

Ilmanvaihdon säädön yleisohje rakennusten paine-erojen hallintaan Tiiviit rakennukset

Asuintalot ja julkiset rakennukset

6.12.2023

Esipuhe

Rakennusten vaipan yli vallitsevan paine-eron hallitseminen tiiviissä rakennuksissa on rakennusvaipan tiiviystason parantuessa tullut entistä tärkeämmäksi. Ilmanvirtojen tasapaino on keskeinen paine-eroon vaikuttava asia ja siihen tulee kiinnittää erityistä huomiota ilmanvaihdon suunnittelussa

Tämä ohje on tarkoitettu käytettäväksi apuna tiiviiden rakennusten koneellisen ilmanvaihtojärjestelmän säätämisessä. Ohjeessa esitetään suosituksia tavoiteltaville paine-eroille rakennuksessa ja ohjeita säätötyön suorittamiseen.

Ohjeen ehdottajana ja kirjoittajana toimi DI Lari Eskola A-Insinöörit Oy:stä. Hän myös koordinoi samanaikaisesti valmistettua ohjetta säätötyön tekijöille. Nämä kaksi ohjetta muodostavat yhdessä kokonaisuuden sekä tilaajalle että säätötyön tekijälle. Ohjeet valmistettiin kokonaan ohjausryhmätyöskentelyyn osallistuneiden yritysten ja tahojen rahoittamina.

Tämä ohje täydentää aikaisemmin Talotekniikkainfon esimerkkinä julkaistussa tiiviiden asuinrakennusten ilmanvaihdon suunnitteluohjeessa esitettyjen ratkaisujen mittaus- ja säätötoimenpiteitä.

Suuri kiitos kaikille ohjausryhmätyöhön osallistuneille ja oppaita rahoittaneille tahoille.

Ohjausryhmään osallistuivat seuraavat tahot ja henkilöt:

- Are Oy
- Climecon Oy
- Enervent Zehnder Oy
- ETS Nord As
- FläktGroup Finland Oy
- Granlund Oy
- Koja Oy
- Lindab Oy
- Pietiko Oy
- Sweco Talotekniikka Oy
- Swegon OyLars
- SuLVI
- Vallox Oy
- Cervi Oy
- EBM Papst Oy
- Antti Alanko ja Henri Määttä
- Esa Huuskonen
- Tom Palmgren
- Kadi Alber ja Oskari Mattila
- Jari Hokkanen
- Teemu Taipale
- Taneli Timlin
- Pasi Sauvolainen
- Sami Pietilä
- Marko Björkroth
- Norrdal
- Samuli Könkö
- Petri Koivunen
- Petri Valve
- Jukka Blåfield

Ohje on tarkoitettu käytettäväksi rakentamismääräysten ja Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta, sekä muun ilmanvaihdon suunnitteluun ja säätöön liittyvän ohjeistuksen kanssa.

Ohjeen luonnos oli kommentoitavana kirjoitustyön aikana laajalla ohjausryhmätyön ja sidosryhmien kautta tavoitellulla asiantuntijajoukolla, jolta saatiin hyviä kommentteja ja rakentavaa palautetta oppaan teksteihin. Heidän panoksensa on ollut merkittävä muiden kirjoitustyöhön osallistuneiden ohella. Kiitokset kaikille kommentoijille asiaa eteenpäin vieneistä kommentteista.

