

Tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän ohje

Tarpeenmukaisten ilmanvaihtojärjestelmien ohje on tarkoitettu uudis- ja perusparannushankkeisiin sekä kohteiden ylläpitovaiheeseen. Kohteina ovat kaupungin palvelurakennukset: koulut, päiväkodit, monitoimitilat ja toimistot. Muissa kohteissa, kuten terveysasema-, sairaala- ja urheiluhallikohteissa ohjetta noudatetaan tilaajan harkinnan mukaan.

Ohje sisältää tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän:

- eri teknologiat
- suunnitteluperiaatteet
- toteutuksen ja käyttöönoton vaatimukset
- ylläpidon ja huollon toimenpiteet.

Taulukko 1. Ohjeen päivitykset.

Päivämäärä	Sivu	Kuvaus muutoksesta	Tekijä

Tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän ohjeen päivitystyöstä vastaa
Erno Sjögren,
erno.sjogren@hel.fi,
puh. 040-708 2188

Sisällys

1. JOHDANTO	5
2. MÄÄRITELMÄT	6
3. TEKNOLOGIAT	7
3.1. Ultraäänimittaus	7
3.2. Paine-eromittaus säätöpellillä	7
3.3. Paine-eromittaus mittaristikolla	8
3.4. ON/OFF-tehostuspelti	9
3.5. Vakiopainesäädin ja vakioilmavirtasäädin	10
4. JÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU	10
4.1. LVI-suunnittelu	10
4.1.1. Olosuhdevaatimukset	11
4.1.2. Ilmavirtojen mitoitus	11
4.1.3. Ilmanvaihtokanavisto	12
4.1.4. Ilmanjako ja päätelaitteet	13
4.1.5. Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon palvelualueet	13
4.2. Rakennusautomaatiosuunnittelu	14
4.2.1. Painesäädön suunnittelu	14
4.2.2. IMS-järjestelmän huonesäätö	14
4.2.3. IMS-järjestelmän painesäätö	16
4.2.4. ON/OFF-järjestelmän huonesäätö	19
4.2.5. ON/OFF-järjestelmän painesäätö	20
4.2.6. Grafiikkaohje	22
4.3. Urakkarajojen määrittäminen	22
5. JÄRJESTELMÄN TOTEUTUS JA KÄYTTÖNOTTO	23
5.1. Laadunvarmistusprosessin suunnittelu ja aikataulutus	24
5.2. Laitehyväksynät, malliasennukset ja asennustapatarkastukset	24
5.3. Laiteasennukset	24
5.4. Urakoitsijoiden toimintatarkastukset	25
5.5. Säätyöt, parametrit, mittaukset ja kuormituskokeet	25
5.6. Rakennuttajan toimintakokeet	26
5.7. Loppupiirustukset ja käytönopastus	26
6. JÄRJESTELMÄN YLLÄPITO JA HUOLTO	26
6.1. Takuuajan toimivuuden varmistus	26
6.2. Määräaikaistestaukset ja seuranta	26
6.3. Laitteen huolto ja puhdistus	27
6.4. Ylläpitovaiheen yleisimmät vikatilanteet	28
LIITTEET	30

Liite 1. Tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän säätöohje	30
Liite 2. IMS-järjestelmän vianetsintätaulukko	35
Liite 3. Grafiikkaohje	38
Liite 4. Mallisäätökaaviot	39

1. Johdanto

Tällä tarpeenmukaisten ilmanvaihtojärjestelmien ohjeella halutaan yhtenäistää ja selkeyttää IMS- ja ON/OFF-järjestelmien suunnittelu-, toteutus-, käyttöönotto- ja ylläpitokäytäntöjä. Ohje toimii osana Helsingin kaupungin uudis- ja korjausrakentamisen suunnittelu- ja projektitoiminnan ohjeistusta. Toteuttamalla toimintavarmoja tarpeenmukaisia ilmanvaihtojärjestelmiä, saavutetaan merkittäviä kustannussäästöjä koko rakennuksen elinkaaren aikana. Tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla on myös merkittävä rooli päästövähennystavoitteiden sekä Hiilineutraali Helsinki 2030 tavoitteen saavuttamiseksi.

Helsingin kaupungilla on lukuisia palvelurakennuksia, joissa on käytössä tarpeenmukainen ilmanvaihtojärjestelmä. Osassa kohteista ilmanvaihtojärjestelmissä on havaittu puutteita, joiden korjauksista on saatu tietoa oikeanlaisen tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän suunnitteluun, toteutukseen, käyttöönottoon ja ylläpitoon. Tässä ohjeessa on hyödynnetty tuota kokemusperäistä tietoa sekä lisäksi on haastateltu eri sidosryhmien asiantuntijoita.

Tarpeenmukaisten ilmanvaihtojärjestelmien ohje toimii työkaluna rakennushankkeen eri vaiheissa oleville toimijoille; suunnittelijoille, urakoitsijoille ja kiinteistöhuollolle. Ohjetta tulee noudattaa rinnan muiden Helsingin kaupungin suunnitteluohjeiden kanssa. Näitä suunnitteluohjeita ovat:

- LVI-suunnitteluohje
- LVIA-mallityöselostus
- Mittaroinnin suunnitteluohje
- RAU-suunnitteluohje
- Raunet-verkon suunnittelu- ja toteutusohje
- Ohje Nuuka-järjestelmään liittymisestä ja kysyntäjousta
- Sähkö-, tele- ja turvajärjestelmät, suunnittelu- ja toteutusohje
- Yleinen asennus-, koestus- ja merkintäohje
- Ekologisesti kestävä rakentamisen ohjeet, joihin kuuluu mm. Energiatohokkaan palvelurakennuksen suunnitteluohje sekä Hulevesien hallinta tonteilla -ohje
- Ammattikeittiöiden suunnitteluohje
- Kaskon yleiset tilasuunnitteluohjeet sekä esteettömyysohjeet, teknisen työn opetustilojen ohjeet, puhtauspalvelun tilasuunnitteluohjeet ja turvallisuuspalvelun tilasuunnitteluohjeet
- Kosteudenhallinta-asiakirja
- Puhtaudenhallinta-asiakirja
- Huoltokirja-aineiston tuottaminen rakennushankkeessa -ohje

Ohjeesta on aina haettava BEM-projektipankin Ohjeet-osiosta viimeisin ajan tasalla oleva versio.

Ympäristöministeriön asetuksiin liittyviä suunnittelua ja mitoitusta koskevia ohjeita sekä esimerkkejä on julkaistu ympäristöministeriön ja Talotekniikkainfon sivustoilla.

- <https://ym.fi/rakentamismaarayskokoelma>
- <https://www.talotekniikkainfo.fi/>

Suunnittelussa on käytettävä aina viimeisintä ajan tasalla olevaa dokumenttia.

2. Määritelmät

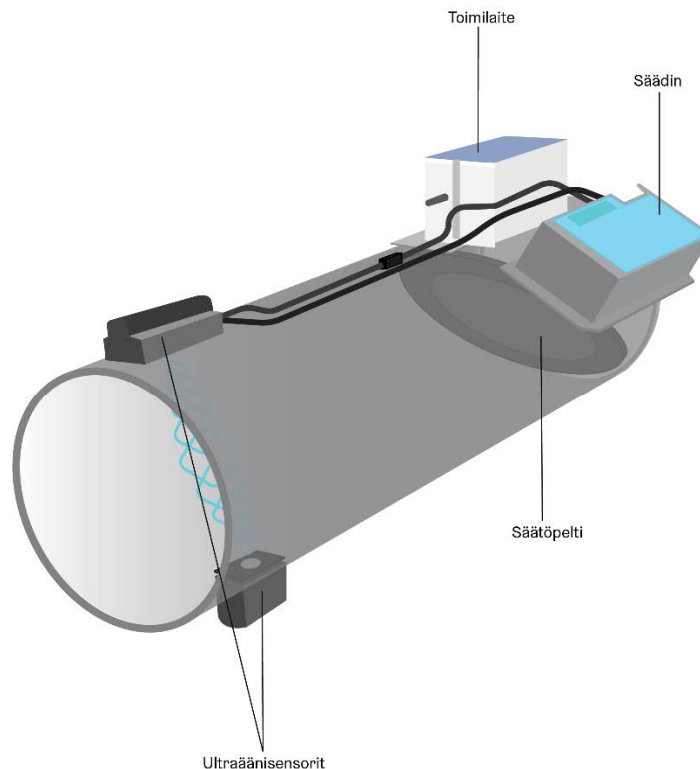
- *Vakioilmavirtainen ilmanvaihto*: Järjestelmä, jossa tilojen tai vyökokeiden ilmavirta on vakio, eli sitä ei ohjata kuormituksen tai ilman laadun mukaisesti vastaamaan käyttötilannetta.
- *Tarpeenmukainen ilmanvaihto*: Järjestelmä, jolla ilmavirtoja ohjataan kuormituksen tai ilman laadun mukaan vastaamaan käyttötilannetta.
- *Ilmavirtasäädin IMS*: ilmanvaihtokanavissa käytettävä laite, jolla säädetään portaattomasti tilan tai vyöhykkeen tulo- ja/tai poistoilmavirtaa olosuhdemittauksiin perustuen. Mittausteknologia voi perustua ultraääneen tai dynaamiseen ja/tai staattisen paineen mittaukseen. Ilmavirtasäädin koostuu laitteen rungosta, ilmavirran mittaussosasta, säätölaitteesta, toimilaitteesta, akselista ja läpistä.
- *Ilmavirtasäätimen rekisteri*: Ilmavirtasäätimen muistiprosessorin muistialue, johon voidaan kirjoittaa ja/tai lukea tietoa. Rekistereitä on useita, joita hyödynnetään IMS-laitteen käyttöönnottoon, ohjaukseen ja tilavalvontaan. IMS-laitteen rekistereitä voidaan hyödyntää väyläliitännäisissä IMS-laitteissa.
- *ON/OFF-pelti*: ilmanvaihtokanavissa käytettävä laite, jolla voidaan säätää portaittain tilan tai vyöhykkeen tulo- ja/tai poistoilmavirtaa olosuhdemittauksiin perustuen. ON/OFF-pelti koostuu laitteen rungosta, toimilaitteesta, akselista ja läpistä.
- *Vakiopainesäädin VPS*: ilmanvaihtokanavissa käytettävä laite, jolla pidetään ilmavaihtokanavan painetaso vakiona halutussa asetusarvossa.
- *Vakiovirtaussäädin VIS*: ilmanvaihtokanavissa käytettävä laite, jolla pidetään ilmavirta vakiona halutussa asetusarvossa.
- *Palopelti (synonyymi palonrajoitin)*: ilmanvaihtokanavissa palo-osastoinnin ylläpitämiseksi käytettävä laite [SFS-EN 15650]. Se sulkeutuu automaattisesti lämpötilan tai savukaasun vaikutuksesta ja estää palon ja savukaasujen leviämisen ilmanakanavan kautta palo-osastosta toiseen.
- *Ilmankanava*: Pääasiassa suljettu tila, jossa ilma liikkuu. Kanavat ja muut kanavien sisään asennetut ilman jakamisen perusosat muodostavat yhdessä ilmanjakojärjestelmän. [SFS-EN 12792]
- *Kammio*: Ilmanvaihtokoneeseen välittömästi liittyvä ilman kuljettamiseen tai sekoittamiseen tarvittava laitteiston osa.
- *Huonelämpötila*: ilman lämpötila oleskeluvyöhykkeellä.
- *Ilmanvaihto*: sisäilman laadun ylläpitämistä ja parantamista huoneen ilmaa vaihtamalla.
- *Oleskeluvyöhyke*: sitä osaa huonetilasta, jossa sisäilmastovaatimukset on suunniteltu toteutuviksi ja jonka alapinta rajoittuu lattiaan, yläpinta on 1,8 metrin korkeudella lattiasta ja sivupinnat ovat 0,6 metrin etäisyydellä ulko- tai sisäseinästä tai vastaavasta kiinteästä rakennuksen osasta.
- *Poistoilma*: ilma, joka johdetaan huonetilasta pois.
- *Tuloilma*: ilma, joka johdetaan huonetilaan.
- *Ulkoilma*: ilmanvaihdon kautta ulkoa sisätiloihin hallitusti johdettu ilma.
- *Ulospuhallusilma*: poistoilma, joka johdetaan rakennuksesta ulos.

3. Teknologiat

3.1. Ultraäänimittaus

IMS-järjestelmissä ultraäänitekniikkaan perustuva ilmavirran mittaus on kehitelty 2010-luvulla. Siinä ilmavirran mittaus tapahtuu ultraäänisensoreilla, jotka sijaitsevat IV-kanavan vastakkaisilla sivuilla. Fläktin Optivent Ultra (ULSA/ULDA) -malleissa kanavan ilman virtaus aiheuttaa ultraäänisignaalin taipuman, jonka perusteella ilman virtausnopeus ja ilmavirta saadaan mitattua. Mitä suurempi ilman virtausnopeus, sitä enemmän ultraääninen keila taipuu. Lindabin Ultralink FTCU ja Haltonin Max Ultra Circular (MUC) -mallissa ultraäänisensorit ovat vastakkaisilla sivuilla noin 45° kulmassa toisiinsa nähden. Ultraääntä lähetetään vuorotellen sensorista toiseen ja IMS vertaa signaalin nopeuden aikaeroa. Aikaero syntyy, koska ultraääni lähetetään toiselle sensorille vasten ja toiselle myöden ilman virtausta.

IMS-laite on helppo puhdistaa, koska siinä ei ole mekaanisia mittalaitteita. Osassa laitteista on käytössä automaattinen kalibrointi, jonka tarpeellisuuden LVI-suunnittelija varmistaa kohdekohtaisesti. Kuvassa 1 on esitetty periaatekuva ilmavirtasäätimestä ultraäänimittauksella.

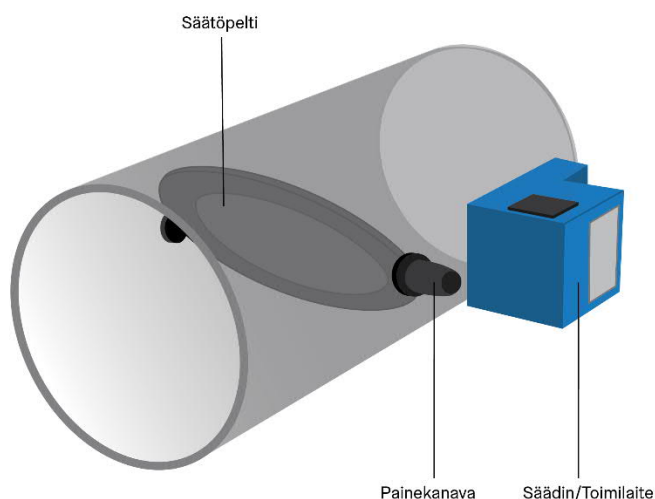


Kuva 1. Ilmavirtasäädin, jossa on ultraäänimittaus.

