sweco.fi

Lari Eskola, DI (ilmanvaihto, sisäilman laatu, painesuhteet)
puh. 050-3161285
email: lari.eskola@sweco.fi

Petri Pitkänen, insinööri (AMK), säätö ja automaatiotekniikka
puh. 050-3161236
email: petri.pitkanen@sweco.fi

2 YHTEENVETO

Ilmanvaihtolaitteisto on oikein mitoitettu ja mekaanisilta osiltaan hyvässä kunnossa. Järjestelmä on suunniteltu tasapainoiseksi – tulo- ja poistoilmavirtojen pitäisi kaikissa olosuhteissa olla likimain yhtä suuret, jolloin rakennuksen sisätilojen ja ulkoilman välille ei synny suuria paine-eroja. Tasapainoista ilmanvaihtoa on tavoiteltu monimutkaisella tekniikalla – ilmanvaihtokoneet ylläpitävät vakiopainetta kanavissa ja lähes kaikki huonetilat on varustettu ilmavirtasäätimin (IMS), jotka säätävät tulo- ja poistoilmavirtaa automaation ohjauksen mukaisesti.

Säätölaitteiston toiminnassa havaittiin laajoja ongelmia, joista johtuen ilmanvaihdon nykytilanne on kaukana tavoitellusta – tilojen välillä havaittiin jopa kymmenien pascalien paine-eroja. Tilanne myös elää jatkuvasti, kohdepoistojen käytön ja laitteiden (pääasiassa paine-erolähehtimien) vikaantumisten myötä.

Osaan IMS-yksiköitä on ilmeisesti ohjelmoitu väärä parametrejä, joiden seurauksena säätöä ohjaavat ilmavirtamittaukset ovat virheellisiä. Ilmanvaihtokoneiden kanavapainelähetimiä on rikkoontunut vanhuuttaan. Automaatiosta löydettiin myös alkuperäisen toimintaajatuksen vastainen ohjelmointi keittiön ilmanvaihdon säädöstä.

Kaikkien vikojen korjaamisen sijaan suosittelemme järjestelmän huomattavaa yksinkertaistamista. Tavallisista luokista puretaan ilmamääräsäätöön liittyvät laitteet ja niiden ilmanvaihto muutetaan vakioilmavirtajärjestelmäksi. Ilmavirtasäädöt jäävät käyttöön ainoastaan kohdepoistoilla varustettuihin tiloihin, kuten keittiö ja teknisen työn luokat, sekä juhlasalin kaltaisiin tiloihin, joissa ilmanvaihdon tarve ei ole jatkuvaa.

Rakennusautomaatiojärjestelmään tulisi suorittaa alakeskus- ja valvomosaneeraus ilmapääräsäädinten poistotyön yhteydessä. Samalla tulisi uusia vuodelta 2005 olevat säätöjen kannalta tarpeelliset paine-erolähtetimet ja lisätä järjestelmään ilmavirtamittaukset. Painesäätöjä tulisi muuttaa siten, että rakennuksen painesuhteet pysyisivät varmemmin hallinnassa. Kokonaisuuden onnistuneen toteutuksen varmistamiseksi tulisi laatia rakennusautomaation hankesuunnitelma, jossa kyseisen kohteen toiminnan kannalta tarvittavat ratkaisut ja toimintatavat olisi listattu.

IMS-yksiköiden poistaminen ja automaatiojärjestelmän saneeraus voidaan toteuttaa aikaisintaan kesällä 2015, mihin asti ilmanvaihtoa joudutaan käyttämään tilapäisin asetuksin. Nykyisen järjestelmän kaikkia vikoja ei enää kannata laitteiston jäljellä olevan käyttöiän lyhyiden vuoksi korjata.

3 KOHTEEN TIEDOT

Kohde	Kartanonkosken koulu
Kaupunginosa	Pakkala 51
Lähiosoite	Tilkuntie 5
Postinumero- ja toimipaikka	01520 Vantaa
Rakennustyyppi	opetusrakennus
Asuinhuoneistoja	ei ole
Huoneistoala	10 200 htm ²
Kerrosala	11 134 mem ²
Kokonaisala	11 179 brm ²
Rakennustilavuus	51 890 m ³
Kerrosluku	2
Rakennusvuosi	2005
Väestönsuojat	3 kpl S1 luokan suojia 1 kpl S3 luokan suojia
Rakennuttaja	Vantaan Kaupunki / tekninen toimiala Kielotie 13, 01300 Vantaa

3.1 ASIAKIRJATILANNE

Kuntotutkimuksen aikana olivat käytettävissä DWG-muotoiset ilmanvaihtopiirustukset ja automaation säätökaaviot sekä toimintaselostukset. Tilajalta saatiin lisäksi lista 2008–2014 tehdyistä korjauksista ja muutostöistä.

3.2 KORJAUSHISTORIA

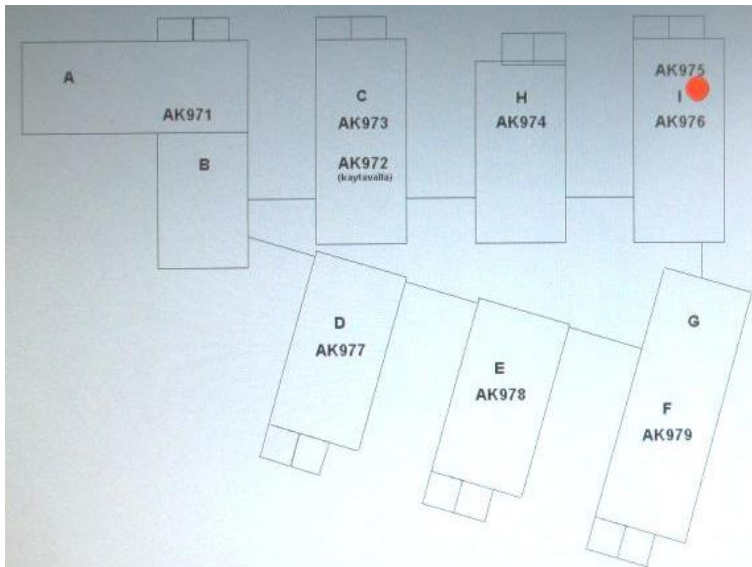
Luokkien ilmanvaihtoon ja sisäilman laatuun vaikuttavia korjauksia ja muutostöitä:

- ryömintätilan ilmanvaihtokoneiden lämmityspatterit on varustettu konekohtaisilla kiertopumpuilla 2010
- hammashoitolaan asennettu jäähdytysjärjestelmä 2010
- ilmanvaihtokanavien puhdistus ja ilmavirtojen säätö 2010–2011
- opetustilojen muutostöitä 2011
- musiikkiluokan sisäilmamittaus 2011, 2013
- kaihtimien korjaus, luokahuoneiden korjauksia 2012
- kuraattorin ja terveydenhoitajan tilan lattian vaha poistettu sisäilmaongelmaepäilyn vuoksi 2012
- luokahuoneen tulipalo ja palovaurioiden korjaus 2012
- kotitalousluokan huuvia laskettu alemmaksi kärynpöistön tehostamiseksi 2013
- alapohjan viemärien painumien korjaus 2013
- huonesäätimien hiilidioksidipitoisuusmittauksen kalibroinnit ja anturien vaihdot 2014

3.3 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN YLEISARVIO

3.3.1 Ilmanvaihtokoneet

Koko rakennus on varustettu koneellisella ilmanvaihdolla. Rakennuksen joka lohkolla on oma, lämmöntalteenotolla varustettu, ilmanvaihtokoneensa. Ilmanvaihtokoneissa on poikkeuksellisesti käytetty energiatehokkaimman vaihtoehdon, regeneratiivisten ns. kiekkosiirotimien, sijaan levylämmönsiirtimiä tai nestekiertoista lämmöntalteenottoa. Ratkaisulla on haluttu varmistaa, ettei vähäisiäkin määriä poistoilman epäpuhtauksia pääse sekoittumaan tuloilmaan.



Kuva 1. Rakennuksen lohkojako.

Ilmanvaihtokoneet ovat moderneja ja varustettu taajuusmuuttajakäyttöisin puhaltimin, joten niiden ilmavirtaa ja rakennuksen painesuhteita voidaan säätää portaattomasti. Tuloilma suodatetaan F7-luokan hienosuodattimin. Luokkien ilmavirtasäätimistä johtuen ilmanvaihtokoneiden toimintaa ohjataan vakiokanavapainesäädöllä – paine tulo- ja poistoilmakanavistossa pyritään pitämään vakiona.

WC-tilojen, keittiön huuviin ja mm. teknisen työn luokkien kohdepoistot on toteutettu erillispoistopuhaltimin, jotka ovat pääosin huippumureita. Näissä poistoissa ei ole lämmöntalteenottoa.

Ilmanvaihto on suunniteltu tasapainoiseksi, joten sisä- ja ulkoilman välille ei pitäisi syntyä suuria paine-eroja. Luokkien suunnitellut tulo- ja poistoilmavirrat ovat yhtä suuret ja esimerkiksi keittiössä ja teknisen työn luokassa tuloilmavirtaa säädetään sen mukaan, onko kohdepoistoja käytössä.

3.3.2 Luokkien ilmanvaihto

Luokahuoneiden mitoitusilmavirta on rakentamismääräyskokoelman ohjearvon mukainen 3 l/s,m², joten tyypillisen 60 m² luokan tuloilmavirta on 240 l/s. 25 oppilaan luokassa tämä ilmavirta riittää pitämään hiilidioksidipitoisuuden alle 1 000 ppm myös kaksoistuntien aikana eikä 1 200 ppm maksimiohjearvopitoisuus ylitä edes 30 hengen ryhmäkoolla.

Luokkien ilmanvaihto on sekoittava ja tuloilmalaitteina käytetään kattoon, näkyville, asennettuja suutinkanavia. Ilmanjakoteknisesti ratkaisu on paljon parempi kuin kouluissa yleisesti käytetty käytäväseinäpuhallus. Tuloilman lämpötila pitäisi olla aina muutama aste huoneilmaa viileämpää, jotta tuloilma sekoittuisi luokkien huoneilmaan suunnitellulla tavalla.

Useimpien luokkien ilmanvaihto on suunniteltu tarpeenmukaiseksi – ilmavirtaa säädetään huoneilman lämpötilan ja hiilidioksidipitoisuuden perusteella. Ilmavirtaa säädetään ilmavirtasäätimillä (IMS), joita on kaksi luokkaa kohti; tulo- ja poistoilmakanavassa. Säätimien maksimi-ilmavirta on luokan mitoitustuloilmavirta ja minimi-ilmavirta yleensä 30 % maksimista (noin 0,9 l/s,m²).

Luokkien hiilidioksidipitoisuuslähettimet on sijoitettu ovipieliin, jossa ne eivät mittaa luokan ilman todellista tilaa oven ollessa auki. Sääto ei ole toiminut halutulla tavalla, minkä vuoksi useimmat ilmavirtasäätimet pakko-ohjataan koulun käyttöaikoina täydelle ilmavirralla. Tämän seurauksena ilmavirtasäätimillä tavoiteltu energiansäästö jää toteutumatta.

Runsas määrä ilmamääräsäätimiä lisää koulun ilmanvaihdon ylläpitokustannuksia. Ilmamääräsäätimien elinikä on huomattavasti lyhyempi kuin ilmanvaihtokoneilla tai mekaanisilla kertäsäätöpelleillä. Toimistorakennuksissa ilmamääräsäätimien elinikä on ollut 10–15 vuotta, minkä perusteella Kartanonkosken koulun ilmamääräsäätimet ovat jo lähellä teknisen käyttöikänsä loppua. Myös ilmamääräsäädön ohjaukseen käytettävien hiilidioksidipitoisuusanturien elinikä on muita säätölaitteita lyhyempi, 5–10 vuotta.

Vikaantuneet ilmamääräsäätimet voivat aiheuttaa riittämättömän ilmanvaihdon tai tulo- ja poistoilmavirtojen epäsuhteesta johtuvia paine-eroja rakennuksen sisätilojen ja ulkoilman välille.

Vuonna 2012 toteutetussa kuntoarviossa havaittiin, että valvomografiikalla monien luokkien tulo- ja poistoilmavirratt ovat erisuuruiset. Tällöin jäi selvittämättä, onko ero todellinen vai ainoastaan valvomografiikan lukuarvot virheellisiä.

3.4 KIINTEISTÖSSÄ TEHDYT HAVAINNOT

3.4.1 Ilmanvaihtokonehuone ja -koneet

Sisätiloja palvelevien ilmanvaihtokoneiden kunto tarkastettiin pintapuolisesti. Ryömintätilan ilmanvaihtoa palvelevien tuloilmakoneiden kuntoa ei tarkastettu.