Helsingissä 5.12.2023

Talotekninen teollisuus ja kauppa ry
Juhani Hyvärinen

SISÄLLYSLUETTELO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Yleistä..... | 3 |
| 1.1 | Rakenteiden ilmavuodot ja ilmanvaihdon tuottama paine-ero..... | 3 |
| 1.1.1 | Ilmanvaihdon mittaus ja säätötarkkuus..... | 3 |
| 1.2 | Paine-erot yksittäisten huonetilojen välillä..... | 6 |
| 2 | Säätöä vaikeuttavat ja helpottavat tekijät | 6 |
| 2.1 | Säätöä vaikeuttavat tekijät..... | 6 |
| 2.2 | Säätöä helpottavat tekijät | 7 |
| 3 | Ilmanvaihdon säätö..... | 7 |
| 3.1 | Ilmanvaihdon säädön edellyttämät toimenpiteet | 7 |
| 3.1.1 | Vaativa kohde | 7 |
| 3.1.2 | Erittäin vaativa kohde | 8 |
| 3.2 | Säädön tilaaminen ja toimenpiteet säädön jälkeen | 8 |
| 3.2.1 | Asiakirjatarkastus..... | 8 |
| 3.2.2 | Ilmanvaihtosuunnitelmien päivitys | 9 |
| 3.2.3 | Paine-eron seurantamittaus..... | 9 |
| 3.2.4 | Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien kuntotutkimus | 9 |
| 3.2.5 | Ilmanvaihdon ja automaation muutosten toteutus | 10 |
| 3.3 | Ilmanvaihdon säätö, 2-vaiheinen menetelmä | 11 |
| 3.4 | Asuinrakennusten perustapaukset: | 11 |
| 3.4.1 | Koneellinen poisto | 11 |
| 3.4.2 | koneellinen tulo ja poisto | 12 |
| 3.4.3 | Ilmanvaihdon tehostusvaihtoehtojen huomioiminen | 12 |
| 3.4.4 | Siirtoilma | 12 |
| 3.5 | Opetus, liike- ja toimistorakennukset perustapaukset: | 12 |
| 3.5.1 | Koneellinen poisto | 13 |
| 3.5.2 | koneellinen tulo ja poisto | 13 |
| 3.5.2.1 | Vakioilmavirtajärjestelmä | 13 |
| 3.5.2.2 | Muuttuvilmavirtajärjestelmä | 14 |
| 3.5.3 | Siirtoilma..... | 14 |
| 4 | Paine-erojen tavoitetasot..... | 14 |
| 4.1 | Asuinrakennukset..... | 14 |
| 4.1.1 | Ilmanvaihdon tehostusvaihtoehtojen huomioiminen | 15 |
| 4.2 | Opetus, liike- ja toimistorakennukset ja muut rakennukset | 15 |
| 4.2.1 | Palvelualueet | 15 |
| 4.2.2 | Ilmanvaihdon tehostusvaihtoehtojen huomioiminen | 15 |
| 4.3 | Erilaiset paine-erot rakennuksissa..... | 15 |
| 4.3.1 | Neutraaliakselin määrittäminen | 16 |
| 4.3.2 | Ilmanvaihdon vaikutus neutraaliakseliin | 16 |
| 4.3.3 | Paine-erot ilman tiheyserojen seurauksena..... | 16 |
| 4.3.4 | Paine-erot ilmanvaihdon toiminnan seurauksena..... | 17 |
| 4.4 | Paine-erojen pysyvyys..... | 18 |
| 4.4.1 | Lämmityskausi | 18 |
| 4.4.2 | Jäähdytyskausi | 18 |
| 4.4.3 | Välikausi | 18 |
| 4.5 | Säädettävyydestarkastelu | 19 |
| 5 | Lähdeluettelo | 19 |

Määritelmät

Neutraaliakseli

Rakennuksen paine-erojen neutraaliakseli on korkeudella, jossa ulko- ja sisäpuolen paine on yhtä suuri. Paine-ero mittausta tältä korkeudelta antaa tulokseksi 0 Pa. Neutraaliakselin paikka voidaan määrittää mittaamalla tai laskennallisesti.

Rakennuksen paine-erot

Rakennuksen vaipan tai eri tilojen välillä paine-eromittarilla mitattavat paine-erot.

Paine-erojen tavoitetasot

Suositteluvat tavoitearvot rakennusten paine-eroille rakennuksen vaipan yli

Säädettävyydestarkastelu

Ilmanvaihtojärjestelmän virhetarkastelu, jonka suorittaa ilmanvaihdon suunnittelija. Virhetarkastelun avulla voidaan tarkastella ilmanvaihtojärjestelmän säädettävyyden hallintaa.