3.2. Paine-eromittaus säätöpellillä

Tässä teknologiassa paine-eromittaus tapahtuu IMS:ssä olevan säätöpellin avulla (kuva 2). Säätöpellin molemmilla puolilla sijaitsee paine-eromittapisteet, joiden perusteella mitataan syntynyt

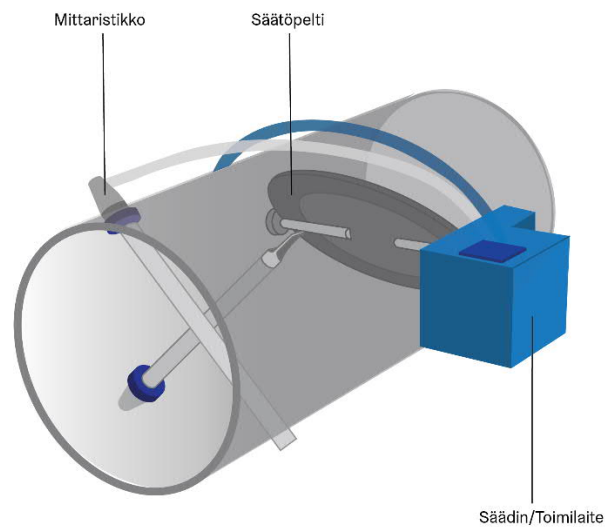
paine-ero. Säätopelti toimii myös paine-erokammiona. Pellin akselin sisällä sijaitsee painekana-
vat. Niiden kautta paine välittyy toimilaitteelle, jossa se muutetaan sähköiseksi viestiksi dynaami-
sella tai staattisella mittaustavalla. Toimilaitteessa mitattua ilmavirtaa verrataan asetusarvoon ja
pellin asentoa muutetaan niin, että säätöarvo saavutetaan.



Kuva 2. Ilmavirtasäädin, jossa paine-eromittaus tapahtuu säätopellin avulla.

3.3. Paine-eromittaus mittaristikolla

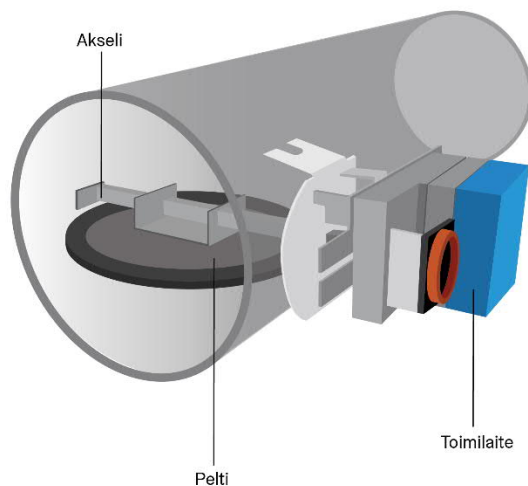
Pisimpään IMS-järjestelmissä käytössä ollut mittaustapa on ilmanvaihtokanavassa oleva mit-
tauslaite (esim. mittaristikko tai mittalaippa), jonka molemmin puolin mitataan painetta. Paine-
eron avulla saadaan laskettua ilman virtausnopeus sekä ilmavirta. Mittauslaite kerää ajan saa-
tossa pölyä, mikä aiheuttaa mittaustarkkuuteen epävarmuutta. Poisto- ja tulokanavan IMS-laittei-
siin kerääntyä pölyä normaalisti epätasaisesti, mikä voi aiheuttaa tilojen yli- tai alipaineistumisen
pidemmällä aikavälillä. Siksi mittauslaitteiden pölyntymistä tulee seurata ja ne tulee puhdistaa
aika ajoin. Kuvassa 3 on esitetty periaatekuva ilmavirtasäätimestä, jossa on paine-eromittaus
mittaristikolla.



Kuva 3. Ilmavirtasäädin, jossa on paine-eromittaus mittaristikolla.

3.4. ON/OFF-tehostuspelti

ON/OFF-peltiin perustuva tarpeenmukainen ilmastointijärjestelmä koostuu runko-osasta, peltiosasta sekä peltimoottorista. ON/OFF-pellissä ei ole erillistä ilmavirranmittausosaa. ON/OFF-pelti tehostaa tilan ilmavirtaa avautuessaan tyypillisesti +100 %. Järjestelmän toiminta perustuu vakio painesäätöön, minkä vuoksi ilmanvaihtokanavistojen painetaso tulee olla vakio kaikissa käyttötilanteissa. Kuvassa 4 on esitetty periaatekuva ON/OFF-pelistä.



Kuva 4. ON/OFF-pelti.

3.5. Vakiopainesäädin ja vakioilmavirtasäädin

Tarpeenmukaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä voidaan käyttää vakiopainesäätimiä sekä vakioilmavirtasäätimiä kanaviston painesuhteiden ja ilmavirtojen hallinnassa. Vakiopainesäädin muodostuu runko-osasta, peltiosasta, toimilaitteesta sekä paineanturista. Paineanturi voi olla toimilaitteeseen integroituna tai se voidaan toteuttaa erillisellä mittalaitteella. Paineanturin mittayhde voidaan sijoittaa kanavaan vakiopainesäätimen yhteyteen tai kanavahaaran päähän. Vakiopainesäädintä voidaan käyttää paineesta riippuvassa sekä paineesta riippumattomassa järjestelmässä varmistamaan kanaviston oikea painetaso. Tyypillisesti vakiopainesäätimiä käytetään varmistamaan haluttu painetaso IMS-säätimille, ON/OFF-pelleille tai vakioilmavirtaisille tiloille.

Vakioilmavirtasäädin voi olla mekaaninen, esimerkiksi jousitoiminen tai sähköisesti toimiva toimilaite. Ilmavirtasäätimiä voidaan käyttää myös vakioilmavirtasäätiminä määrittämällä sen ilmavirran asetusarvo vakioksi. Vakioilmavirtasäädin säilyttää halutun ilmavirran kanavahaarassa, vaikka kanaviston painetaso vaihtelee. Tyypillisesti vakioilmavirtasäätimiä käytetään varmistamaan haluttu ilmavirta vakioilmavirtaisille tiloille.

4. Järjestelmän suunnittelu

4.1. LVI-suunnittelu

Suunnittelija laatii säätö- ja tasapainotusohjeen tarpeenmukaiselle ilmanvaihtojärjestelmälle osana suunnitteludokumentaatiota.

4.1.1. Olosuhdevaatimukset

Olosuhdevaatimuksina käytetään Sisäilmastoluokituksen (2018) S2-luokan mukaisia tavoitearvoja. Operatiivisen lämpötilan tavoitearvot on esitetty Helsingin kaupungin LVI-suunnitteluohjeessa.

S2-luokalle on annettu sisäilman laadun tavoitearvoja, jotka on esitetty taulukossa 1. S2-luokalle on annettu akustisia tavoitearvoja LVIS-laitteiden äänitasosta, jotka on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 1. Sisäilman laadun tavoitearvot (Sisäilmastoluokitus 2018).

S2-luokka	
CO ₂ -pitoisuuslisä * (ppm)	Olosuhteiden pysyvyys, toimi- ja opetus-tilat (% käyttöajasta)
< 550	90 %

* suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus, kts. ilmatieteenlaitos.fi

Taulukko 2. LVIS-laitteiden äänitason tavoitearvot tavanomaisissa tiloissa (Sisäilmastoluokitus 2018).

S2-luokka					
	1 - 2 hengen toimistohuone	Neuvotteluhuone	Avotila-toimisto	Opetus-tila	Vastaanotto-, tutkimus-, hoitohuone
LVIS-laitteiden äänitaso (dB)	≤ 35	≤ 35	35	≤ 33	≤ 40

4.1.2. Ilmavirtojen mitoitus

Ilmavirtojen mitoitus tehdään henkilöperusteisesti ja siinä käytetään Sisäilmastoluokituksen (2018) S2-luokan mukaisia henkilöperusteisia ohjearvoja. Suunnitellut henkilömäärät tulee näkyä arkkitehtikuvissa. Mitoitettaessa suunniteltuja ilmavirtoja tulee kanavistossa ja ilmanvaihtokoneissa varata 20 % suuremmat ilmavirrat kuin henkilöperusteinen laskenta edellyttää.

Henkilöperusteista ilmavirtojen mitoitusta voidaan kasvattaa, mikäli muut kuormitustekijät ovat merkittäviä. Tällöin tilan ilmavirtojen mitoitus perustuu rakennustyyppin johdosta huonelämpötilan (tuloilman lämmitys ja jäähdytys) tai epäpuhtauksien hallintaan. Kuormitukseen perustuvassa mitoituksessa lasketaan kaikki eri kuormitustekijät (epäpuhtaus-, lämpö- ja kosteuskuormitus) ja mitoitetaan tulo- ja poistoilmavirta tämän perusteella.

IMS-järjestelmän säätöalue määritetään kohteen mukaan 20...100 % tai maksimissaan 50...100 %. Varsinaisen käyttöajan ulkopuoliseksi minimi-ilmavirraksi määritetään 20...50 %:n ilmavirta maksimi-ilmavirrasta tilan käyttötarkoitus huomioiden. Minimi-ilmavirta määritetään tapauskohtaisesti ottaen huomioon rakennuksen normaalin toiminta-ajan (8–16) ulkopuolinen käyttö. Minimi-ilmavirran mitoituksessa on huomioitava, että se ei saa jäädä IMS-laitteen toiminta-alueen ulkopuolelle. Ilmavirran on huuhdeltava tilat riittävästi kaikissa käyttötilanteissa. Pienen ilmavirran tiloissa, alle 40 l/s, ei käytetä IMS-järjestelmää.

ON/OFF-järjestelmissä säätöalue määritetään kohteen mukaan tyypillisesti kaksi- tai kolmiportaisesti eli 33 %, 66 % ja 100 % tai maksimissaan 50 % ja 100 %. Minimi-ilmavirta on siten 33 % tai 50 % maksimi-ilmavirrasta. ON/OFF-järjestelmää ei käytetä pienen ilmavirran tiloissa, missä mitoitusilmavirta on alle 40 l/s.

Suunniteltaessa tarpeenmukaista ilmanvaihtojärjestelmää on erityisen tärkeää huomioida ilmavirtatasapaino koko rakennuksessa. Ulko- ja ulospuhallusilmavirtojen tulee pysyä yhtä suurina kaikissa tilanteissa, kun ilmanvaihtoa ohjataan tarpeenmukaisesti. Esimerkiksi opetustiloissa tai päiväkodin ryhmätiloissa tämä ei aiheuta haasteita, mutta suunniteltaessa käytävä- ja WC-/siivouskomerotilojen ilmavirtatasapainoa, on oltava erityisen huolellinen.

4.1.3. Ilmanvaihtokanavisto

Ilmanvaihtojärjestelmän toiminnan kannalta on erityisen tärkeää, että tilavaraukset tehdään hankkeen alkuvaiheessa asianmukaisesti. Tilavarausten suunnittelu tehdään suunnitteluryhmän yhteistyönä, jota johtaa pääsuunnittelija. LVI-suunnittelija määrittää tilavaraukset ilmanvaihtokanavistoille sekä IMS- tai ON/OFF-laitteille. Tilavaraussuunnittelun onnistuminen hankkeen alkuvaiheessa mahdollistaa IMS-järjestelmän oikean toiminnan. Historiallisten ja suojeltujen kohteiden vaatimukset on huomioitava tilavaraussuunnittelun yhteydessä. Ilmanvaihtojärjestelmä suunnitellaan vakioilmavirtaisena, jos tarpeenmukainen järjestelmä ei ole suojelunäkökohdista toteutuskelpoinen.

IMS-järjestelmän mittaustarkkuuteen vaikuttavat erilaiset häiriölähteet, kuten kanaviston mutkat, T-haarat, supistukset ja laajennukset. Häiriölähteiden vaikutusta voidaan pienentää huomioidamalla suunnittelussa riittävät suojaetäisyydet ilmavirran kulkusuunnassa. Suojaetäisyydeksi lähimpään häiriölähteeseen ilmavirran suuntaisesti ennen IMS-laitetta suositellaan vähintään neljä kertaa kanavahalkaisijan mitta ($\geq 4 \times D$).

IMS-säätimien sijoitus kanavistossa tulee suunnitteluvaiheessa harkita tarkasti. IMS-laitteet voidaan tyypillisesti sijoittaa joko tilaan tai sen ulkopuolelle käytävälle. Joissain tapauksissa on mahdollista sijoittaa IMS-laitteet teknisiin tiloihin tai ullakolle. Tällöin niiden huollettavuus on yleisesti helpompaa. Valintaan vaikuttavat ilmanvaihtokanaviston rakenne ja sitä kautta riittävien suojaetäisyyksien toteutuminen, IMS-laitteen huollettavuus sekä IMS-laitteen äänitasot kanaviston ulkopuolelle. Laitteen sijoitustapa on suositeltavaa sopia yhdessä arkkitehdin ja akustiikka-suunnittelijan kanssa huomioiden myös tarvittavat vaimennukset kuten alakattojen ja kotelointien tarpeellisuus.

Ilmanvaihtokanavat tulee mitoittaa väljiksi ja mahdollisimman pienille ilman nopeuksille. Tällöin minimoidaan ylimääräinen painehäviö ja kanaviston äänitasot ovat tavoitearvojen mukaiset. Väljien ilmanvaihtokanavien ansiosta taataan hyvä IMS-järjestelmän ilmavirtojen säädettävyyden ja kanaviston muuntojoustavuus. Ilmanvaihtokanavien liian väljä mitoitus tulee myös välttää hyvän mittaustarkkuuden säilyttämiseksi. IMS-laitteiden koot vaihtelevat kanavahalkaisijoiltaan $\varnothing 100 \dots 630$ mm. Kooksi valitaan lähtökohtaisesti sama kuin itse ilmanvaihtokanavan koko. Mikäli kanavaosuudelle ennen IMS-laitetta tehdään supistus tai laajennus, on tämä huomioitava suojaetäisyydessä.

ON/OFF-järjestelmän kanavoinnin suunnittelussa tulee huomioida laitteiden tilavaraukset ja sijoittelupaikat sekä äänitekniset ominaisuudet. ON/OFF-järjestelmässä ei edellytetä vastaavanlaisia suojaetäisyyksiä häiriölähteisiin kuin IMS-järjestelmissä, sillä ON/OFF-järjestelmässä ei käytetä ilmapirranmittausta.

Ilmanvaihtokanavaan IMS-laitteen ja ON/OFF-peltien yhteyteen asennetaan äänenvaimennin ja puhdistusluukut (2 kpl). Äänenvaimennin asennetaan IMS-laitteen jälkeiselle kanavaosuudelle ja se tulee valita niin, että äänitaso pysyy hallinnassa maksimi-ilmapirralla ja suurimmalla paine-erolla. Puhdistusluukut sijoitetaan molemmin puolin IMS-laitetta ja ON/OFF-laitetta, jotta laitteen huolto ja ylläpito on mahdollista.

4.1.4. Ilmanjako ja päätelaitteet

Ilmanjakojärjestelmänä käytetään lähtökohtaisesti sekoitettavaa ilmanjakoa, jossa epäpuhtauspitoisuudet ja lämpötila saadaan pidettyä tasaisena koko tilassa. Muista ilmanjakojärjestelmistä on sovittava rakennuttajan kanssa erikseen. Päätelaitteiden huollettavuuden helpottamiseksi esim. korkeissa tiloissa voidaan harkita syrjäyttävää ilmanjakoa.

Päätelaitteet on varustettava mittaus- ja säätömahdollisuudella. Päätelaitteita suunniteltaessa on kiinnitettävä erityistä huomiota tuloilman päätelaitteiden heittokuvioihin niin, että ilma huuhtelee tilan myös osakuormilla tehokkaasti. Lisäksi äänitason huomioiminen päätelaittevalinnoissa on tärkeää. Päätelaittevalinnoissa tulee huomioida tilan minimi-ilmapirran vaikutukset laitteiden säädettävyyteen sekä heittopituuksiin.