Ilmanvaihtokoneet ovat hyväkuntoisia – huoltoluukut toimivat eikä selkeitä ilmavuotoja havaittu. Konohuonetilat ja tuloilmakoneiden sisäpinnat ovat siistejä.

Tuloilma suodatetaan F7-luokan pussisuodattimilla. Äänenvaimenninrakenteita ei tarkastettu, mutta rakentamisajankohdan perusteella on oletettavaa, että äänenvaimentimena käytettävän mineraalivillan pinta on suojattu kuitujen irtoamisen ehkäisemiseksi.



Kuva 2. C-osan ilmanvaihtokonehuone.



Kuva 3. Puhallinkammio puhaltimieen.

Ilmanvaihtokoneiden puhaltimet ovat kiilahihnakäyttöisiä keskipakopuhaltimia. Puhaltimilla on taajuusmuuttajakäyttö, joten tulo- ja poistoilmakoneiden ilmavirtoja voidaan säätää portaattomasti. Ilmanvaihtokoneiden puhaltimissa on ilman tilavuusvirran mittaussyhteet ja koneet on varustettu kokonaisilmavirtaa osoittavin mittarein. Ilmavirtamittausta ei kuitenkaan ole yhdistetty rakennusautomaatiojärjestelmään.

Erillispoistojen osalta ilmavirran säätömahdollisuus vaihtelee – osa puhaltimista on varustettu taajuusmuuttajakäytöllä, osa 1 tai 2-nopeusmoottoreilla.

Ilmanvaihtokoneiden käyntiajat selvitettiin automaatiojärjestelmästä. Sisäilmaongelma-epäilyn vuoksi ilmanvaihto on yritetty muuttaa toimimaan jatkuvasti, mutta WC-poistot ovat jääneet huomioimatta.

Taulukko 1. Ilmanvaihtokoneiden aikaohjelmat

IV-kone	Palvelualue	Arkisin	Viikonloppuisin
TK01	Päiväkoti	Käy klo 1-23	Seis
TK02	Tekninen työ, tekstiilityö, kotitalous, fysiikka ja kemia	Käy klo 1-23	Seis
TK02-PF11	WC:t	Käy klo 7-18	Seis
TK03	Keittiö	Käy klo 5-16	Seis
TK04	Liikuntasali	Käy klo 1-23	Käy klo 1-23
TK05	Hallintosiiپی	Käy klo 1-23	Seis
TK05-PF02	WC:t	Käy klo 7-18	Seis
TK06	Ruokala, kirjasto, atk ja aula	Käy klo 1-23	Seis
TK07	Alakoulu	Käy klo 1-23	Seis
TK08	Yläkoulu	Käy klo 1-23	Seis
TK09	Musiikki, kuvaamataito, maantieto, biologia ja auditorio	Käy klo 1-23	Seis
TK09-PF02	WC:t	Käy klo 7-18	Seis

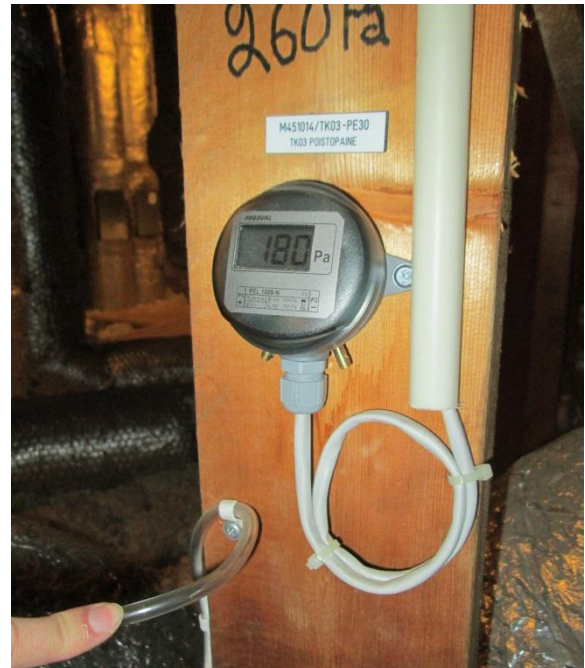
Kaikkien ilmanvaihtokoneiden kokonaisilmavirrat mitattiin puhaltimien mittausyhteitä hyödyntäen. Mittausten yhteydessä havaittiin, että osa paine-erolähetimistä on viallisia. Useimpien ilmanvaihtokoneiden toimintaa ohjataan vakiokanavapainesäädöllä ts. paine tulo- ja poistokanavissa pidetään samalla tasolla ilmavirrasta riippumatta ja ilmavirtaa säädetään IMS-yksiköillä.

TK02 mitattiin sekä normaalitilanteessa että kaikkien kohdepoistojen ollessa käytössä 16.10. Suraavana aamuna, 17.10., tuloilmapuhaltimen havaittiin käyvän täydellä teholla ja tuloilmakanavan paine oli 1190 Pa (asetusarvo n. 270 Pa). Ongelma johtui yön aikana rikkoontuneesta kanavapainelähetimestä. Häätäratkaisuna tuloilmapuhaltimen ohjaus muutettiin käsikäytölle.

Keittiön tuloilmakoneen TK03 tuloilmakanavan paine-erolähetin oli rikki, minkä seurauksena tuloilmapuhallin kävi täydellä teholla. Puhaltimen ohjaus muutettiin käsikäytölle. Myös poistoilmakanavan paine-erolähetin TK03-PE30 havaittiin vialliseksi. Tämä paine-erolähetin on sijoitettu kylmään ullakkotilaan, mikä on huono ratkaisu erityisesti poistoilman ollessa kostea. Paine-erolähettimen vika oli vaikeaa havaita, koska lähettimen mittaustulos oli lähellä kanavapaineen asetusarvoa. Mittaustulos ei muuttunut kovinkaan paljoa, vaikka lähetimestä irrotettiin paine-eron mittaustietku. Tämä lähetin on jumiutunut osoittamaan kanavapaineen asetusarvoa todellisesta tilanteesta riippumatta.



Kuva 4. Rikkoontunut paine-erolähetin – tämän laitteen oma näyttökin on sammunut, joten vika on helposti havaittavissa.



Kuva 5. Kylmään ullakkotilaan sijoitettu paine-erolähetin TK03-PE30. Vika on vaikeasti havaittavissa, koska mittaustulos on lähellä asetusarvoa.

Keittiön ilmanvaihdon toiminnassa havaittiin muitakin ongelmia, joita käsitellään kohdassa painesuhteet.