1 Yleistä

1.1 Rakenteiden ilmavuodot ja ilmanvaihdon tuottama paine-ero

1.1.1 Ilmanvaihdon mittaus ja säätötarkkuus

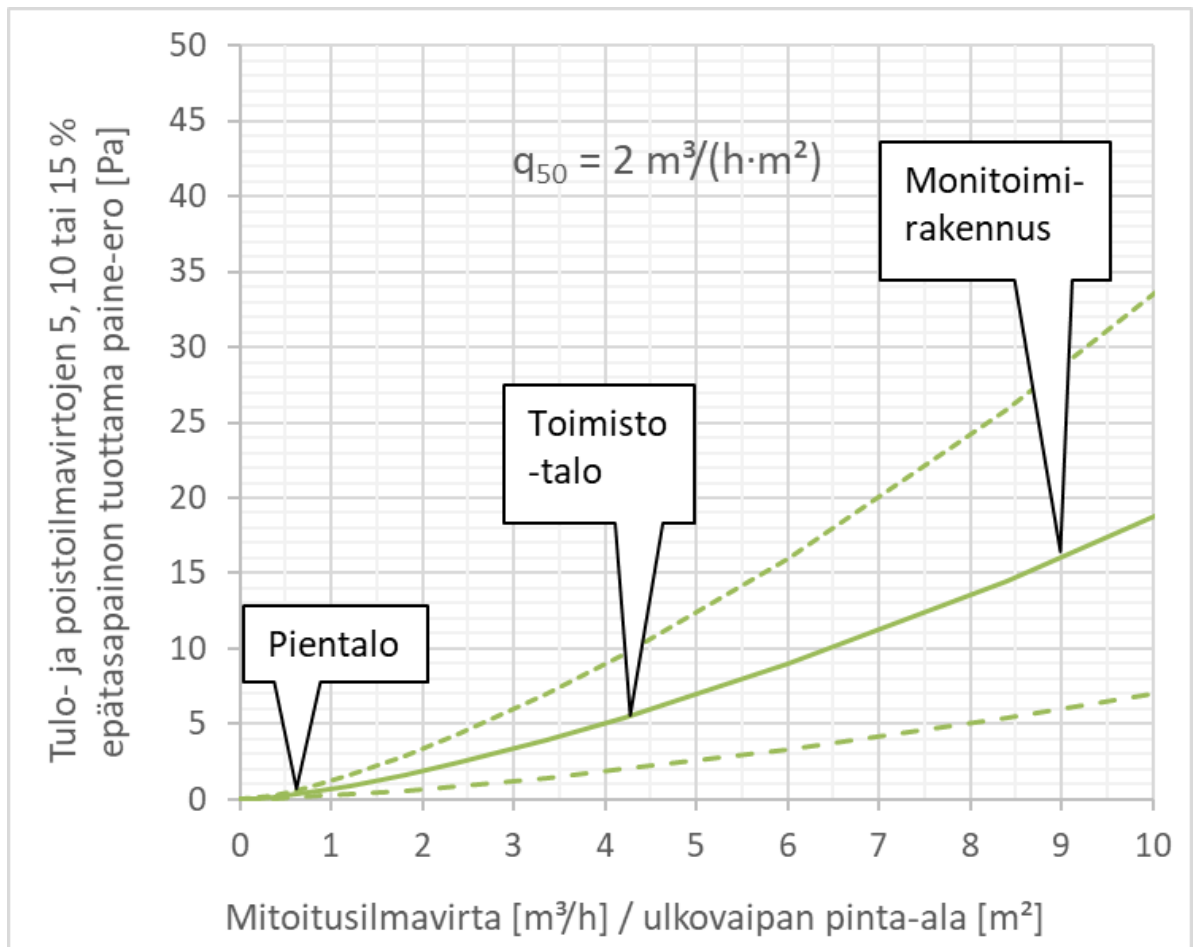
Rakennusten ulkovaipan ilmatiiveyteen on viimeisen 20 vuoden aikana kiinnitetty paljon huomiota. Ulkovaipan tiiviyyttä parantamalla voidaan pienentää vuotoilmanvaihdosta aiheutuvaa energiankulutusta sekä estää radonin pääsy sisäilmaan. Viime vuosikymmenten panostus ulkovaipan tiiveyteen on tuottanut tulosta. Vanhimmassa rakennuskannassa ilmavuotoluku (q_{50}) voi ylittää $10 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$, mutta tällä hetkellä maksimiarvona mm. energialaskennassa käytetään lukua $4 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ja uudisrakennusten tapauksessa $1 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ on yleisesti käytetty saavutettava tavoitearvo.

Osassa vanhaakin rakennuskantaa ulkovaipan ilmatiiveys voi olla varsin hyvä. Myös tehdyt korjaukset, kuten ikkunoiden uusiminen, yleensä parantavat rakennusten ilmatiiveyttä. Rakennuksiin on saatettu tehdä nimenomaan ilmatiiveyden parantamiseen tähtääviä toimenpiteitä.

Ulkovaipan ilmatiiveyden parantuminen on luonut uudenlaisen ongelman. Virtausmittauksella toteutettu Ilmanvaihtojärjestelmän ilmavirtojen mittaustarkkuus ei ole riittävä mitattaessa pieniä ilmavirtoja – ja mittausten menetelmä asettaa tästä syystä haasteita ilmavirtojen säätämiselle.

Yksittäisen huonetilan ilmavirtoja säädettäessä toleranssialue on $\pm 20 \%$ suunnitellusta ilmavirrasta, sisältäen mittalaitteen ja mittausmenetelmän virheet. Järjestelmä- (iv-kone) tai huoneistokohtaisten ilmavirtojen toleranssialue on $\pm 10 \%$ suunnitellusta, sisältäen mittausvirheet. /1/

Ulkovaipaltaan tiiviissä rakennuksessa sallitun toleranssialueen sisälläkin olevat poikkeamat ilmavirroissa voivat tuottaa suuren paine-eron. Ongelma korostuu rakennuksissa, joiden mitoitusilmavirrat ovat suuria.