ON/OFF-järjestelmissä ilmanvaihdon tehostus epäpuhtauspitoisuuksien kasvaessa tapahtuu toisen kytkentäkanavan pääte- ja poistolaitteilta.

Kattohajottimet

Kattohajottimia löytyy useita eri mallisia ja kokoisia. Ne soveltuvat IMS-järjestelmiin, koska niiden avulla pienetkin ilmapirrat saadaan jaettu laajalle alueelle. Kattohajottimista löytyy sekä aktiivisia että passiivisia hajottimia.

Suutinkanavat

Suutinkanavayksikkö on soveltuva päätelaite suuren sisäisen lämpökuorman tiloihin (esim. ope-
tustilat). Siinä kanavaosuudella on pieniä suutinaukkoja. Niiden avulla tuloilma sekoittuu kohdetilaan hyvin ja laajalle alueelle. Suutinkanavat eivät vaadi alakattotilaa.

Seinäpuhallus

Seinäpuhallusta ei saa käyttää ilmapirtasäätimien yhteydessä, koska osailmapirroilla tilat eivät huuhtoudu riittävästi ja heittopituudet eivät ole tarpeeksi suuria.

4.1.5. Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon palvelualueet

Huonekohtaisessa ilmapirran säädössä IMS-laitteet on asennettu huonekohtaisiin kytkentäkanaviin huonetilan tai viereisen käytävän alakattoon. Huonekohtainen säätö soveltuu erityisesti tila-

tyyppeihin, joissa sisäiset kuormitukset vaihtelevat päivän aikana eri käyttötilanteissa. Lämpökuorma on ihmisten lukumäärästä riippuvainen. Tyypillisesti tällaisia tiloja ovat esim. opetustilat ja neuvotteluhuoneet.

Vyöhykekohtaisessa ilmvirran säädössä IMS-laitteet on asennettu kunkin vyöhykkeen runkokaanavaan. Huonekohtaiseen säätöön verrattuna IMS-laite on kanavahalkaisijaltaan suurempi, koska sen palvelualueena on useampi huone. Tyypillinen vyöhyke on yhden julkisivun huonetilaryhmä, joissa kuormitus on samankaltaista. Ilmvirran säätö tapahtuu tällöin vyöhykkeen tilojen keskimääräisten lämpöolosuhteiden ja epäpuhtauskuorman perusteella.

4.2. Rakennusautomaatiosuunnittelu

Tarpeenmukaista ilmanvaihtojärjestelmää ohjataan pääsääntöisesti olosuhdeperusteisesti lämpötilan ja hiilidioksidipitoisuuden perusteella. Anturit sijoitetaan joko tilan seinälle tai poistoilmakanavaan (katso tarkempi erittely Helsingin kaupungin Mittaroinnin suunnitteluohjeesta). Rakennukseen suunnitellaan rakennuksen vaipan yli paine-eromittaukset (katso tarkempi erittely Helsingin kaupungin Mittaroinnin suunnitteluohjeesta). Paine-eromittauksia käytetään tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden varmistamiseen.

Suunnitelmiin on määritettävä, että ilmavirtasäätimet ja ON/OFF-pellit tulee voida ajaa kootusti palvelualuekohtaisesti automaatiojärjestelmän grafiikalta minimi-ilmavirta- sekä maksimi-ilmavirta -ohjaukselle. Toimintoa käytetään ilmanvaihtojärjestelmien säätötyössä sekä toimivuuden varmistamisessa.

Suunnitelmissa on esitettävä vaatimukset rakennusautomaatiojärjestelmään liitettävien pisteiden trendi- ja historiaseurannalle. Tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän säätöpiirien kaikki pisteet sekä ristiriitahälytykset tulee liittää trendi- ja historiaseurantaan (katso tarkempi erittely Helsingin kaupungin RAU-suunnitteluohjeesta).

4.2.1. Painesäädön suunnittelu

Painesäätöjen eri toteutusvaihtoehtoja on esitetty kuvissa 5–8. Kaavioissa on esitetty vain tuloilmajärjestelmä yksinkertaisuuden vuoksi. Poistoilmajärjestelmä tulee suunnitella vastaavalla tavalla. Kaaviot kuvaavat järjestelmää yleisellä tasolla. Suunnittelijan on arvioitava hankekohtaisesti painesäätötapa, vakiopainesäätimien ja vakioilmavirtasäätimien tarpeellisuus sekä järjestelmän toimivuus erilaisissa käyttötilanteissa.

Painesäädön suunnittelussa tulee huomioida myös ilmanvaihtokonehuoneiden, tekniikkakuilujen sekä käytävätilojen painevaihteluiden vaikutukset ilmanvaihtojärjestelmän toimintaan, kun runkokaanavan paine-eromittaus käytetään puhaltimen pyörimisnopeuden ohjaukseen. Tilojen tarpeettomat painevaihtelut voivat aiheuttaa ilmanvaihdon painesäädön ongelmia tai virhetilanteita.

4.2.2. IMS-järjestelmän huonesäätö

Ilmvirransäätö suunnitellaan portaattomasti tilan sisäilman hiilidioksidipitoisuuden mukaisesti. Ilmavirtaa säädetään portaattomasti säätökäyrän avulla siten, että huoneilman hiilidioksidipitoisuuden ylittäessä 550 ppm huoneen ilmavirta suurenee lineaarisesti 950 ppm:ään saakka, jolloin IMS on saavuttanut maksimi-ilmavirran asetusarvonsa.

Huoneilman lämpötilan hallitsemiseksi kevät- ja syyskaudella tilan ilmvaihtoa tehostetaan huoneilman lämpötilamittauksen mukaisesti. Tilan ilmavirta tehostuu maksimi-ilmavirralla, kun tilan huoneilman lämpötila ylittää 23...26°C (aseteltavissa), tilan hiilidioksidipitoisuus on yli 550 ppm ja tuloilman lämpötilan sekä huoneilman lämpötilaero on vähintään 2°C.

Ilmavirtasäätimet tulee liittää rakennusautomaatiojärjestelmän väylään, jonka avulla IMS:ien käyttöönotto, ohjaus ja valvontatoiminnot suoritetaan. Suunnittelijan tulee varmistaa, että toimivuuden varmistamista varten ilmavirtasäätimeltä saadaan riittävät tiedot rakennusautomaatiojärjestelmän valvomoon. Ilmavirtasäätimien rekistereissä on laitevalmistajakohtaisia eroja. Suunnittelija tekee hankkeessa ehdotuksen ilmavirtasäätimen rekisteristä luettavista ja kirjoitettavista tiedoista, kuten esimerkiksi:

Ilmavirtasäätimen rekisteristä luetaan väylän kautta:

- ilmavirtasäätimen ilmavirta (l/s)
- ilmavirtasäätimen ilmavirran asetusarvo (l/s)
- ilmavirran lämpötila (°C)
- hälytykset
- ilmavirtasäätimen ilmamäärän minimiarvo (l/s)
- ilmavirtasäätimen ilmamäärän maksimiarvo (l/s)
- pellin asento (%)
- ilman nopeus (m/s)

Ilmavirtasäätimen rekisteriin kirjoitetaan väylän kautta:

- ilmavirtasäätimen asetusarvo (l/s)
- ilmavirtasäätimen ilmamäärän minimiarvo (l/s)
- ilmavirtasäätimen ilmamäärän maksimiarvo (l/s)

Ilmavirtasäätimelle suunnitellaan valvomoon hälytykset:

- huonelämpötilan ala- ja ylärajahälytysraja
- hiilidioksidipitoisuuden ylähälytysraja
- Ilmavirtasäätimen ilmavirta ei saavuta asetusarvoa
 - hälytysviive ja poikkeama aseteltavissa valvomografiikalta
- Ilmavirran laskettu asetusarvo ei vastaa ilmavirtasäätimen asetusarvoa
 - hälytysviive ja poikkeama aseteltavissa valvomografiikalta

Vakiopainesäätimelle suunnitellaan valvomoon hälytykset:

- painemittauksen ala- ja ylärajahälytysraja
- vakiopainesäädin ei saavuta asetusarvoa
 - hälytysviive ja poikkeama aseteltavissa valvomografiikalta

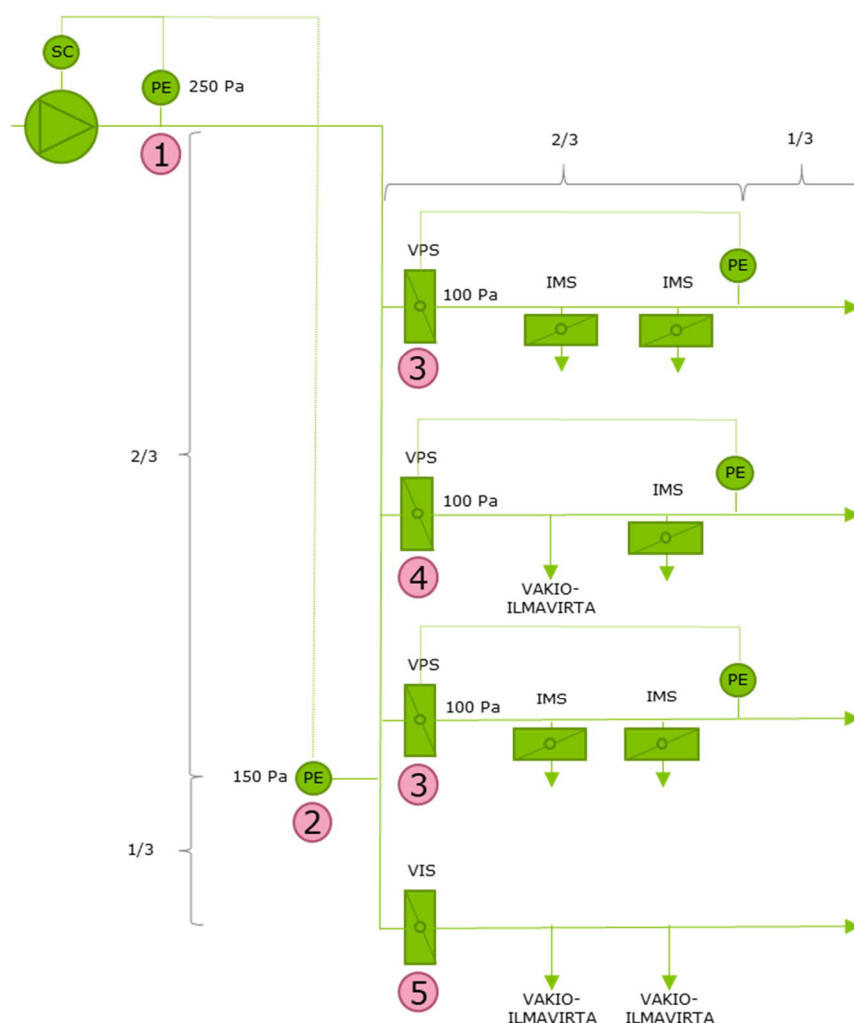
Väylän kautta luetaan seuraavat tiedot:

- huoneilman lämpötila (°C)
- hiilidioksidipitoisuus (ppm)
- vakiopainesäätimen painemittaus (Pa).

4.2.3. IMS-järjestelmän painesäätö

IMS-järjestelmän ilmanvaihdon painesäätö voidaan toteuttaa useilla eri tavoilla. Painesäädöt voidaan määritellä vakiopainesäätöisiin sekä muuttuvapainesäätöisiin järjestelmiin. Vakiopainejärjestelmissä ilmanvaihtokanaviston painetaso pyritään pitämään vakiona eri tilanteissa. Muuttuvapainesäätöisissä järjestelmissä ilmanvaihtokanaviston painetaso muuttuu eri tilanteissa. Muuttuvapainesäätöisen järjestelmän etuna vakiopainesäätöiseen järjestelmään nähden ovat ilmanvaihdon puhaltimien sähköenergiankulutuksen pienentyminen sekä ilmavirtasäätimien äänitasojen parempi hallinta.

Vakiopainesäätö



Kuva 5. Vakiopainesäätö, 1) kammiopainesäätö, 2) runkokanavapainesäätö, 3) pääkytkentäkanavien vakiopainesäätö, 4) kytkentäkanavan vakiopainesäätö 5) kytkentäkanavan vakioilmavirtasäätö.

Kammiopainesäätö on esitetty kuvassa 5 kohdassa 1. Ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilmakammion paine pidetään asetusarvossaan säätämällä ilmanvaihtokoneen puhaltimien kierrosnopeutta.

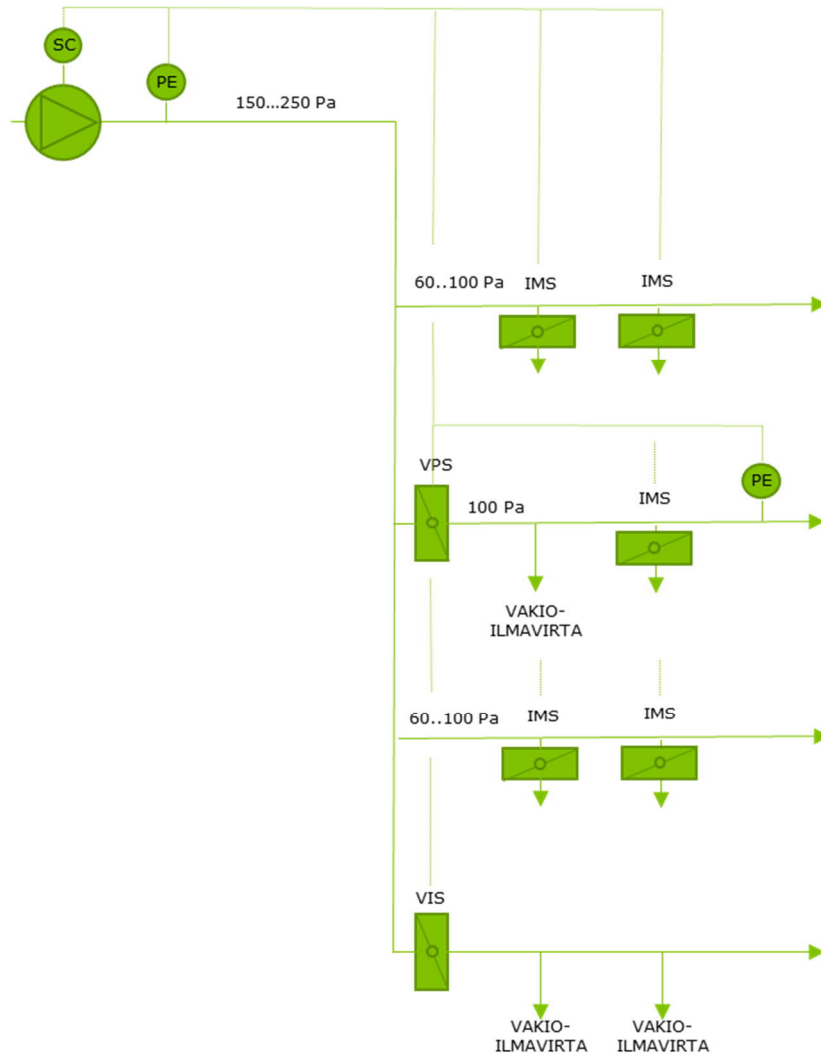
Suunnitteluperiaatteen tyypillisenä haasteena on, etteivät kytkentäkanavissa tapahtuvat painemuutokset välity kammiopaineen mittaukselle. Tämä ilmenee tyypillisesti painetason riittämättömyytenä ilmavirtasäätimellä.