TK07:n poistoilmavirran havaittiin olevan suunniteltua pienempi. Poistoilmakanavan paineen asetusarvo oli 170 Pa, mutta poistoilmakanavassa oli käsin tehty merkintä 230 Pa paine-erolähettimen vieressä. Merkinnän tulkittiin olevan ilmavirtasäätäjien jäljeltä ja ase-

tusarvo nostettiin merkinnän mukaiseksi. Muutoksen seurauksena poistoilmavirta kasvoi 0,38 m³/s, mutta myös tuloilmavirta kasvoi (0,14 m³/s) ja ilmanvaihto jäi edelleen epätasapainoon.

TK09:n mittauksen aikana juhlasalin ilmanvaihto ei toiminut 100 % ilmavirralla. Tämä huomioituna ilmanvaihtokoneen kokonaisilmavirta on lähellä suunniteltua arvoa.

Taulukko 2. Ilmanvaihtokoneiden palvelualueet, lämmöntalteenoton tyyppi ja mitatut/suunnitellut ilmavirrat. Kaikkien iv-koneiden suunniteltuja ilmavirtoja ei huomattu kirjata eikä lähtötietoaineistossa ole koneluettelo, josta suunnitellut ilmavirrat kävisivät ilmi.

IV-kone	Ilmavirta, m ³ /s mitattu/suunn.	Palvelualue	Järjestelmän rakenne, huomiot
TK01	ei mitattu	päiväkoti	
TK02	normaalitilanne +4,75/? -3,80/? kohdepoistot käytössä +5,06/? -3,49/?	C-osa, fysiikka, kemia, kotitalousluokat, tekninen työ	nestekiertoinen LTO, luokkatiloissa erillispoistoja, ilmavirtasäätö kohdepoistojen ja/tai lämpötilan mukaan, luokkien kytkentäkanavissa IMS
TK03	ei mitattu, säätöjärjestelmässä vikoja	C-osa keittiö	pelkkä tuloilmakone, poistot huippuimureilla, LTO puuttuu
TK04	normaali +2,02/? -1,70/? tehostukset käytössä +3,77/4,0 (94 %) -3,05/4,0 (76 %)	H-osa liikuntasali	nestekiertoinen LTO, ilmavirtasäätö tehostuspelleillä
TK05	+4,11/3,80 (108 %) -2,80/?	I-osa hammashoitola, sosiaalitulat, hallinto, oppilashuolto	vyöhykesäätö, moottoripellit, suurin osa on/off-säädöllä
TK06	+5,35/5,10 (105 %) -4,19/5,10 (82 %)	aula, ruokailu, ATK, kirjasto	nestekiertoinen LTO, ATK-luokalla IMS
TK07	lähtötilanne +4,84/4,80 (101 %) -3,72/4,30 (87 %) korjattu tilanne +4,98/4,80 (104 %) -4,10/4,30 (95 %)	D-osa luokat	lähes kaikissa luokissa IMS TK07 poistoilmakanavan paineen asetusarvo muutettu iv-koneessa olevien merkintöjen mukaiseksi 170→230 Pa
TK08	+4,95/4,80 (103 %) -4,33/4,40 (98 %)	E-osa luokat	
TK09	+4,72/+5,9 (80 %) -4,56/-5,6 (81 %)	F-osa musiikki, kuvaamataito, maantieto, biologia	auditorion ilmanvaihto ei toiminut 100 % ilmavirralla mittauksen aikaan

3.4.2 Painesuhteet ja tilakohtaiset ilmavirrat

3.4.2.1 Koko rakennuksen painesuhteet

Tutkimuksen lähtötilanteessa 16.10. rakennuksen eri lohkojen välillä havaittiin suuria paine-eroja. Myös lohkojen sisällä oli suuria, tilakohtaisia, eroja. Yksittäiset luokat saattoivat olla jopa 20 Pa yli- tai alipaineisia käytävään verrattuina, joten ulkoilmaan verrattuna paine-ero on saattanut olla jopa ± 40 Pa. Rakennusten on suositeltavaa olla lievästi alipaineisia ulkoilmaan verrattuina, mutta tähän riittää parin pascalin alipaine. Suurilla paine-eroilla syntyy haitallisia ilmavirtauksia rakenteiden läpi.

Rakennuksen painesuhteet on esitetty taulukossa. Lähtötilanteen painesuhteet mitattiin ilmanvaihdon toimiessa normaalien aikaohjelmien ohjaamana torstaina 16.10. Huomattavan suurten paine-erojen aiheuttajia ryhdyttiin mittausten jälkeen etsimään ja järjestelmän asetuksia muutettiin. Mm. C-osassa muutettiin IMS-yksiköiden asetusarvoja ja D-osassa muutettiin kanavapaineen asetusarvoa. Perjantaina 17.10. muutettiin molemmat C-osan tuloilmakoneet käsikäytölle viallisten kanavapainelähettimien vuoksi.

Muutosten avulla rakennuksen eri lohkojen paine-erot saatiin hyväksyttävään suuruusluokkaan sekä toisiinsa että ulkoilmaan verrattuina. Häätäratkaisuna tehty säätö toimii kuitenkin vain yhdessä tilanteessa – käsikäytöllä olevien ilmanvaihtokoneiden vuoksi säätöjärjestelmä ei kykene kompensoimaan kohdepoistojen vaikutusta, joten painesuhteet tulevat vaihtelemaan kohdepoistojen käytön mukaan ja ajoittain voi edelleen esiintyä haitallisen suuria paine-eroja.

Taulukko 3. Rakennuksen painesuhteet.

Lohko	Lähtötilanne 16.10.	Korjattu tilanne 17.10.
C-osa 2 krs	käytävä vs. ulkoilma -32 Pa käytävä vs. keskusaula -10 Pa	käytävä vs. ulkoilma -5 Pa käytävä vs. keskusaula 0 Pa
D-osa 2 krs	käytävä vs. keskusaula $+30$ Pa	käytävä vs. keskusaula $+5$ Pa
Keskusaula	aula vs. ulkoilma -20 Pa	aula vs. ulkoilma -3 Pa

3.4.2.2 D-osan 2 krs ilmavirtasäädön toiminta

Lähtötilanteessa D-osan 2. kerros oli 32 Pa alipaineinen keskusaulaan verrattuna. Valvomografiikan mukaan D-osassa tilojen poistoilmavirrat olivat huomattavasti tuloilmavirtoja pienempiä, joten mittaustulosten ja todellisuuden välillä oli huomattava ristiriita. Tähän oli kiinnitetty huomiota jo vuoden 2012 kuntoarviossa, mutta ongelman aiheuttaja jäi tällöin avoimeksi.