Runkokanavapainesäätö on esitetty kuvassa 5 kohdassa 2. Ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilman runkokanavapaine pidetään asetusarvossaan säätämällä ilmanvaihtokoneen puhaltimien kierrosnopeutta. Suunnitteluperiaatteessa on pyritty poistamaan kammiopainesäädön ongelmat määrittämällä painemittaus noin 1/3 matkan päähän runkokanaviston loppuosasta, missä kytkentäkanavien painemuutokset havaitaan helpommin.

Ilmavirtasäätimille tulee suunnitella pääkytkentäkanaviin vakiopainesäätimet kuvan 5 kohdan 3 mukaisesti. Ilmanvaihtokoneen painesäätötapana voidaan tällöin käyttää kammiopainesäätöä (kuva 5 kohta 1) tai runkokanavapainesäätöä (kuva 5 kohta 2). Pääkytkentäkanavien vakiopainesäätöä käytetään varmistamaan riittävä painetaso ilmavirtasäätimille.

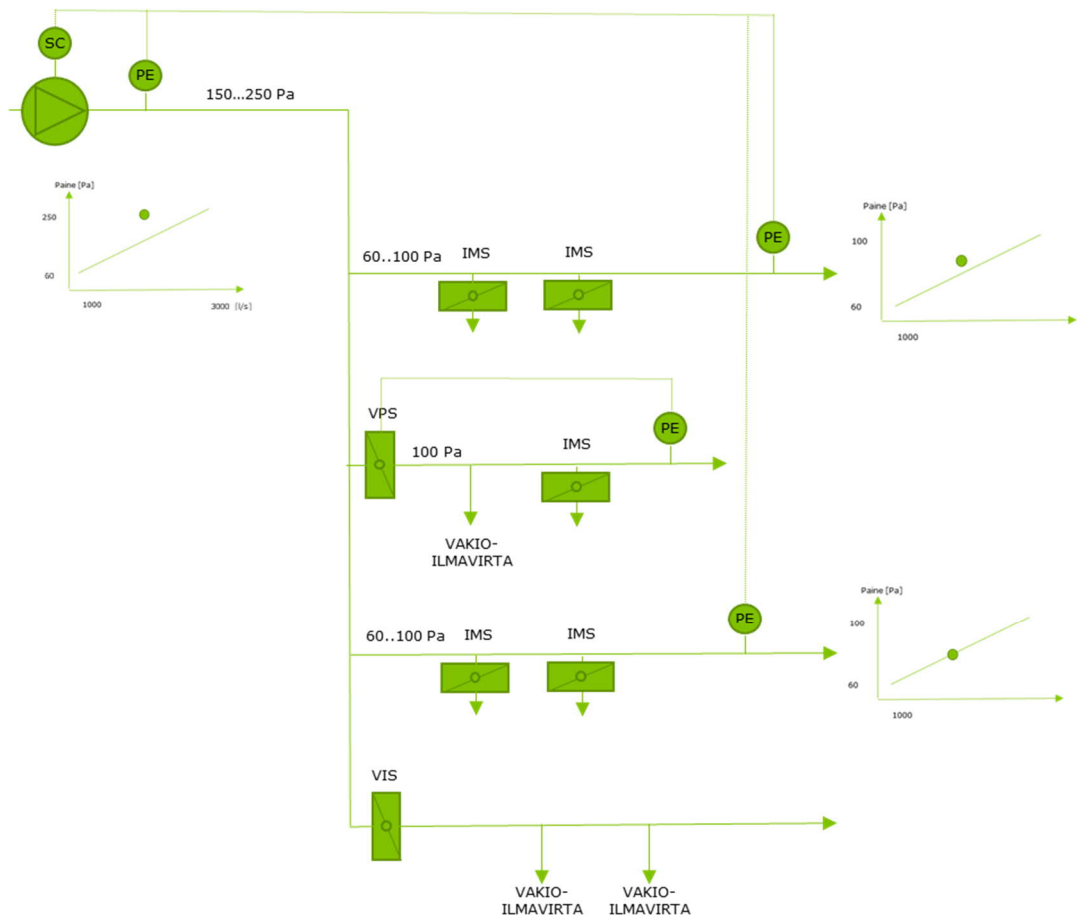
Vakiopainesäätimiä on aina käytettävä kytkentäkanaville, joissa on vakioilmavirtaisia tiloja kuvan 5 kohdan 4 mukaisesti. Vaihtoehtoisesti vakioilmavirtaiset tilat on suunniteltava kuvan 5 kohdan 5 mukaisesti saman kanavahaaran taakse, jolloin kyseinen kanavahaara varustetaan vakiovirtaussäätimellä. Vakiovirtaussäätimenä voidaan käyttää myös ilmavirtasäädintä. Suunnittelijan on varmistettava, etteivät vakioilmavirtaisten tilojen ilmavirrat tai painesuhteet poikkea suunnitteluarvoista, mikäli saman ilmanvaihtokoneen palvelualueella on muuttuvailmavirtaisia tiloja.

Muuttuva painesäätö



Kuva 6. Muuttuva painesäätö perustuen IMS-pellin asentotietoon.

Muuttuvapainesäätöinen järjestelmä, joka perustuu IMS-peltien asentotietoon, on esitetty kuvassa 6. Ilmanvaihtokoneen puhaltimen kierrosnopeutta säädetään IMS-peltien asentotiedon mukaan siten, että vähintään yksi pelti on 85–90 % auki. Säädön tarkoituksena on varmistaa, että painetta on riittävästi kanavistossa, mutta ei liikaa, sillä liiallinen kanaviston painetaso nostaa puhaltimien sähköenergiankulutusta. Vakioilmavirtaisten tilojen osalta suunnittelijan on varmistettava vakiopainesäätimien tai vakioilmavirtasäätimien avulla, etteivät tilojen ilmavirrat tai painesuhteet poikkea suunnitteluarvoista. Järjestelmän suunnittelussa on käytettävä laitevalmistajan sekä järjestelmätoimittajan suunnitteluohjeita.



Kuva 7. Muuttuva painesäätö perustuen kammiopaine- ja haarakanavapaineiden mittauksiin.

Muuttuvapainesäätöinen järjestelmä, joka perustuu kammiopaineen mittaukseen sekä pääkytkentäkanavien painemittauksiin on esitetty kuvassa 7. Ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilmakammion paine sekä pääkytkentäkanavien paineen asetusarvo muuttuvat ilmavirtasäätimien laskennallisen asetusarvon summan mukaisesti. Painemittauksille määritetään säätökäyrät minimi- ja maksimi-ilmavirtatilanteissa. Järjestelmä pitää kunkin painemittauksen asetusarvossaan säätämällä ilmanvaihtokoneen puhaltimien kierrosnopeutta. Painemittauksista yksi on aina määräävin, jolloin muiden painemittauksien osalta sallitaan poikkeama säätökäyrään nähden. Vakioilmavirtaisten tilojen osalta suunnittelijan on varmistettava vakio painesäätimien tai vakioilmavirtasäätimien avulla, etteivät tilojen ilmavirrat tai painesuhteet poikkea suunnitteluarvoista.

4.2.4. ON/OFF-järjestelmän huonesäätö

Ilmavirran säätö suunnitellaan kahdella portaalla (minimi-ilmavirta ja maksimi-ilmavirta) tilan hiilidioksidipitoisuuden mukaisesti. Ilmavirtaa tehostetaan maksimi-ilmavirralla, kun sisäilman hiilidioksidipitoisuus nousee yli 700 ppm. Ilmavirta palautuu takaisin minimille, kun sisäilman hiilidioksidipitoisuus on alle 600 ppm. Raja-arvot tulee olla aseteltavissa rakennusautomaatiojärjestelmän valvomosta.

Huoneilmanlämpötilan hallitsemiseksi kevät- ja syyskaudella tilan ilmavaihtoa tehostetaan huoneilmanlämpötilamittauksen mukaisesti. Tilan ilmavirta tehostuu maksimi-ilmavirralla, kun tilan

huoneilmanlämpötila ylittää 23...26°C (aseteltavissa), tilan hiilidioksidipitoisuus on yli 550 ppm ja tuloilmanlämpötilan sekä huoneilman lämpötilaero on vähintään 2°C.

ON/OFF-peltejä ohjataan rakennusautomaatiojärjestelmän huonesäätimien avulla. Huonesäätimet liitetään väylän kautta rakennusautomaatiojärjestelmään. Mikäli suunniteltavassa kohteessa on vain vähäinen määrä huonesäätimiä, voidaan harkita huonesäätimien liittämistä analogisesti rakennusautomaatiojärjestelmään. Suunnittelijan tulee varmistaa, että ON/OFF-järjestelmästä saadaan riittävät tiedot rakennusautomaatiojärjestelmän valvomoon toimivuuden varmistamiseksi. Suunnittelija tekee hankkeessa ehdotuksen luettavista tiedoista, kuten esimerkiksi:

Väylän kautta luetaan seuraavat tiedot:

- huoneilman lämpötila (°C)
- hiilidioksidipitoisuus (ppm)
- pellin tilatieto (auki/kiinni)
- vakiopainesäätimet, kanavapaine (Pa)

ON/OFF-järjestelmälle suunnitellaan valvomoon hälytykset:

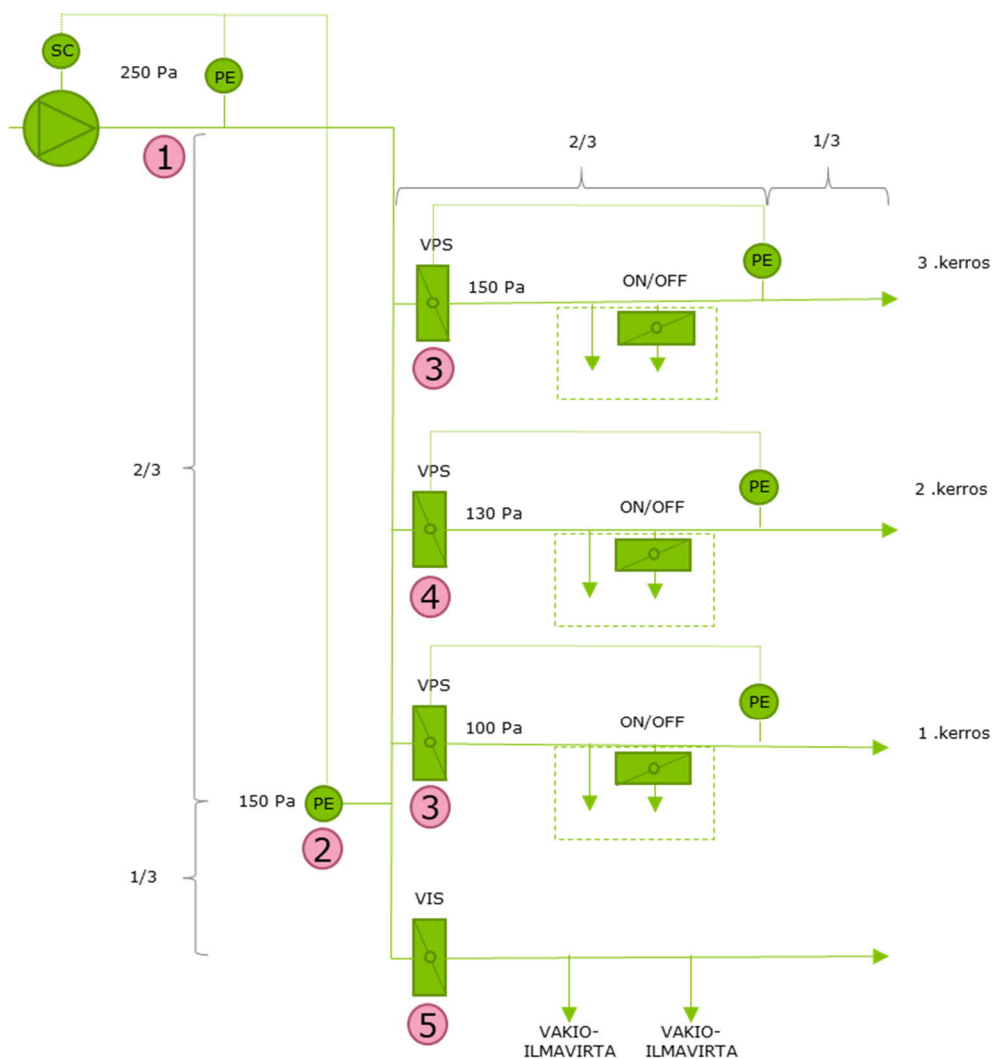
- huonelämpötilan ala- ja ylärajahälytysraja
- hiilidioksidipitoisuuden ylähälytysraja
- pellin auki-ohjauksen ja auki-tilatiedon ristiriitahälytys

Vakiopainesäätimelle suunnitellaan valvomoon hälytykset:

- painemittauksen ala- ja ylärajahälytysraja
- vakiopainesäädin ei saavuta asetusrvoa
 - hälytysviive ja poikkeama aseteltavissa valvomografiikalta.

4.2.5. ON/OFF-järjestelmän painesäätö

ON/OFF-järjestelmän ilmanvaihdon painesäätö voidaan toteuttaa useilla eri tavoilla. ON/OFF-järjestelmän painesäätö voidaan toteuttaa vain vakiopainesäätöisellä järjestelmällä, missä ilmanvaihtokanaviston painetaso pyritään pitämään vakiona eri tilanteissa.



Kuva 8. ON/OFF-järjestelmän painesäätö.

ON/OFF-järjestelmän kaksi vakio paineen säätötapaa on esitetty kuvassa 8. Kohdassa 1 on esitetty kammiopainesäätö, missä ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilmakammiopaine pidetään asetusarvossaan säätämällä ilmanvaihtokoneen puhaltimien kierrosnopeutta. Kohdassa 2 on esitetty runkokanavapainesäätö, missä ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilman runkokanavapaine pidetään asetusarvossaan säätämällä ilmanvaihtokoneen puhaltimien kierrosnopeutta. Runkokanavapainesäädöllä on pyritty poistamaan kammiopainesäädön ongelmat määrittämällä paineistus noin 1/3 matkan päähän runkokanaviston loppuosasta, missä kytkentäkanavien painemuutokset havaitaan helpommin.

ON/OFF-järjestelmälle tulee suunnitella pääkytkentäkanaviin vakio painesäätimet kuvan 8 kohdan 3 mukaisesti. Ilmanvaihtokoneen painesäätötapana voidaan tällöin käyttää kammiopainesäätöä (kuva 8 kohta 1) tai runkokanavapainesäätöä (kuva 8 kohta 2). Pääkytkentäkanavien vakio painesäätöä käytetään varmistamaan riittävä painetaso ON/OFF-pelleillä.

Vakio painesäätimiä on aina käytettävä kytkentäkanaville, joissa on vakioilmavirtaisia tiloja kuvan 8 kohdan 4 mukaisesti. Vaihtoehtoisesti vakioilmavirtaiset tilat on suunniteltava kuvan 8 kohdan

5 mukaisesti saman kanavahaaran taakse, jolloin kyseinen kanavahaara varustetaan vakiovirtaussäätimellä. Vakiovirtaussäätimenä voidaan käyttää myös ilmavirtaussäädintä. Suunnittelijan on varmistettava, etteivät vakioilmavirtaisten tilojen ilmavirrat tai painesuhteet poikkea suunnitteluarvoista, mikäli saman ilmanvaihtokoneen palvelualueella on muuttuvailmavirtaisia tiloja.

4.2.6. Grafiikkaohje

Rakennusautomaatiosuunnitelmissa on määritettävä valvomografiikan ulkoasu tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmien huonesäätöjen osalta. Valvomografiikalla tulee esittää yksittäiset huoneet omalla grafiikkasivulla sisältäen pistetiedot ohjeen kohtien 4.2.2 tai 4.2.4 mukaisesti. Lisäksi valvomografiikalla on esitettävä koontisivut, joissa esitetään huonesäätöjen keskeiset tiedot yhtenäisenä taulukkona. Mikäli järjestelmässä on vakioainesäätimiä, tulee niiden positiot suhteessa IMS- ja ON/OFF-laitteisiin esittää grafiikkasivuilla selkeästi. Grafiikkasivujen ulkoasulla on merkittävä vaikutus käytön ja ylläpidon aikana järjestelmän seurannassa. Liitteessä 3 on esitetty esimerkki grafiikkaohjeesta, joka on laadittu väyläliitännäiselle IMS:lle.

4.3. Urakkarajojen määrittäminen

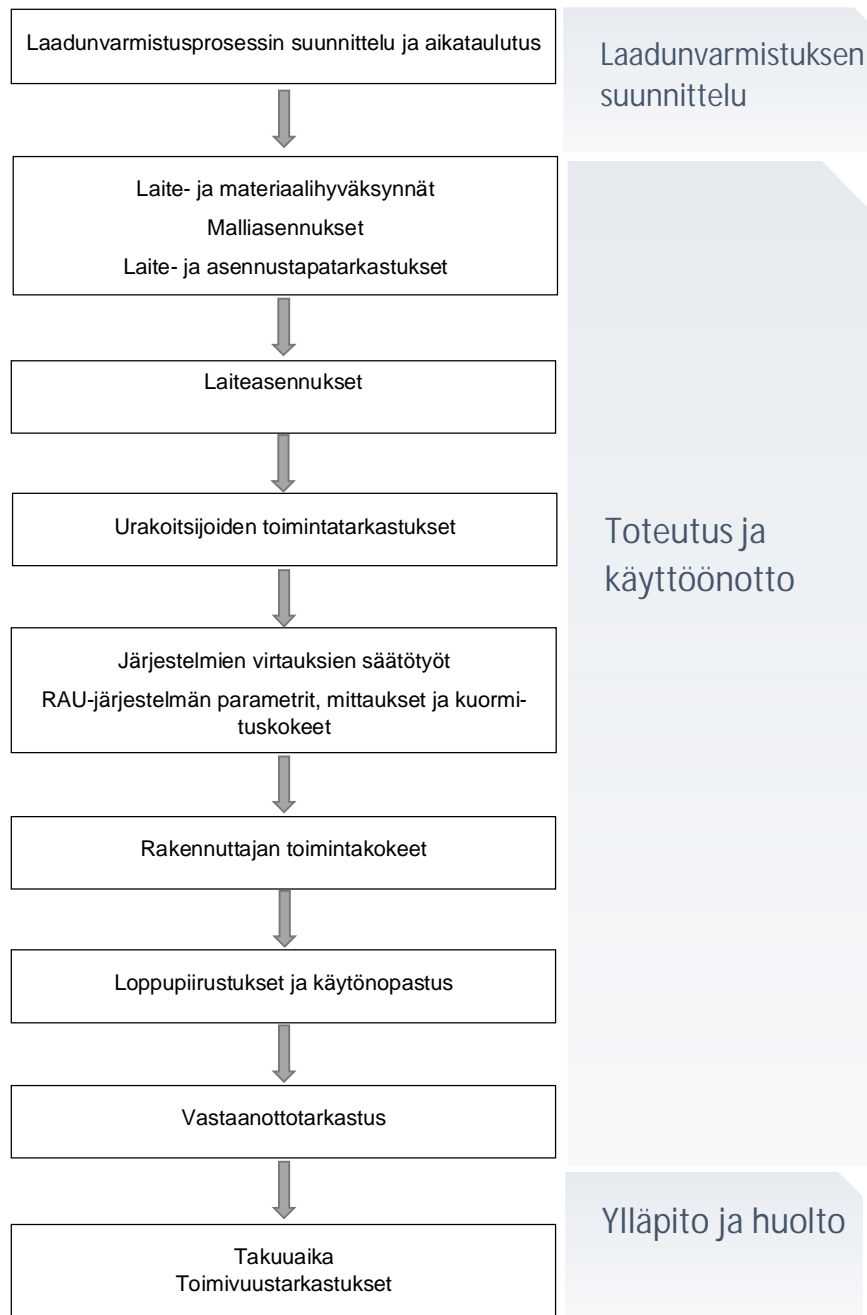
Urakkarajat määritetään taulukon 3 mukaisesti suunnitelmiin ja urakkarajaliitteeseen. Ilmanvaihtourakoitsija vastaa IMS-laitteen hankinnasta ja asennuksesta, jolloin ilmanvaihtourakoitsija voi suunnitella laitteiden toimituksen työmaalle sekä laitteiden asennusaikataulun suhteessa muuhun ilmanvaihtourakkaan. IMS-laitteen kaapelointi kuuluu sähköurakoitsijalle. Kaapelointi suoritetaan muun väylä- ja sähkökaapeloinnin, kuten huonesäätimien kaapeloinnin yhteydessä. IMS-laitteen kytkennästä ja pistetestauksesta vastaa automaatiourakoitsija. Mikäli pistetestauksessa ilmenee virheitä esimerkiksi puutteellisten kytkentöjen vuoksi, testauksen ja korjauksen kokonaisvastuu säilyy samalla urakoitsijalla. Automaatiourakoitsija vastaa IMS-laitteiden parametrien asettelusta. IMS-laitteiden parametrit asetellaan väylän kautta tai joissain tapauksissa esiohjelmoituina, jolloin erillistä parametrien määrittäystä ei tarvitse suorittaa. Ilmanvaihtourakoitsija vastaa ilmanvaihtojärjestelmän säätämisestä ja tasapainotuksesta. Ilmanvaihtourakoitsijan vastuulla on asettaa säätöyön yhteydessä IMS-laitteelle korjauskertoimet laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti, mikäli IMS-laite on sijoitettu kanaviston osaan, jossa häiriötekijät aiheuttavat mittaukseen mittausvirhettä. Ilmanvaihtourakoitsija laatii myös mittaus- ja säätöpöytäkirjat ja dokumentoi järjestelmän säätöyön.

Taulukko 3. IMS-laitteen asennuksen ja käyttöönoton urakkarajat.

Urakkarajat	
Hankinta	IU
Asennus	IU
Kaapelointi	SU
Kytkenä	AU
Parametrien määrittäminen	AU
Pistetestaus	AU
INST-arvo /korjauskerroin	IU
Säätö ja tasapainotus	IU
Mittaus ja säätöpöytäkirja	IU
AU= automaatiourakoitsija, SU = sähköurakoitsija, IU=ilmanvaihtourakoitsija	

5. Järjestelmän toteutus ja käyttöönotto

Tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän toteutuksella on merkittävä vaikutus sen toimintaan käyttö- ja ylläpitovaiheessa. Hankkeen urakka-asiakirjoissa määritetään, mitkä laadunvarmistusprosessin eri vaiheet hankkeessa toteutetaan. Kuvassa 9 on esitetty yleisimmät laadunvarmistusprosessin vaiheet tarpeenmukaiselle ilmanvaihtojärjestelmälle.



Kuva 9. Tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän laadunvarmistuksen prosessikaavio

5.1. Laadunvarmistusprosessin suunnittelu ja aikataulutus

Laadunvarmistusprosessin suunnittelussa ja aikataulutuksessa tulee huomioida tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän erityispiirteet, jotta tarpeenmukainen ilmanvaihtojärjestelmä toimii suunnitellusti heti käyttö- ja ylläpitovaiheen alusta alkaen. Laadunvarmistuksessa tulee määrittää järjestelmän testauksen eri vaiheet, vastuut, tarkastukset sekä dokumentointitapa. Aikataulun suunnittelussa tulee varata järjestelmän testaukseen riittävästi aikaa ja varautua rakennusvaiheessa syntyviin aikataulumuutoksiin.

5.2. Laitehyväksynät, malliasennukset ja asennustapatarkastukset

Urakoitsijoiden tulee hyväksyttää tarpeenmukaiseen (IMS tai ON/OFF) ilmanvaihtojärjestelmään liittyvät laitehankinnat rakennuttajalla. Tuotehyväksyntädokumentaation tarkastavat talotekniikkavalvoja sekä LVI-suunnittelija, joka tarkastaa myös mahdolliset suunnitelmista poikkeavat laitevalinnat järjestelmän toimivuuden ja energiatehokkuuden toteutumiseksi. Suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti laitehyväksyntöjen jälkeen suoritetaan malliasennukset.

Urakoitsijat tekevät toistuvissa tarpeenmukaisen (IMS tai ON/OFF) ilmanvaihtojärjestelmän suorituksissa malliasennuksen urakka-asiakirjojen mukaisesti. Talotekniikkavalvoja sekä LVI-suunnittelija tarkastavat ja hyväksyvät malliasennuksen, jossa on huomioitava esimerkiksi suojaetäisyydet ja puhdistusluukkujen sijoittelu. Malliasennus tulee esittää hyväksyttäväksi hyvissä ajoin ennen varsinaisen asennustyön aloittamista.

Urakoitsija suorittaa asennustapatarkastukset yhdessä LVI-valvojan kanssa. Asennustapatarkastukset dokumentoidaan rakennustyön tarkastusasiakirjaan. Laite- ja asennustapatarkastuksissa todennetaan, että laitteet vastaavat suunnitelmia ja että ne ovat asennettu suunnitelmien ja laitevalmistajien ohjeiden mukaisesti.

5.3. Laiteasennukset

Ilmanvaihtourakoitsija asentaa IMS-laitteet. Asennuksissa noudatetaan laitevalmistajan yksityiskohtaisia ohjeistuksia oikean asennustavan toteuttamiseksi. IMS-laite asennetaan siten, että mitausanturit tulevat ennen IMS-peltiä ilmavirran tulosuunnasta tarkasteltuna. Toimilaitteen näyttö suunnataan laitevalmistajan ohjeistuksen mukaisesti joko sivulle päin tai tarkastusluukun suuntaan ja anturit asennusohjeen mukaiseen asentoon. Asennuksissa on tärkeää huomioida suojaetäisyydet lähimpään häiriölähteeseen ilmavirran suunnassa ennen IMS-laitetta. Mikäli suunnitelmien mukaisten suojaetäisyyksien toteuttamisessa esiintyy ongelmia, ilmoitetaan siitä LVI-valvojalle sekä suunnittelijalle.

Sähköurakoitsija asentaa IMS-järjestelmälle väylä- ja jännitekaapelit. Kaapeloinnissa tulee huomioida, ettei kaapelivalinta aiheuta tiedonsiirtohäiriötä.

5.4. Urakoitsijoiden toimintatarkastukset

Tarpeenmukaisen (IMS tai ON/OFF) ilmanvaihtojärjestelmän suunnitelmien mukaisen toimivuuden takaamiseksi ilmanvaihtourakoitsija, rakennusautomaatiourakoitsija ja sähköurakoitsija tekevät yhdessä ilmanvaihtojärjestelmän toimintatarkastuksen. Tällä varmistetaan laitteiden käytettävyys ennen järjestelmien ilmanvaihtojärjestelmän säätötöitä sekä rakennuttajan toimintakokeita. Urakoitsijat laativat tarkastusasiakirjat rakennuttajan edustajalle tarkastettavaksi. Dokumentaation pohjana voidaan käyttää toimintakoepöytäkirjojen mallipohjia.

5.5. Säätötyöt, parametrit, mittaukset ja kuormituskokeet

Tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän säätötyö voidaan aloittaa, kun kaikki laitteet on asennettu, RAU-järjestelmän ohjelmat ja grafiikat ovat toteutettu, laitteet ja järjestelmät toimivat suunnitellusti, urakoitsijoiden toiminnantarkastukset on suoritettu ja dokumentaatio on toimitettu rakennuttajalle hyväksyttäväksi. Ilmanvaihtojärjestelmän säätötyötä ei saa aloittaa ennen kuin pölyvät työvaiheet on suoritettu, tilat ovat puhdistettu ja ilmanvaihtokanaviston puhtaus on todennettu. Ilmanvaihtojärjestelmän säätötyöhön on varattava riittävästi aikaa, mittaukset on suoritettava huolellisesti ja niistä on laadittava asianmukainen dokumentaatio. Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän säädössä tulee huomioida ympäristöministeriön paine-eron mittausohjeen vaatimukset. Ilmanvaihtojärjestelmän säätötyön yhteydessä suositellaan äänimittausten suoritusta akustikon toimesta. Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän tulee täyttää sille asetetut akustiset ominaisuudet.

Tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän ilmavirrat säädetään LVI-suunnittelijan laatiman ohjeen mukaisesti. Tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän yleiset säätöohjeet on esitetty liitteessä 1.

Säätötyön yhteydessä suoritetaan tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän keskeisten asetusarvojen ja parametrien määrittäminen.

Tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän säätötyö dokumentoidaan laitetietojen, asetusarvojen ja mittausten osalta mittauspöytäkirjoihin. Ohjeistus tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän mittauspöytäkirjan laatimiseksi on esitetty liitteessä 1. Mittauspöytäkirja toimitetaan rakennuttajalle tarkastettavaksi ja hyväksyttäväksi sekä RAU-urakoitsijalle rakennusautomaatiojärjestelmän asetusarvojen ja parametrien asettelua ja viritystä varten.

Kuormituskokeet ovat tärkeä toimenpide tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän testauksessa ja säädössä. Tarpeenmukainen ilmanvaihtojärjestelmä säädetään minimi- ja maksimi-ilmavirtojen mukaan tasapainotilanteessa, mutta järjestelmän todellinen toiminta on vaihtelevaa tilojen kuormitustasojen mukaisesti. Kuormituskokeilla varmistetaan ilmanvaihtojärjestelmän toimivuus eri käyttötilanteissa. Kuormituskokeissa pyritään todentamaan erityisesti painetasojen riittävyys ilmanvaihtokanaviston eri osissa sekä painesäädön toiminta. Koekäyttö voidaan aloittaa ilmanvaihtojärjestelmän säätötyön ja RAU-järjestelmän käyttöönottoasetusten määrittämisen jälkeen. Talotekniikkavalvoja ja/tai LVI-suunnittelija analysoi ja hyväksyy kuormituskokeiden tulokset. Kuormituskokeen yleiset ohjeet on esitetty liitteessä 1.