Muista koulun tiloista poiketen D-osassa luokkien ilmanvaihdon toimintaa säädetään lämpötilan ja kohdepoistojen käytön mukaan ts. hiilidioksidipitoisuuteen perustuva säätö puuttuu. IMS-yksiköt on liitetty suoraan rakennusautomaation alakeskuksiin, joten tulo- ja poistoilmavirtaa on mahdollista säätää erikseen.

IMS-yksiköiden toimintaa selvitettiin luokkien H2002 ja H2005 osalta. Lähtötilanteessa ilmavirran asetusarvo on 65 % maksimista. Todelliset ilmavirrat määritettiin liittämällä paine-eromittari IMS-yksiköihin sisältyvän ilmavirran mittaoson mittaussyhteisiin, säätimen oman paine-eromittarin rinnalle. Mittaustulos muunnettiin ilman tilavuusvirraksi säätimiin merkityn k-arvon avulla.

Molemmissa luokissa paine-eromittauksen perusteella määritetty ja valvomografiikalla näkyvä tuloilmavirta vastasivat toisiaan kohtuullisen hyvin. Poistoilmavirrassa ero mittausyhteistä määritetyn ja valvomografiikalla näkyvän ilmavirran välillä oli merkittävä. Valvomografiikalla esitetty ilmavirta oli noin 20 % todellista pienempi luokassa H2002 ja 58 % todellista pienempi luokassa H2005.

Luokan H2005 poistoilmavirtaa säättävän IMS-yksikön säätöpellin todettiin olevan täysin auki, vaikka ilmanvaihto oli ohjattuna 65 % ilmavirralla. Tässä tilanteessa mitattu tuloilmavirta oli 293 l/s (73 % suunnitellusta) ja poistoilmavirta 406 l/s (110 % suunnitellusta). Kun ohjaus nostettiin 100 prosenttiin, tuloilmavirta oli 458 l/s (115 % suunnitellusta) ja poistoilmavirta 440 l/s (119 %). Havaintojen perusteella poistoilmakanavien IMS-yksiköihin on joko ohjelmoitu väärä k-arvo, jota IMS käyttää ilmavirtaa säätäessään tai säädinkohtaiset ilmavirran min/max –rajat on aseteltu väärin. Virheen vuoksi luokkien poistoilmavirrat ovat liian suuret ja tämä johtaa myös käytävätilojen alipaineisuuteen.



Kuva 6. Rakennuksen D-osassa sijaitseva IMS, huomaa avoimeksi jäänyt ohjelmointiliittimen suojakansi.



Kuva 7. Tilan 2016 tulo- ja poistokanavan IMS-yksiköt.

D-osan 2. kerroksen luokkien ilmavirtasäätimiä asetettiin valvomosta käsi käyttöön ja asetusarvoja muutettiin siten, että tulo- ja poistoilmavirrat ovat likimain tasapainossa. Käsi käytöstä johtuen ilmamääräsäätö ei enää reagoi suunnitellulla tavalla kohdepoistojen käyttöön, joten kohdepoistot voivat tehdä tiloista tarpeettoman alipaineiset. Ongelmaa pahentaa TK02 kanavapainesäädön toimimattomuus, mutta tämä vika saataneen korjattua nopeasti.

3.4.2.3 C-osan ilmavirtasäädöt

C-osan käytävät olivat lähtötilanteessa huomattavan ylipaineiset keskusaulaan verrattuna. Luokkien osalta tilanne vaihteli – osa oli yli- ja osa alipaineisia käytävään nähden. C-osaa palvelevan ilmanvaihtokoneen TK07 tuloilmavirta oli suunnitelmien mukainen, mutta poistoilmavirta 13 % suunniteltua pienempi. Vajauksen pääteltiin johtuvan liian pienestä kanavapaineen asetusarvosta. Asetusarvo oli 170 Pa, mutta poistoilmakanavassa, paine-erolähttimen lähellä, oli oletettavasti ilmavirtasäätäjien tekemä tussimerkintä ”230 Pa”.

Vaikka poistoilmakanavan paineen asetusarvo nostettiin tussimerkinnän mukaiseksi, poistoilmavirta jäi puhaltimien mittausyhteistä määritettynä 5 % vajaaksi ja tuloilmavirta kasvoi 4 % suunniteltua suuremmaksi. Ilmanvaihto jäi lievästi ylipaineiseksi myös käytävien ja keskusaulan välisten paine-eromittausten perusteella.

3.4.2.4 Keittiön ilmajäädöt

Keittiön ilmajäädö on toteutettu tuloilmakoneella TK03 sekä kahdella poistoilmajuhaltimella, joista PF01 palvelee astianpesulinjan poistoa ja PF02 ruoanvalmistuslaitteiden poistoa (ns. rasvapoisto). Kaikki puhaltimet ovat taajuusmuuttajakäyttöisiä.

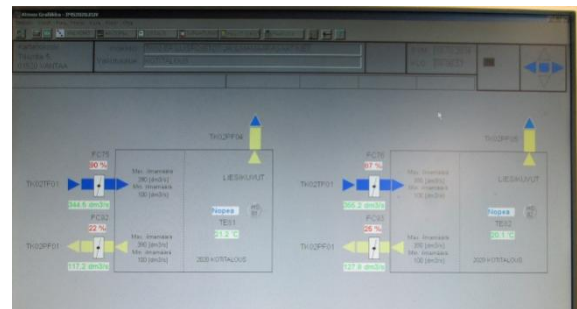
Keittiö on suosituksen mukaisesti jaettu kahteen vyöhykkeeseen, ns. kuumakeittiö ja astianpesu, joiden ilmajäädöä voidaan säätää erikseen. Tehostuksen ohjauks perustuu keittiöön sijoitettuihin tehostuskytkimiin.

Keittiötilan tuloilmajäädöä säädetään kahdella tuloilmakanaviin asennetulla IMS-yksiköllä, jotka automaatiografiikalla on nimetty "yleisilmajäädö" ja "huuvat". Poistoilmajäädöä voidaan säätää ohjaamalla huuvapoistoa palvelevan huippumurin TK07PF02 käyttönopeutta.

Astianpesutilassa sekä tulo- että poistoilmajäädöä säädetään kanaviin asennetuilla IMS-yksiköillä. Todennäköisesti poistoilmakanavaan on liitetty myös yleispoistoja, joita ei ole valvomografiikan kaavioissa esitetty. Ratkaisun vuoksi poistoilmakanavan alipaine täytyy pitää vakiona ja tätä varten huippumurille TK07PF01 johtavassa kanavassa onkin paine-erolähetin.