5.6. Rakennuttajan toimintakokeet

Rakennuttajan toimintakokeet voidaan suorittaa tarpeenmukaiselle ilmanvaihtojärjestelmälle urakoitsijoiden toimintatarkastusten sekä säätötyön suorittamisen jälkeen. Rakennuttaja ei voida tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän oikeaa toimintaa, mikäli säätötyö on suoritettu. Rakennuttajan toimintakokeisiin osallistuvat TATE-valvoja, urakoitsijat sekä RAU-suunnittelija ja tarvittaessa LVI-/sähkösuunnittelija. Toimintakokeet suoritetaan toimintakoesuunnitelman mukaisesti joko pistokoemaisesti tai laajemmin järjestelmä- ja laitekohtaisesti. Toimintakokeiden avulla varmistetaan siitä, että tarpeenmukainen ilmanvaihtojärjestelmä toimii suunnitellusti kaikissa käyttötilanteissa.

5.7. Loppupiirustukset ja käytönopastus

Loppupiirustuksissa esitetään ajantasainen suunnitelma-aineisto, kuten pohjapiirustukset, koneiden/laitteiden paikannuspiirustukset, järjestelmäkaaviot ja rakennusautomaation säätökaaviot ja ne siirretään kiinteistön huoltokirjaan. Huoltokirjaan dokumentoidaan myös ilmavirtojen mittauspöytäkirjat. Käytönopastuksessa käydään läpi tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän toimintaperiaate ja vaikutus energiatehokkuuteen sekä sisäilmastoon. Käytönopastuksen jälkeen kiinteistöhuollon tulee pystyä arvioimaan tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän toimintaa sekä raportoimaan järjestelmän virhetilanteita.

6. Järjestelmän ylläpito ja huolto

6.1. Takuuajan toimivuuden varmistus

Helsingin kaupungin koordinointi- ja toimivuuden varmistamisen tiimi tekee taloteknisten järjestelmien, kuten tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän, toimivuuden varmistusta rakennushankkeen takuuajalla, joka on yleisesti kaksi vuotta. Toimivuuden varmistusta tehdään takuuajalla neljä kertaa vuodessa eli yhteensä kahdeksan kertaa.

Toimivuuden varmistuksen tehtävänä on varmistaa rakennuksen suunnitelmien mukainen energiatehokas käyttö, sisäilmaolosuhteiden toteutuminen sekä kohteen asianmukainen ylläpito ja huolto. Tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden varmistamiseksi tarkistetaan muun muassa asetusarvojen oikeellisuus, tuloilman lämpötila, kammio-/kanavapaineet, tulo- ja poistoilmavirrat ja huoneiden hiilidioksidipitoisuuksien taso.

Toimivuuden varmistuksen ToVa-raportti lähetetään rakennushankkeen projektiryhmälle ja isännöitsijälle sekä tallennetaan kohteen sähköiseen huoltokirjaan. Toimivuuden varmistuksen edellytyksenä rakennuksen automaatiojärjestelmän pilvivalvomoon on oltava etäyhteys ja RAU-data-pisteet tulee olla luettavissa Nuuka-järjestelmässä.

6.2. Määräaikaistestaukset ja seuranta

Viikoittaiseen kiinteistöhoitajan tekemään seurantaan kuuluu tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän tarkkailu rakennusautomaatiojärjestelmän valvomon avulla. Kiinteistöhuollon keskei-

nen tehtävä on seurata tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän hälytyksiä ja raportoida toistuvista hälytyksistä sekä merkittävistä toiminnallisista häiriöistä isännöitsijälle jatkotoimenpiteiden määrittämiseksi. Kiinteistöhuollon seurannassa voidaan tarkistaa järjestelmän tila, huonetilojen ilmavirtojen ohjaukset ja säädöt, tilojen painesuhteet, huoneilman lämpötila, hiilidioksidipitoisuus ja kosteusolosuhteet.

Kiinteistöhuolto seuraa kuukausitasolla ilmanvaihtojärjestelmän toimintaa hyödyntäen rakennusautomaatiojärjestelmän trendi- ja historiatietoja. Kiinteistöhuollon tehtävä on tunnistaa hälytysten trendi- ja historiatietojen perusteella virheellisesti toimivat laitteet. Kuukausitasolla kiinteistöhuolto voi lisäksi analysoida trendi- ja historiatietojen avulla laajemmin olosuhteiden pysyvyyttä sekä säätöpiirien toimintaa.

Isännöitsijän tehtäviin kuuluvat ilmanvaihtojärjestelmän puhdistamisen, ilmavirtojen säätämisen ja järjestelmän katsastuksen tilaus. Kiinteistöhuollon raportoinnin perusteella isännöitsijä tarvittaessa tilaa erityisasiantuntijan kohteen tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän ongelmatilanteiden selvittämiseksi ja ratkaisemiseksi. Erityisasiantuntijalla tulee olla riittävä referenssi- ja osaaamistausta tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmien suunnittelu- ja tutkimustoiminnasta.

6.3. Laitteen huolto ja puhdistus

Tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän pellit tulee puhdistaa pölystä ja liasta aina kanavapuhdistusten yhteydessä. Kanavapuhdistukset suoritetaan viiden vuoden välein. Muiden korjaus- ja huoltotöiden yhteydessä tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän peltejä ja ilmavirran mittaussosia saatetaan joutua irrottamaan, jonka yhteydessä on hyvä arvioida järjestelmän puhdistustarvetta, mikäli seuraavaan kanavapuhdistukseen on yli vuosi aikaa.

Kanavapuhdistusten yhteydessä tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän pellit ohjataan valvomosta keskitetysti auki-asentoon. Alakatto ja pellin molemmiin puolin olevat puhdistusluukut tulee avata kunnollisen puhdistuksen toteuttamiseksi. Puhdistustyön jälkeen pellit ohjataan takaisin normaaliasentoon.

Ultraäänimittaukseen ja paine-eromittaukseen (ilman mittaristikkoo) säätöpellin yli sekä ON/OFF-järjestelmään perustuvissa tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän laitteissa ei laitevalmistajien mukaan ole mittaustarkkuuteen vaikuttavaa pölyyntymisongelmaa. Puhdistus voidaan suorittaa normaalin kanavapuhdistuksen yhteydessä nailonharjan avulla, koska laitteissa ei ole erillistä mittaristikkoo. Pelti avataan auki asentoon ja kanavapuhdistus suoritetaan varovasti laitteen lävitse.

Paine-eromittaukseen perustuvassa IMS-laitteessa erityisen tärkeää on puhdistaa peltiosan lisäksi mittauslaite (mittaristikko tai mittalaippa) kuivalla mikrokuituliinalla. Märällä liinalla pöly voi liisteröityä mittausaukkoihin. Paine-erolla toimiva IMS-laite tulee puhdistaa kolmen vuoden välein eli useammin kuin kanavien puhdistaminen, koska pöly ja lika aiheuttavat epävarmuutta mittaustarkkuuteen. Paine-eromittauksella varustettujen IMS-toimilaitteiden anturit ja paineletkut tulee puhdistaa paineilman avulla.

6.4. Ylläpitovaiheen yleisimmät vikatilanteet

Asetusarvo- ja ohjelmistovirheet

Tarpeenmukaisessa ilmanvaihtojärjestelmän toimimattomuuteen liittyvät ongelmat voivat johtua järjestelmän asetusarvovirheistä. Tyypillisimpiä asetusarvovirheitä ovat väärät minimi- ja maksiiilmavirran asetusarvot IMS-laitteella, väärin valittu ohjausviestin tyyppi (0-10V tai 2-10V) IMS-laitteella sekä painesäädön virheelliset asetusarvot automaatiojärjestelmässä. IMS-laitteiden ohjelmistoissa on myös havaittu puutteita. Laitteen ohjelmistoversion voi tarkistuttaa laitevalmistajalla.

Palopellin sulkeutuminen

Ilmanvaihtojärjestelmän palopellit voivat toimia virheellisesti ja sulkeutua ilman todellista palotilannetta. Tällöin ilmavirta ei liiku kanaviston osassa ja palopeltien takana olevat ilmavirtasäätimet tai painesäätimien mittaukset näyttävät hyvin pieniä mittaustietoja. Palopeltien toiminta on syytä tarkistaa aina tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän ongelmatilanteissa. Tarkistettaessa palopeltien toimivuutta on syytä huomioida, että vanhoissa kohteissa palopelteilä ei ole kaikissa tapauksissa merkitty piirustuksiin, palopeltien indikointi voi toimia virheellisesti tai niitä ei ole liitetty rakennusautomaatiojärjestelmään lainkaan.

Asennusvirhe

Tyypillisessä IMS-peltien asennusvirheessä kanavamutkia tai -haaroja ei ole huomioitu oikealla tavalla eli riittäviä suojaetäisyyksiä ei ole noudatettu (suositus 4 x D). Kaikissa tapauksissa haluttua suojaetäisyyttä ei voida toteuttaa, jolloin IMS-pelleille määritettyjä korjauskertoimia tulee käyttää laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti. Ilmavirtasäätimen korjauskerroin tulee todentaa vertaamalla IMS:n mittaustietoa kanavamittaukseen, joka suoritetaan Pitot-putkella tai kuuma-lanka-anturilla suorasta kanavaosasta.

Kytkenät ja kaapelit

Kaapelien kytkennöissä saattaa olla virheitä, kuten esimerkiksi kytkennät on voitu tehdä eri huoneilojen kesken väärinpäin. Kytkentävirheitä ei välttämättä havaita helposti, mikäli kuormitus huoneissa on samankaltainen. Kytkentävirheitä voidaan paikantaa poikkeuttamalla mittausten tietoja valvomosta sekä paikallisesti testata laitteet tiloissa. Kytkentävirheiden paikantamiseen suositellaan rakennusautomaatiohuollon mukaanottoa. IMS-järjestelmien paine-eroon perustuvassa ilmavirran mittauksessa paineletkujen kytkennöissä on havaittu virheitä, jotka ovat aiheuttaneet ilmavirran mittaukseen virhettä.

Komponenttien ja elektroniikan rikkoutuminen

IMS- ja ON/OFF-järjestelmät koostuvat useista eri komponenteista, jotka voivat rikkoutua ajan mittaan. Toimilaitteille ja elektroniikalle on yleisesti arvioitu noin 10–15 vuoden ja peltiosalle noin 20–30 vuoden elinkaari. Rikkoutuneen komponentin tai elektroniikkaosan uusimisen yhteydessä tulee huomioida suunniteltu aikataulu koko laitteen uusimiselle. Vanhemmissa IMS-järjestelmien paine-eroon perustuvassa ilmavirran mittauksessa IMS-laitteiden peltin kiinnityksissä on havaittu virheitä tai pelti on saattanut taipua.

Pölyntyminen

Ilmavirtasäätimien mittaristikoiden pölyntyminen aiheuttaa vikatilanteita ja ilmavirtojen epätasapainoa tulo- ja poistoilman välille. Tilat tyypillisesti alipaineistuvat, sillä poistoilmavirtasäätimen mittaristikko pölyntyy tuloilmavirtasäädintä enemmän. IMS-laitteet, joissa on mittaristikko tai -laippa, tulee puhdistaa pölystä kolmen vuoden välein ja muulla teknologialla toimivat laitteet kanavapuhdistuksen yhteydessä viiden vuoden välein.

Liitteet

Liite 1. Tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän säätöohje

Tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän yleiset säätöohjeet on esitetty IMS-järjestelmälle sekä ON/OFF-järjestelmälle. LVI-suunnittelija vastaa kohdekohtaisen säätöohjeen laadinnasta.

Mittausta edeltävät toimenpiteet

- Ilmanvaihtokoneiden kammioiden ja kanavistojen sekä tilojen puhtaustaso varmistetaan ennen mittauksen suorittamista. Pölyä aiheuttavat rakennustyöt tulee olla suoritettu. Rakennuksen ovet ja ikkunat pidetään suljettuina säätötyön aikana.
- Ilmanvaihtokoneiden suodattimien tulee olla puhtaat. Suodattimien otsapinta peitetään osittain siten, että suodattimien painehäviö vastaa 50%:sti likaisia suodattimia. Suodattimien tiedot ovat luettavissa LVI-suunnitelmista sekä laitevalmistajien IV-koneajoista.
- Ilmanvaihtokoneet käynnistetään ja rakennusautomaatiojärjestelmään asetetaan alustavat asetusarvot LVI-suunnitelmien mukaisesti:
 - IV-koneen painesäädön alustavat asetusarvot
 - ilmavirtasäätimien asetusarvot
 - vakiopainesäätimien alustavat asetusarvot
 - vakiovirtaussäätimien alustavat asetusarvot.

IMS-järjestelmä

- Ilmavirtasäätimet ohjataan kootusti automaatiojärjestelmän grafiikalta maksimi-ilmavirtaohjaukselle.
- Rakennusautomaatiojärjestelmästä tarkastetaan, että IV-koneiden puhaltimien painesäätö saavuttaa asetusarvonsa ja että painesäätö ei huuju. Tämän jälkeen mittaus- ja säätötyö voidaan aloittaa.
- Ilmanvaihtojärjestelmän osat, joissa on kertasäätölaitteita kanavistoissa ja päätelaitteissa, asetellaan alustaviin asetusarvoihin. Kuristukset pienenevät kanaviston loppupäähän mentäessä. IMS-laitteiden jälkeen sijaitsevat kanaviston ja päätelaitteiden kertasäädöt suositellaan avattavan täysin auki painehäviöiden vähentämiseksi. Kertasäätöjä voidaan käyttää, jos järjestelmän tasapainotus sitä edellyttää. Kanavisto säädetään keskinäiseen tasapainoon runkokanavien, kytkentäkanavien ja päätelaitteiden osalta. Tilojen ilmavirrat säädetään suhteellisella menetelmällä.
- Muuttuvilmavirtaisten tilojen osalta tarkistetaan, että ilmavirtasäätimet ja vakiopainesäätimet saavuttavat asetusarvonsa ja että säädöt eivät huuju.

- Jos ilmavirtasäädin ei saavuta asetusarvoa, nostetaan vakiopainesäätimen ja/tai ilmanvaihtokoneen painesäädön asetusarvoja.
- Jos vakiopainesäädin ei saavuta asetusarvoa, nostetaan ilmanvaihtokoneen painesäädön asetusarvoja.
- IMS-laitteilla varustettujen tilojen ilmavirrat mitataan päätelaitteilta tai kanavamittauksella. Ilmavirtasäätimelle asetellaan korjauskerroin laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti, mikäli kanavamittaus tai päätelaitteelta mitattu ilmavirta ei vastaa IMS-laitteen mittausta.
- Vakioilmavirtaisten tilojen ilmavirrat mitataan päätelaitteilta laitevalmistajien ohjeiden mukaisesti ja tarkastetaan, että ilmavirran suunnittelu-arvot toteutuvat.
 - Jos tilojen ilmavirtojen suunnittelu-arvoja ei saavuteta, tarkistetaan vakiopainesäätimen / vakioilmavirtasäätimen toiminta. Tarvittaessa suurennetaan vakiopainesäätimen / vakioilmavirtasäätimen asetusarvoa sekä ilmanvaihtokoneen painesäädön asetusarvoja.
- Ilmanvaihtokoneen painesäädön asetusarvoja suurennetaan tarvittaessa siten, että painetasot ovat riittävät järjestelmän eri osissa.
- Ilmavirtojen säädössä tulee pyrkiä mahdollisimman pieniin painetasoihin koko järjestelmän osalta.
- Säättötyö dokumentoidaan mittauspöytäkirjoihin, kun järjestelmä on säädetty ja tasapainotettu.

ON/OFF-järjestelmä

- ON/OFF-pellit ohjataan kootusti automaatiojärjestelmän grafiikalta maksimi-ilmavirta ohjaukselle.
- Rakennusautomaatiojärjestelmästä tarkastetaan, että IV-koneiden puhaltimien painesäätö saavuttaa asetusarvonsa ja että painesäätö ei huoju. Tämän jälkeen mittaus- ja säättötyö voidaan aloittaa.
- Ilmanvaihtojärjestelmän osat, joissa on kertasäätölaitteita kanavistoissa ja päätelaitteissa, asetellaan alustaviin asetusarvoihin. Kuristukset pienenevät kanaviston loppupäähän mentäessä. Kanavisto säädetään keskinäiseen tasapainoon runkokanavien, kytkentäkanavien ja päätelaitteiden osalta. Tilojen ilmavirrat säädetään suhteellisella menetelmällä.
- Tilojen ilmavirrat mitataan päätelaitteilta laitevalmistajien ohjeiden mukaisesti ja tarkastetaan, että ilmavirran suunnittelu-arvot toteutuvat.
 - Jos tilojen ilmavirtojen suunnittelu-arvoja ei saavuteta, tarkistetaan vakiopainesäätimen / vakioilmavirtasäätimen toiminta. Tarvittaessa suurennetaan vakiopainesäätimen / vakioilmavirtasäätimen asetusarvoa sekä ilmanvaihtokoneen painesäädön asetusarvoja.

- Ilmanvaihtokoneen painesäädön asetusarvoja suurennetaan tarvittaessa siten, että painetasot ovat riittävät järjestelmän eri osissa.
- Ilmavirtojen säädössä tulee pyrkiä mahdollisimman pieniin painetasoihin koko järjestelmän osalta.
- Säättötyö dokumentoidaan mittauspöytäkirjoihin, kun järjestelmä on säädetty ja tasapainotettu.

Minimi-ilmavirtojen säätö ja tasapainotus

- Ilmanvaihtojärjestelmän toiminta tarkastetaan minimi-ilmavirroilla (20–50 %).
- IMS tai ON/OFF-pellit ohjataan kootusti automaatiojärjestelmän grafiikalta minimi-ilmavirta ohjaukselle.
- Minimi-ilmavirtojen säätötyössä ja tasapainotuksessa tarkistetaan, että:
 - ilmanvaihtokone saavuttaa painesäädön asetusarvon ja painesäätö ei huuju
 - ilmavirtasäätimet saavuttavat asetusarvonsa ja ilmavirtasäätö ei huuju
 - vakiopainesäätimet saavuttavat asetusarvonsa ja painesäätö ei huuju
 - vakioilmavirtasäätimet saavuttavat asetusarvonsa ja säätö ei huuju.
- Suoritetaan ilmavirtojen tarkistusmittaukset pistokokein.
- Suoritetaan kenttäkierros jokaisessa tilassa ja aistinvaraisesti tarkastetaan mahdollisia äänihaittoja järjestelmässä.

Kuormituskokeet

- Ilmanvaihtojärjestelmä asetetaan olosuhdesäädölle rakennusautomaatiojärjestelmästä.
- Yksittäisten tilojen ja/tai kanavahaarojen ilmavirta tehostetaan maksimi-ilmavirran mukaiseksi poikkeuttamalla huonesäädön asetusarvoja (hiilidioksidipitoisuus tai huoneilma- lämpötila).
- Kuormituskokeissa on suositeltavaa tutkia painehäviöiltään haasteellisimpien tilojen ja kanavahaarojen toiminta.
- Kuormituskokeissa tarkastetaan, että:
 - ilmanvaihtokone saavuttaa painesäädön asetusarvon ja painesäätö ei huuju.
 - ilmavirtasäätimet saavuttavat asetusarvonsa ja ilmavirtasäätö ei huuju.
 - vakiopainesäätimet saavuttavat asetusarvonsa ja painesäätö ei huuju.

- vakioilmavirtasäätimet saavuttavat asetusarvonsa ja säätö ei huuju.
- Suoritetaan ilmavirtojen tarkistusmittaukset pistokokein.
- Suoritetaan kenttäkierros jokaisessa tilassa ja aistinvaraisesti tarkastetaan mahdollisia äänihaittoja järjestelmässä.

Mittauspöytäkirjassa esitettävät asiat

- Kokonaisilmavirta
 - Ilmanvaihtokoneen tuottama kokonaisilmavirta mitoitustilanteessa (100 %)
 - Ilmavaihtokoneen tuottamana ilmavirta osailmavirtatilanteessa (20–50 %)
- IV-konekohtaiset arvot rakennusautomaatiojärjestelmästä
 - Tulo- ja poistoilman paineasetukset [Pa]
 - Tulo- ja poistoilman painemittaukset [Pa]
- Tulo- ja poistopuhaltimen säätöviestit [%]
- VPS-säätimien paineasetukset [Pa]
- VPS-säätimien painemittaukset [Pa]
- VIS-säätimien paineasetukset [Pa]
- VIS-säätimien painemittaukset [Pa]
- Ilmavirtasäätimet
 - Laitekoodi, pistetunnus, huonenumero, tilatyyppi, laitemalli, valmistaja, ohjelmistoversio
 - Koko [mm]
 - Korjauskerroin
 - IMS-laitteelle aseteltu minimi- ja maksimi-ilmavirta [l/s]
 - I/O-ratkaisuissa säätöviestin tyyppi (0-10 V, 2-10 V)
 - Suunniteltu minimi- ja maksimi-ilmavirta [l/s]
 - IMS-laitteen mittaus minimi- ja maksimi-ilmavirta [l/s]
 - Poikkeama suunnitteluarvosta (%)
- Tilan jokainen päätelaite on esitettävä mittauspöytäkirjoissa.
- Yhteenlaskettu suunniteltu ja mitattu ilmavirta sekä poikkeama, jos tilassa useita päätelaitteita.
 - Huonenumero, tilatyyppi
 - Päätelaitteen valmistaja, tyyppi ja vuosimalli ja kanavakoko
 - Kappalemäärä [kpl]
 - Paine [Pa]
 - Esisäätöarvo
- Kanavamittauksissa
 - Kanavakoko [mm]
 - Ilmank nopeus [m/s] (kaikki mittapisteet eriteltyinä ja keskiarvo)
- Suunniteltu minimi- ja maksimi-ilmavirta [l/s]
- Mitattu minimi- ja maksimi-ilmavirta [l/s]
- Poikkeama suunnitteluarvosta (%)

- ON/OFF-pellit
 - Tilan jokainen päätelaite on esitettävä mittauspöytäkirjoissa.
 - Yhteenlaskettu suunniteltu ja mitattu ilmavirta sekä poikkeama, jos tilassa useita päätelaitteita.
 - Huonenumero, tilatyyppi
 - Päätelaitteen valmistaja, tyyppi ja vuosimalli ja kanavakoko
 - Kappalemäärä [kpl]
 - Paine [Pa]
 - Esisäättöarvo
 - Kanavamittauksissa
 - Kanavakoko [mm]
 - Ilmanopeus [m/s] (kaikki mittapisteet eriteltyinä ja keskiarvo)
 - Suunniteltu minimi- ja maksimi-ilmavirta [l/s]
 - Mitattu minimi- ja maksimi-ilmavirta [l/s]
 - Poikkeama suunnitteluarvosta (%)

- Vakioilmavirtaiset tilat
 - Tilan jokainen päätelaite on esitettävä mittauspöytäkirjoissa.
 - Yhteenlaskettu suunniteltu ja mitattu ilmavirta sekä poikkeama, jos tilassa useita päätelaitteita.
 - Huonenumero, tilatyyppi
 - Päätelaitteen valmistaja, tyyppi ja vuosimalli ja kanavakoko
 - Kappalemäärä [kpl]
 - Paine [Pa]
 - Esisäättöarvo
 - Kanavamittauksissa
 - Kanavakoko [mm]
 - Ilmanopeus [m/s] (kaikki mittapisteet eriteltyinä ja myös niiden keskiarvo)
 - Mitattu ilmavirta (l/s)
 - Suunniteltu ilmavirta (l/s)
 - Poikkeama suunnitteluarvosta (%)

- Tilojen paine-eromittaukset tila- ja vyöhykekohtaisesti (IV-palvelualueittain)
 - Mitoitus ja minimi-ilmavirtatilanteessa
 - Huonenumero, tilatyyppi
 - Paine-ero viereiseen tilaan tai ulkoilmaan [Pa]

- Muut tiedot
 - Kohde
 - Suorituspäivämäärä
 - Mittauksen suorittaja
 - Mittari
 - Muut huomiot

Liite 2. IMS-järjestelmän vianetsintätaulukko

Taulukossa on esitetty tyypillisimpiä ratkaisuja IMS-järjestelmässä havaittujen vikojen korjaamiseksi. Taulukossa esitetyt ratkaisut voivat soveltua useamman eri vikatilanteen korjaamiseen. Osa ratkaisuista soveltuu vanhempien IMS-laitteiden ongelmatilanteiden selvitykseen. Vikatilanteiden ratkaisuiden määrittelyssä on oletettu, että ilmanvaihtojärjestelmä on muuten toimintakunnossa ja että ilmanvaihtokoneet ovat päällä ja että järjestelmässä ei ole käytössä käsiohjauksia tai muita ohjaukseen ja säätöön keskeisesti vaikuttavia puutteita.

Ongelma	Aiheuttaja	Ratkaisu
IMS:n ilmavirran mittaus näyttää 0 l/s.	Laitevika	Laitteen uusinta
	IMS:n sisäinen kaapelointivika	Laitteen uusinta
	Palopelti kiinni	Palopeltien tarkastus
IMS:n ilmavirran mittaus ei saavuta asetusarvoa.	Kanaviston paine ei ole riittävä	IV-järjestelmän säätö ja tasapainotus sekä painesäädön tarkastus.
	Asetusarvot asetettu väärin valvomossa tai IMS-laitteella.	Vmin ja Vmax asetusarvojen tarkastaminen valvomosta ja ilmavirtasäätimeltä.
	Skaalausvirhe RAU-järjestelmässä	IMS:n paluuviestin skaalauksen tarkastus.
	IMS:n säätöviestin tyyppi 0-10V/ 2-10V poikkeaa suunnitelmista (analoginen ohjaustapa).	Säätöviestin tarkastus IMS-säätimeltä.
IMS:n ilmavirran mittaus ylittää asetusarvon.	Asetusarvot asetettu väärin valvomossa tai IMS-laitteella.	Vmin ja Vmax asetusarvojen tarkastaminen valvomosta ja ilmavirtasäätimeltä.
	Skaalausvirhe RAU-järjestelmässä	IMS:n paluuviestin skaalauksen tarkastus.
	IMS:n säätöviestin tyyppi 0-10V/ 2-10V poikkeaa suunnitelmista (analoginen ohjaustapa).	Säätöviestin tarkastus IMS-säätimeltä.
IMS:n ilmavirran mittaus huojuu voimakkaasti	Kanaviston painetasot vaihtelevat merkittävästi.	Painesäädön ja säätöpiirin tarkastaminen. Painelähtimien sijainnin tarkastaminen.

Ongelma	Aiheuttaja	Ratkaisu
IMS ei reagoi sisäilmaolosuhteiden muutoksiin	IMS-säätökäyrät eivät ole suunnitelmien tai käyttötarkoituksen mukaiset.	Säätökäyrien tarkastaminen ja uudelleen asettelu.
	Kytkeä- tai laitevirhe mitausantureissa tai huonesäätimessä.	Mittalaitteiden sekä huonesäätimien ja kyntöjen tarkastus.
	Tilat kytketty ristiin huonesäätimessä.	Huonesäätimen ja kytkentöjen tarkastus.
	Tiedonsiirtovirhe väylässä	Väylän tiedonsiirron tarkastus.
Huonetilan olosuhteiden raja-arvot ylittyvät	IMS-säätökäyrät eivät ole suunnitelmien tai käyttötarkoituksen mukaiset.	Säätökäyrien tarkastaminen ja uudelleen asettelu.
	Tilan ilmavirrat eivät ole riittävät.	Ilmavirtojen mittaus, IMS-säätimen asetusarvojen tarkastus.
	Tilan henkilökuormitus on suunniteltua suurempi.	Tilan käyttötarkoituksen uudelleen arviointi ja IV-järjestelmän säätö- ja tasapainotus.
	Tilat kytketty ristiin huonesäätimessä.	Huonesäätimen ja kytkentöjen tarkastus.
	Tiedonsiirtovirhe väylässä	Väylän tiedonsiirron tarkastus.
	Laitevika, säätölaite rikkoutunut	Säätöpellin toimilaitteet testaus.
	Laitevika, mittausosa pölyntynyt/rikkoutunut	Mittausosan puhdistus, laitteen uusinta.
Mitattu ilmavirta (päätelaitteilta/kanaviston suoralta osuudelta jne.) ei vastaa IMS:n ilmoittamaa mittaus tulosta.	IMS-säätimen asennuksessa ei ole huomioitu riittäviä suojaetäisyyksiä häiriötä aiheuttaviin kanavistosiin, kuten kanavamutkiiin, kanavapattereihin tai säätö- ja palopelteihin.	Ilmavirranmittauksen korjauskertoi- men määrittäminen IMS-laitteelle. IMS-säätimen uudelleen asennus ja suojaetäisyyksien huomiointi laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti. Asennuksessa suositellaan mahdollisimman pitkiä suojaetäisyyksiä, tyypillisesti 4 x D, missä D = kanavan halkaisija.