Kuva 8. Keittiön tuloilmakoneen TK03 säätökaavio valvomografiikalla.



Kuva 9. Keittiön ilmajäädöä säätimet.

Säätötoiminnot on ohjelmoitu virheellisesti. Poistot toimivat jatkuvasti täydellä, tehostetulla, ilmajäädöllä ja keittiön tehostuskytkimet vaikuttavat ainoastaan tuloilmajäädöä. Tehostusten ollessa pois päältä keittiön poistoilmajäädö on yli 1 m³/s tuloilmajäädöä suurempi, vaikka ilmajäädö on tarkoitettu tasapainoiseksi.

Lisäksi sekä tuloilmakoneen että astianpesutilan poistoilmajuhaltimen toimintaa ohjaavien paine-erolähettimien todettiin olevan viallisia. Vian seurauksena TK03 tuloilmajuhallin kävi tarpeettomasti täydellä kierrosluvulla. Häätäratkaisuna tuloilmajuhaltimen ohjauks muutettiin käsikäyttölle.

3.4.2.5 F-osan luokkien ilmajäädöä

F-osan luokat, kuten valtaosa koulun luokista, on varustettu huoneilman lämpötilaan ja hiilidioksidipitoisuuteen perustuvalla ilmajäädöllä. Huoneanturit on sijoitettu ovipieleen, jolloin ne eivät mittaa huoneilman todellista tilaa, jos ovea pidetään auki. Ilmeisesti tästä johtuen säätötoiminta on jo vuosia sitten ohitettu – ilmajäädöä säätimet ohjataan aikaohjelmalla 100 % ilmajäädöllä koulun käyttöaikoina.

F-osan luokissa ilmajäädöä säätimiä ohjataan luokkakohtaisilla Micronet -säätimillä, joihin on liitetty sekä luokkien hiilidioksidipitoisuutta ja lämpötilaa mittaavat anturit että tulo- ja pois-

toilmakanavien IMS yksiköt. Micronet -säätimet on yhdistetty keskitettyyn rakennusautomaatioon, mutta ratkaisun vuoksi ilmamääräsäädön säätöparametrejä ei ole mahdollista muuttaa valvomosta käsin – tämä koskee myös tulo- ja poistoilmavirran suhdetta.

Musiikkiluokan 2107 ja maantiedon ja biologian luokan 2108 todettiin olevan noin 10 Pa alipaineisia ulkoilmaan verrattuna, mutta em. säätöratkaisusta johtuen tilanteelle ei kyetty tekemään mitään. F-osan käytävä oli 6 Pa alipaineinen keskusaulaan verrattuna.

3.4.2.6 Liikuntasalin ilmapuhtaus

Liikuntasalin ilmanvaihtoa ohjataan tilan lämpötilan ja hiilidioksidipitoisuuden mukaan. Tuloilmakanavissa on tehostuspeltejä, joita avataan ilmanvaihdon tarpeen kasvaessa. Tämän vuoksi liikuntasalin tuloilmakoneessa on vakiokanavapainesäätö.

Liikuntasalin poistoilmakanaviston rakenne poikkeaa tuloilmakanavistosta – poistoilmakanavissa ei ole vastaavia tehostuspeltejä. Poistoilmakanavassa on ollut paine-erolähetin, mutta se on purettu pois.

Poistoilmavirtaa säädetään nykyisin ohjaamalla poistoilmapuhallin 25, 50 tai 75 % kierrosnopeudelle sen mukaan, kuinka monta tuloilmapelteä on ohjattu auki. Mittausten mukaan poistoilmavirta jäi tuloilmavirtaa pienemmäksi ja em. asetusarvot vaikuttavat ”hihastavasti”.

Säädön toteutus on keuhko. Vaikka poistopuhaltimen käyntinopeuden asetusarvot korjattaisiin siten, että poistoilmavirta saadaan tuloilmavirtaa vastaaviksi, ilmavirtojen suhde voi muuttua suodattimien likaantuessa. Tuloilmakoneessa suodattimien likaantuminen ei vaikuta ilmavirtaan kanavapainesäädön ansiosta, mutta poistoilmakoneessa se vaikuttaa.

3.4.2.7 Auditorio

Auditorio on huomattavan alipaineinen, kun tila ei ole käytössä. Alipaineisuus on jopa 40 Pa suuruusluokkaa. Ilmanvaihtoa tehostettaessa alipaineisuus katoaa.

4 AUTOMAATIO

4.1 VALVOMOLAITTEISTOT

Automaatiojärjestelmä on mallia Atmostech. Valvomotiekoneen käyttöjärjestelmänä on Windows XP, jonka tuotetuki on päättynyt. Valvomolaitteiden elinkaari on tyypillisesti 3-5 vuotta. Valvomo tulisi päivittää alakeskussaneerauksen yhteydessä.

Yötuuletuksen aikaohjelmia oli ohjelmoitu vaihtelevasti (yötuuletus ei ollut koskaan käytössä, käytössä lähes joka yö, vain lauantaisin jne.). Mikäli syksyisin ja keväisin tilat koetaan liian lämpimiksi, tulisi yötuuletusohjelmia ottaa käyttöön.

4.2 ALAKESKUKSET

Alakeskusten tyypillinen elinkaari on 10-15 vuotta. Alakeskukset ovat vuodelta 2005, joten ne alkavat tulla elinkaarensa päähän. Läpikäydyissä alakeskuksissa (AK2 ja AK3) keskusyksikkönä oli Atmos88. Kyseinen keskusyksikkö ei ole enää tuotannossa, vaan sen on korvannut iC1000-mallilla. Atmos88:n varaosasaatavuus äärimmäisen heikko, joten keskusyksikön rikkoutuessa se joudutaan saneeraamaan iC1000-malliseksi.

Alakeskukset suositellaan saneeraamaan ennakoivasti iC1000:ksi moduulikortteineen samalla, kun LVIA-järjestelmään tehdään muut tässä raportissa esitetyt toimenpiteet.

4.3 KENTTÄLAITTEET

Kenttälaitteiden elinkaari on tyypillisesti 15-20 vuotta. Kenttälaitteet ovat vuodelta 2005, joten niiden laajempaan uusimiseen ei ole tarvetta. Saneerauksen yhteydessä jokaisen kenttälaitteen toiminta tulisi kuitenkin varmistaa ja rikki olevat laitteet tulisi uusia.