Ongelma	Aiheuttaja	Ratkaisu
	Äänenvaimennin ja IMS-säädin eivät ole yhteensopivia (HUOM! vain poistoilmavirtasäätimet).	Äänenvaimentimen ja IMS-säätimen yhteensopivuuden tarkastus.
	Laitevika, säätölaite rikkoutunut	Säätöpellin toimilaitteet testaus.
	Laitevika, mittausosa pölyntynyt	Mittausosan puhdistus, laitteen uusinta.
Tilan painesuhteet poikkeavat suunnitelmasta.	IMS-säätimen asennuksessa ei ole huomioitu riittäviä suojaetäisyyksiä häiriötä aiheuttaviin kanavistosiin.	Ilmavirranmittauksen korjauskertoimen määrittäminen IMS-laitteelle. IMS-säätimen uudelleen asennus ja suojaetäisyyksien huomiointi laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti.
	IMS-säätimen asetusarvot poikkeavat suunnitelmista.	Asetusarvojen tarkastus IMS:ltä.
	IMS:n säätöviestin tyyppi (0-10V/ 2-10V) poikkeaa suunnitelmista.	Säätöviestin tyypin tarkastus IMS:ltä.
	Laitevika, säätölaite rikkoutunut Laitevika, mittausosa pölyntynyt / rikkoutunut	Säätöpellin toimilaitteen testaus. Mittausosan puhdistus, laitteen uusinta

Liite 3. Grafiikkaohje

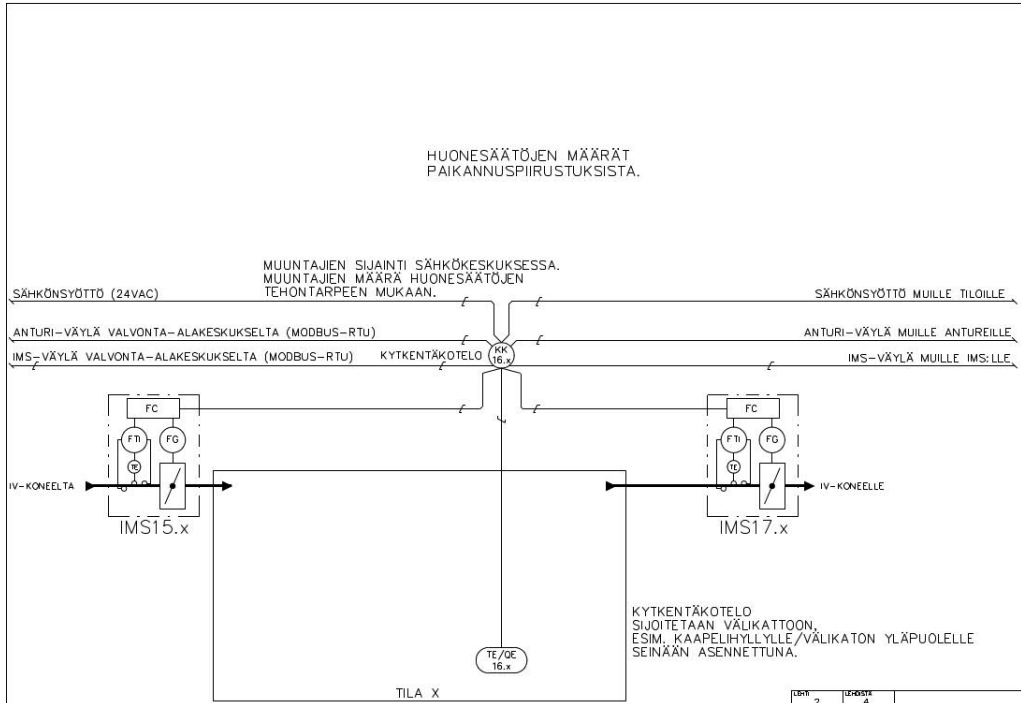
IMS-huonesäätö, väyläliitäntä

HUONESÄÄTÖ TILA X

ILMAMÄÄRÄSÄÄDIN TULOILMA		HUONELÄMPÖTILA		HUONEHILIOKSIDISI		
OHJELMAN MÄÄRITÄMÄ ILMAMÄÄRÄN ASETUSARVO	150 l/s	150 l/s	ASETUSARVO	21.5 °C	MITTAUS	800 ppm
ILMAMÄÄRÄN MITTAUS	150 l/s		MITTAUS	21.5 °C	YLÄRAJA	1200 ppm
ILMAMÄÄRÄN ASETUSARVO, SÄÄTÖ %	0 %		(ulko-TE > 10 °C) YLÄRAJA	32 °C		
IMS-PELLIN ASENTO	50 %		(ulko-TE < 10 °C) YLÄRAJA	26 °C		
IMS-SÄÄDÖN POIKKEAMAHÄLYTYKSEN RAJA-ARVO	-10 %		ALARAJA	16 °C		
IMS-SÄÄDÖN POIKKEAMAHÄLYTYKSEN HÄLYTYSVIIVE	120 sek					
SÄÄTÖPOIKKEAMAHÄLYTYS		IMS-KÄYTTÖÖNOTTOARVOT				
ASETUSARVOHÄLYTYS		Vmin (Minimi asetusarvo, käyttöönottoravot)				
		ARVON KIRJOITUS VAKLTA IMS:ILLE	150 l/s			
		ARVON LUKU IMS:ILTÄ VAK:LLE	150 l/s			
		Vmax (Maksimi asetusarvo, käyttöönottoravot)				
		ARVON KIRJOITUS VAKLTA IMS:ILLE	300 l/s			
		ARVON LUKU IMS:ILTÄ VAK:LLE	300 l/s			
		VÄYLÄVIIVA				
		OHJELMISTOVERSIO	abcde...			
ILMAMÄÄRÄSÄÄDIN POISTOILMA						
OHJELMAN MÄÄRITÄMÄ ILMAMÄÄRÄN ASETUSARVO	150 l/s	150 l/s				
ILMAMÄÄRÄN MITTAUS	150 l/s					
ILMAMÄÄRÄN ASETUSARVO, SÄÄTÖ %	0 %					
IMS-PELLIN ASENTO	50 %					
IMS-SÄÄDÖN POIKKEAMAHÄLYTYKSEN RAJA-ARVO	-10 %					
IMS-SÄÄDÖN POIKKEAMAHÄLYTYKSEN HÄLYTYSVIIVE	120 sek					
SÄÄTÖPOIKKEAMAHÄLYTYS		IMS-KÄYTTÖÖNOTTOARVOT				
ASETUSARVOHÄLYTYS		Vmin (Minimi asetusarvo, käyttöönottoravot)				
		ARVON KIRJOITUS VAKLTA IMS:ILLE	150 l/s			
		ARVON LUKU IMS:ILTÄ VAK:LLE	150 l/s			
		Vmax (Maksimi asetusarvo, käyttöönottoravot)				
		ARVON KIRJOITUS VAKLTA IMS:ILLE	300 l/s			
		ARVON LUKU IMS:ILTÄ VAK:LLE	300 l/s			
		VÄYLÄVIIVA				
		OHJELMISTOVERSIO	abcde...			
ILMAMÄÄRÄSÄÄDÖN JÄÄHDYTYSKÄYTÖN EHTOJEN RAJA-ARVOT						
ILMAMÄÄRÄSÄÄTTIEN LÄMPÖTILAN MUKAINEN SÄÄTÖ ON SALLITTU KUN:						
ILMASTOINTIKOJEISTON TULOILMA LÄMPÖTILAN ON	2 K	ALHAISEMPI KUIN HUONEILMAN LÄMPÖTILA				
JÄ						
HUONEILMAN HILIOKSIDIPITOISUUS ON YLI	500 ppm					

Liite 4. Mallisäätökaaviot

IMS-järjestelmä, väyläliityntä



1. OHJAUKSET

ILMAMÄÄRÄSÄÄTIMIT SÄÄTTÄVÄT HIILIDIOKSIDIMITTALUKSEN (OE16.x) MUKAISESTI, KATSO MUUNNOSTAULUKKO 1.

ILMAMÄÄRÄSÄÄTIMIT SÄÄTTÄVÄT (RAJOITUSSÄÄTÖ) HUONELÄMPÖTILAMITTALUKSEN (TE16.x) MUKAISESTI PYRKIEN PITÄMÄÄN LÄMPÖTILAN ALLE ASETUSARVON (ESIM. 23 °C) TEHOSTAMALLA ILMAMÄÄRÄÄ. LÄMPÖTILAN MUKAINEN SÄÄTÖ SALLITTU VAIN SILLOIN KUN ULKOLÄMPÖTILA ON VÄHINTÄÄN 2 K ALHAISEMPI KUIN TULOILMANLÄMPÖTILA JA HUONEHIILIDIOKSIDIN OLLESSA YLI 550 ppm.

HUONELÄMPÖTILAN ASETELTAVISSA HUONESÄÄTIMITÄ 23–26 °C.

LÄMPÖTILAN- JA HIILIDIOKSIDIPITOISUUSÄÄDÖISSÄ SUUREMPI ILMAMÄÄRÄSÄÄTIMEN ASETUSARVO ON MÄÄRÄÄVIN.

2. VALVONTATOIMINNOT

IMS-VÄYLÄLTÄ LUETAAN RAU-JÄRJESTELMÄÄN:

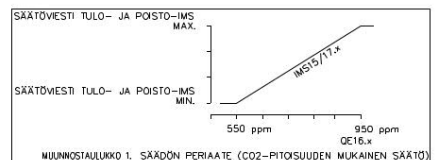
- ILMAMÄÄRÄSÄÄTIMEN ILMAMÄÄRÄ (l/s).
- ILMAMÄÄRÄSÄÄTIMEN ILMAMÄÄRÄN ASETUSARVO (l/s).
- ILMAMÄÄRÄSÄÄTIMEN PELLIN ASENTOTIETO (0–100 %).
- TULO- /POISTOLÄMPÖTILA (RIIPPUEN ONKO KYSEESSÄ TULO- VAI POISTO-IMS).
- HÄLYTYKSET (AKTIIVINEN HÄLYTYS).
- ILMAMÄÄRÄSÄÄTIMEN ILMAMÄÄRÄN MINIMI KÄYTTÖNOTTOARVO (l/s).
- ILMAMÄÄRÄSÄÄTIMEN ILMAMÄÄRÄN MAKSIMI KÄYTTÖNOTTOARVO (l/s).
- VÄYLÄVIKA.
- OHJELMISTOVERSIO.

IMS-VÄYLÄLLE KIRJOITETAAN RAU-JÄRJESTELMÄSTÄ:

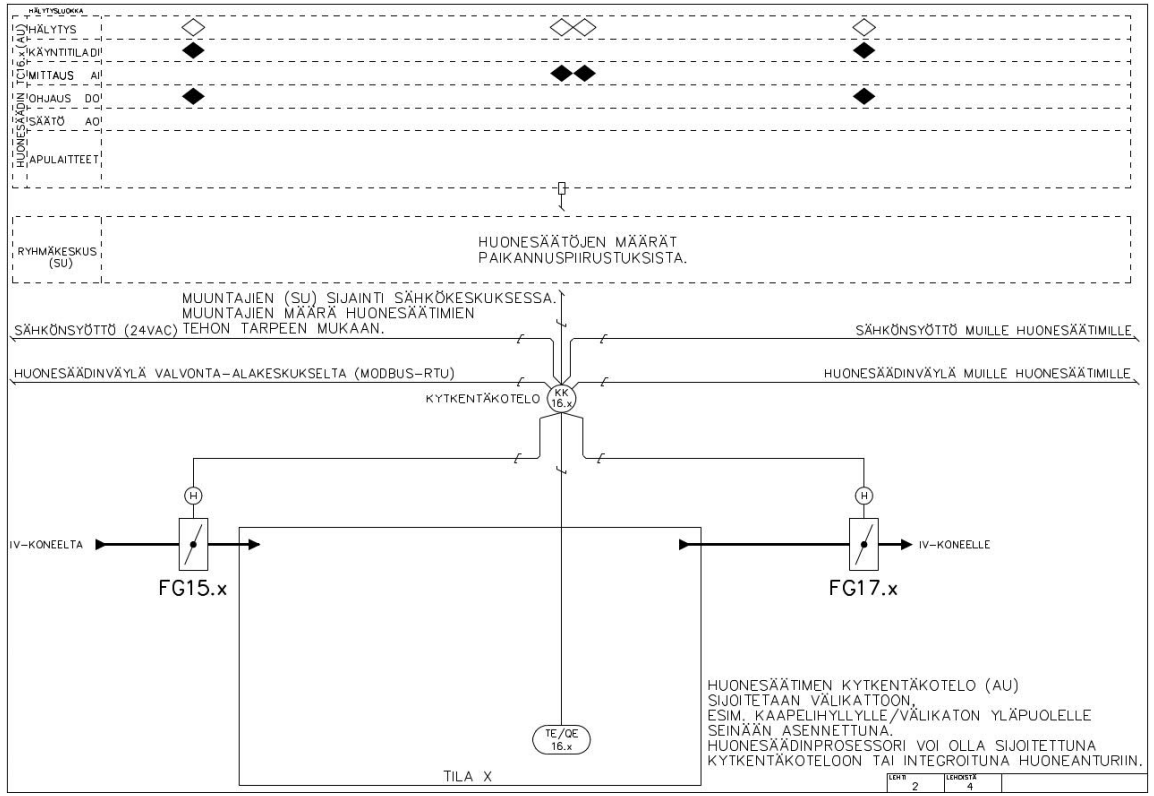
- ILMAMÄÄRÄSÄÄTIMEN ILMAMÄÄRÄN MINIMI KÄYTTÖNOTTOARVO (l/s).
- ILMAMÄÄRÄSÄÄTIMEN ILMAMÄÄRÄN MAKSIMI KÄYTTÖNOTTOARVO (l/s).
- ILMAMÄÄRÄSÄÄTIMEN ILMAMÄÄRÄN ASETUSARVO (l/s).

ANTURI-VÄYLÄLTÄ LUETAAN RAU-JÄRJESTELMÄÄN:

- HUONELMAN HIILIDIOKSIDIPITOISUUS (ppm).
- HUONELMAN LÄMPÖTILA (°C).



ON/OFF-järjestelmä



1. OHJAUKSET

ON-OFF –PELLIT AUKI HUONEHIILIOKSIDIN PITOISUUDEN (QE16.x) OLLESSA YLI 700 ppm.
 ON-OFF –PELLIT KIINNI HUONEHIILIOKSIDIN PITOISUUDEN (QE16.x) OLLESSA ALLE 600 ppm.

ON-OFF –PELLIT OHJAUTUVAT HUONELÄMPÖTILAMITTAUKSEN (TE16.x) MUKAISESTI.
 ON-OFF –PELLIT AUKI HUONELÄMPÖTILAMITTAUKSEN OLLESSA 1 K YLI ASETUSARVON (ESIM. 24 °C, ASETUSARVON OLLESSA 23 °C).
 ON-OFF –PELLIT KIINNI HUONELÄMPÖTILAMITTAUKSEN OLLESSA ALLE ASETUSARVON (ESIM. 23 °C).

LÄMPÖTILAN MUKAINEN SÄÄTÖ SALLITTU VAIN SILLOIN KUN ULKOLÄMPÖTILA ON VÄHINTÄÄN 2 K ALHAISEMPI KUIN TUULOILMANLÄMPÖTILA JA HUONEHIILIOKSIDIN OLLESSA YLI 550 ppm.

HUONELÄMPÖTILAN ASETUSARVO ESIM. 23 °C, ASETELTAVISSA HUONESÄÄTIMESTÄ 23–26 °C.

LÄMPÖTILAN- JA HIILIOKSIDIPITOISUUSÄÄDÖSSÄ ON-OFF –PELLIEN AUKI-OHJAUS ON MÄÄRÄÄVIN.

2. VALVONTATOIMINNOT

PISTETIEDOT KIRJOITETTAVISSA HUONESÄÄTIMELLE VALVONTA-ALAKESKUKSELTA.

HÄLYTYKSET:

- HÄLYTYS HUONELÄMPÖTILAN TE16.x POIKETESSA +- 2 °C HUONELÄMPÖTILAN ASETUSARVOSTA.
- HÄLYTYS HUONELÄMPÖTILAN TE16.x OLLESSA ALLE ALAHÄLYTYSRAJAN 16 °C.
- HÄLYTYS HUONELÄMPÖTILAN TE16.x OLLESSA YLI YLÄHÄLYTYSRAJAN 26/32 °C (ULKOLÄMPÖTILAN OLLESSA < 10 °C, HÄLYTYSRAJA 26 °C, ULKOLÄMPÖTILAN OLLESSA >= 10 °C, HÄLYTYSRAJA 32 °C).
- HÄLYTYS HIILIOKSIDIPITOISUUDEN QE16.x OLLESSA YLI YLÄHÄLYTYSRAJAN 1200 ppm.
- HÄLYTYS PELLIN AUKI-OHJAUKSEN JA AUKI-TILATIEDON RISTIRIIDASTA.

LEI#	LEHDETTÄ
	4

Kaupunkiympäristö
Rakennukset ja yleiset alueet
Tilat