Kohteessa havaittiin toimimattomia paine-erolähtettäviä (TK2-PE10, TK3-PE10 ja TK3-PE30). Kyseisistä puutteista kerrottiin eteenpäin heti paikanpäällä, jotta lähtettävien vaihto saatiin tilattua mahdollisimman pian. Samassa yhteydessä selvisi, että kohteessa on ollut myös aiemmin ongelmia rikkoontuneiden paine-erolähtettävien vuoksi. Myös luokkahuoneiden hiilidioksidipitoisuuslähtettäviä on uusittu rikkoontumisen vuoksi.

Paine-erolähtettävien toimimattomuus voi aiheuttaa rakennuksen painesuhteissa suuria muutoksia. Automaatiojärjestelmä pyrkii säätämään puhallinten pyörimisnopeuden siten, että kanavapainemittaus on yhtenevä halutun asetusarvon kanssa. Mikäli mittaus ei toimi, niin puhalltimien pyörimisnopeus voi ajautua mihin tahansa nopeuteen minimin ja maksimin välillä. Järjestelmästä ei ole nähtävissä kokonaisilmavirtoja, joten toimimattomia paine-erolähtettäviä ei välttämättä huomaa valvomosta (esim. TK3-PE30 mittaustulos oli jumittunut vastaamaan asetusarvoa). Kaikki alkuperäiset paine-erolähtettäimet, jotka vaikuttavat säätöpiireihin, tulisi uusia ennakoivasti. Säätöihin vaikuttamattomat paine-erolähtettäimet (esim. paine-ero suodattimien yli) tulee uusia niiden rikkoutuessa. Kokonaisilmavirtamittaukset tulisi lisätä järjestelmään ja esittää valvomografiikalla.

Osa ilmamääräsäätimistä on liitetty automaatiojärjestelmään paikallisten micronet-säätimien kautta. Micronet-säätimiä ei enää asenneta uudiskohteisiin. Kyseisissä säätimissä on havaittu yleisesti paljon ongelmia. Myös kohteessa olleisiin säätimiin liittyen havaittiin suuri joukko ongelmia valvomografiikalta, kuten vääriä hiilidioksidimittaustuloksia ja ilmavirtoja. Ilmavirtasäätimien poistamisen yhteydessä tulisi myös micronet-säätimet poistaa. Mikäli joitakin tiloja/toimintoja varten tarvitaan säädintä, tulee micronet-säädin korvata Vario-moduulikortilla.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Ilmanvaihtokoneet, kanavat ja ilmanjakolaitteet ovat hyväkuntoiset ja ilmanvaihdon mitoitus on riittävä. Sekä rakennuksen sisätilojen että sisä- ja ulkoilman välillä havaittiin suuria, jopa kymmenien pascalien, paine-eroja. Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltu tasapainoiseksi, joten paine-erojen esiintyminen johtuu laitevirtoista, ohjelmointivirheistä ja vääristä asetusarvoista. Suuret paine-erot ja niistä johtuvat ilmavirtaukset rakenteiden läpi ovat todennäköinen selittäjä havaituille sisäilmaongelmille.

Lisäksi jo ennen kuntotutkimusta oli tiedossa, ettei luokkien hiilidioksidipitoisuuteen perustuva ilmavirtasäätö ole toiminut oikein, joten säätötoiminta on valtaosassa luokkia ohitettu ohjaamalla luokkien ilmanvaihto aikaohjelmalla 100 % ilmavirralla koulun käyttöaikoina. Säädön pääongelma lienee pitoisuuslähtettävien sijoittaminen luokkien ovipieliin, jossa ne eivät aisti huoneilma todellista pitoisuutta, kun ovea auotaan. Luokissa pitäisi käyttää poistoilmakanavaan asennettavia pitoisuuslähtettäviä.

Juuri toteutettujen tutkimusten edellä koulun ilmanvaihtokoneet on yritetty asettaa käymään jatkuvasti. Aikaohjelmien muutokset on tehty puutteellisesti. Valtaosa koneista ei

käy edelleenkin jatkuvasti, vaan seisoo viikonloput ja pysähtyy arkipäivinäkin muutamaksi tunniksi puolilta öin. Lisäksi WC-poistojen käyntiajat ovat jääneet ennalleen ja ne käyvät vain klo 7–18.

Osaan suoraan alakeskusten ohjauksiin liitetyistä IMS-yksiköistä on ohjelmoitu vääriä parametrejä, minkä seurauksena tulo- ja poistoilmavirrat eivät ole tasapainossa ja valvomo-grafiikalla näkyy virheellistä mittaustietoa. Virheelliset mittaustiedot havaittiin jo 2012 kuntoarviossa, joten ongelma on ollut jo pitkään, mahdollisesti rakennuksen valmistumisesta asti. Kun valvomossa on jatkuvasti väärää tietoa, kiinteistöhuolto ei ole osannut reagoida oikein vakavampiinkin vikoihin.

Tutkimusaikataulu ei antanut mahdollisuutta kartoittaa säätölaitteiston toimintaa kuin pistokokein. Täysin viallisia ilmamääräsäätimiä ei havaittu, mutta laitteiston iän perusteella on odotettavissa, että IMS-yksiköitä alkaa pian vikaantumaan. Tutkimusten aikana havaittiin useita viallisia paine-erolähttimiä ja ilmeisesti osa hiilidioksidipitoisuuslähettimistäkin on vähintään kalibroinnin tarpeessa.

Järjestelmän toiminnan saattaminen alkuperäisiä suunnitelmia vastaavaksi edellyttäisi seuraavia toimenpiteitä:

- luokkien hiilidioksidipitoisuuslähettimet puretaan ja korvataan poistoilmakanaviin asennettavilla lähettimillä
- iv-koneiden paine-erolähttimien toiminta testataan ja vialliset uusitaan
- kaikkien IMS-yksiköiden toiminta testataan, virheelliset parametrit korjataan ja vialliset yksiköt uusitaan – Micronet –säätimien osalta tämä vaatii erityisasiantuntemusta
- keittiön ilmavirtasäädön ohjelmointivirhe korjataan
- liikuntasalin ilmanvaihto säädetään tasapainoon

Lisäksi alakeskukset ja oletettavasti myös IMS yksiköt sekä osaa IMS-yksiköistä ohjaavat Micronet -säätimet ovat lähellä teknisen käyttöikänsä loppua, joten koko laitteisto, automaation alakeskukset ja IMS-yksiköt mukaan luettuina, pitäisi uusida noin viiden vuoden kuluttua. Tämänkin jälkeen on odotettavissa, että laitteiston ikääntyessä vikoja alkaa esiintyä ja yksittäisiä komponentteja joudutaan uusimaan jo automaatiolaitteiden 15 vuoden elinkaaren aikana. Korjaamattomat viat voivat johtaa ilmanvaihdon ajautumiseen epätasapainoon nykytilanteen lailla.

Luokkien ilmamääräsäätöön liittyvien ongelmien vuoksi säätötoiminnot on suurelta osin ohitettu aikaohjelmilla ja ilman laatuun perustuvalla ilmamääräsäädöllä tavoiteltu energiankulutuksen pienentäminen on jäänyt toteutumatta.

Nykyisen järjestelmän monimutkaisuuden ja laitteiden lyhyestä elinkaaresta johtuvien ylläpitokustannusten vuoksi suosittelemme järjestelmän toiminnan muuttamista siten, että luokkien ilmanvaihto muutetaan vakioilmavirtajärjestelmäksi. Tällöin ilmamääräsäätimet ja huoneanturit puretaan pois useimmista luokista ja korvataan kertäsäätöpelleillä. Nykyistä, elinkaarensa loppua lähestyvää automaatiojärjestelmää ei enää kannata alkaa muokkamaan tässä laajuudessa, vaan automaatio kannattaa uusida kokonaisuudessaan samalla, kun IMS-yksiköt puretaan. Kokonaan ilmamääräsäätimistä ei voida luopua. Niitä tarvitaan yhä tuloilmavirran säätöön niissä tiloissa, joissa on erikseen ohjattavia paikallispoistoja. Esimerkkejä näistä tiloista ovat teknisen työn luokat, kotitalousluokat ja keittiö.

6 SUOSITUKSET

6.1 HUOLTOLUONTEISET KORJAUKSET

Kaikki alkuperäiset, ilmanvaihtokoneiden toiminnan säätöön osallistuvat (käytännössä kanavapainelähtetimet), paine-erolähtetimet uusitaan ennakoivasti.

Liikuntasalin ilmanvaihtokoneen ilmavirrat säädetään tasapainoon.

Keittiön ilmanvaihdon ohjelmointia muutetaan siten, että myös poistoilmavirta säätyy sen mukaan, onko tehostus käytössä vai ei.

Automaation ongelmien vuoksi osa ilmavirtojen säätötoiminnoista on käsikäytöllä ja asetusarvot on valittu koulun käyttöaikaisen tarpeen mukaan. Yöllä järjestelmän toiminta muuttuu, kun valtaosa IMS-yksiköistä siirtyy tarpeenmukaiselle toiminnalle – käytännössä minimi-ilmavirroille. Lisäksi nykyisillä aikaohjelmilla WC-poistot sammuvat. Tämä voi johtaa hallitsemattomiin paine-eroihin ja suuriin vuotoilmavirtauksiin. Suosittelemme, että ilmanvaihdon yöaikaisesta käytöstä luovutaan.

6.2 ILMANVAIHDON MUUTOSEHDOTUS

Automaatiojärjestelmä, alakeskukset ja kenttälaitteet, uusitaan. Järjestelmää yksinkertaistetaan:

- tavallisten luokkien, joissa ei ole kohdepoistoja, huonesäätimet, CO₂ ja lämpötilalähtetimet sekä kanavien IMS yksiköt puretaan
- purettujen IMS -yksiköiden tilalle asennetaan kertasäätöpellit ja ilmavirrat säädetään niiden avulla suunnitelmien mukaisiksi

Kaikkiin ilmanvaihtokoneisiin lisätään puhaltimien mittausyhteisiin liitettävät tilavuusvirtalähtetimet, joiden mittaustulokset esitetään valvomografiikalla ja joille ohjelmoidaan hälytysrajat. Lisäksi puhaltimien käyntinopeudelle asetetaan hälytysrajat. Toimenpiteiden tavoitteena on, että ilmanvaihdon toimintaa ohjaavan kanavapainesäädön vikaantumisesta saadaan hälytys (väärä ilmavirta tai puhallin maksimiteholla).

Kylmiin ullakkotiloihin asennetut paine-erolähtetimet siirretään lämpimiin tiloihin.

Keittiön ilmanvaihdon säätö ohjelmoidaan siten, että poistoilmavirrat säätyvät tuloilmavirtoja vastaavasti.

Ohjattavilla kohdepoistoilla varustetuissa tiloissa poistoilmakanavien tuloilmakanavien IMS-yksiköt uusitaan. Poistoilmakanavien yksiköt puretaan, mikäli mahdollista, tai uusitaan. Tiloja, joissa IMS-laitteita yhä tarvitaan ilmanvaihdon tasapainon ylläpitämiseksi ovat mm. keittiö, teknisen työn tilat ja kotitalousluokat. 0-1 tai 0-1-2 -tyyppiset tehostuskytkimet korvataan lisäaikakytkimillä, jolloin tehostukset eivät jää tarpeettomasti päälle.

Kouluun lisätään paine-erolähtetimet, joilla valvotaan kaikkien lohkojen ilmanvaihdon tasapainoa:

- referenssitilana käytetään keskusaulaa, joka varustetaan neljällä sisä- ja ulkoilma välistää paine-eroa mittaavalla paine-erolähtetimestä, jotka asennetaan molempiin päätyihin ja molempiin kerroksiin

- useiden mittauspisteiden avulla saadaan tietoa myös tuulen ja ns. savupiippuilmiön vaikutuksesta; paine-eroista lasketaan myös keskiarvo, joka esitetään valvomografiikalla
- kaikkiin lohkoihin asennetaan molempiin kerroksiin paine-erolähetin, joka mittaa ao. lohkon käytävän ja keskusaulan välistä paine-eroa
- lohkojen ja keskusaulan (4 mittauksen keskiarvo) paine-eroille asetetaan hälytysrajat
- paine-eromittausten tavoitteena on havaita ilmanvaihtokoneiden tai ilmamäärän säätölaitteiden vioista aiheutuva ilmanvaihdon epätasapaino

Lämpötilaan ja hiilidioksidipitoisuuteen perustuva ilmamääräsäätö jää yhä käyttöön mm. juhlasaliin.

Tekniikan yksinkertaistuessa huollontarve vähenee, mutta edelleen on todennäköistä, että yksittäisiä paine-ero ja hiilidioksidipitoisuuslähettämiä sekä IMS-yksiköitä joudutaan uusimaan automaatiolaitteiden 15–20 vuoden elinkaaren aikana.

SWECO Talotekniikka Oy

Marko Björkroth