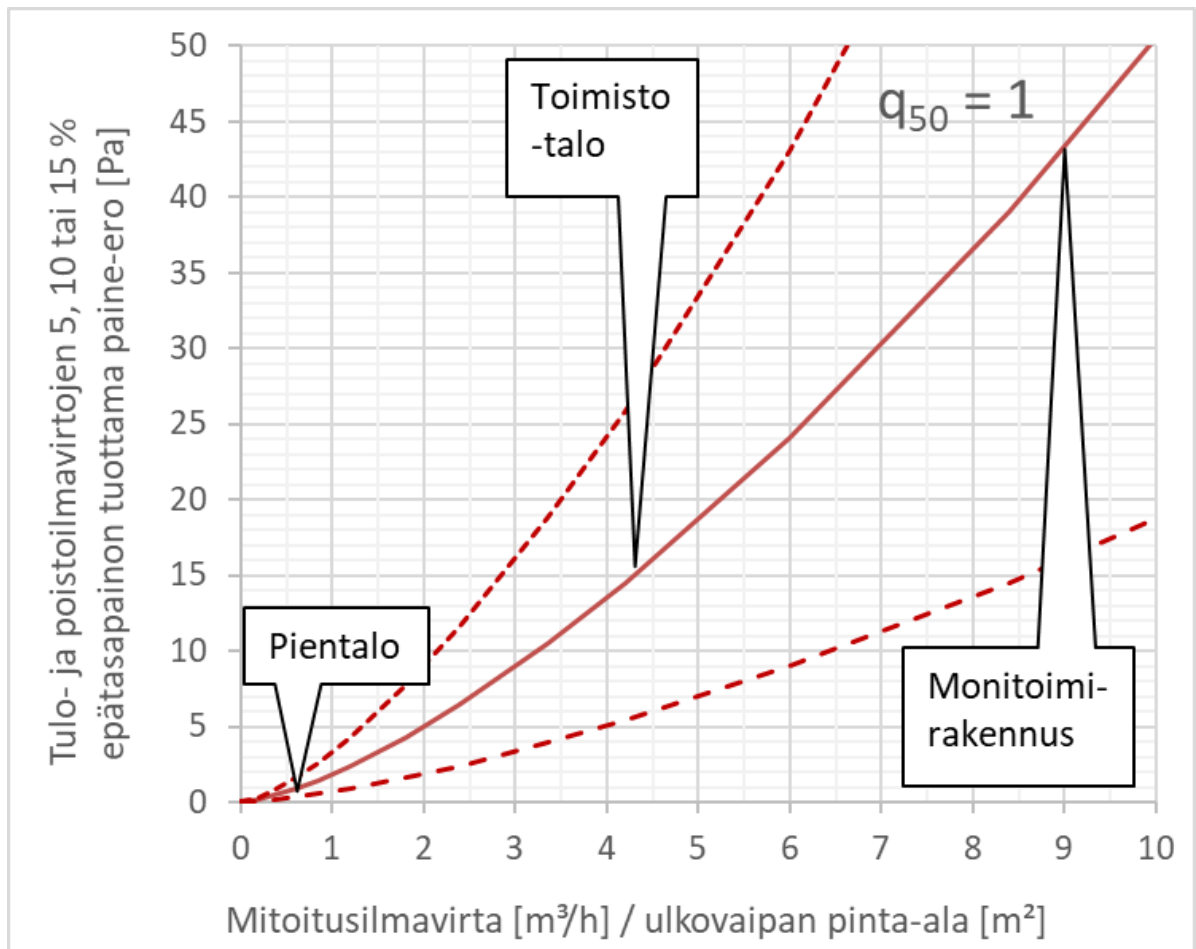
Kuva 1. Ilmanvaihdon tuottaman paine-eron riippuvuus ilmavirtojen epätasapainon suuruudesta (5, 10 tai 15 %) sekä mitoitusilmavirran ja ulkovaipan pinta-alan suhteesta, kun q_{50} on 2,0.

Kuvassa 1 on esitetty, kuinka suuren paine-eron (yleensä alipaine) ulkoilmaan verrattuna tulo- ja poistoilmavirtojen 5, 10 tai 15 % epätasapaino tuottaa rakennuksessa, jonka ulkovaipan ilmavuotoluku on $2 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$.

Paine-eron suuruus riippuu oleellisesti ilmanvaihdon mitoituksesta sekä rakennuksen koosta.

Esimerkki 1.

Pientalossa mitoitusilmavirta on vain 0,5 l/s lattianeliötä kohti, minkä vuoksi 10 % epätasapaino ei tuota yli 1 Pa paine-eroa, kun ilmavuotoluku on $2 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$. As-teikon toisessa ääripäässä ovat opetus-, kokoontumis- ja monitoimirakennukset, joissa mitoitusilmavirta voi olla 3...5 l/s lattianeliötä kohti eli jopa 10-kertainen asuin-pientaloon verrattuna. Tällaisessa rakennuksessa ilmanvaihdon 10 % epätasapaino voi tuottaa yli 15 Pa paine-eron ulkoilmaan verrattuna.



Kuva 2. Ilmanvaihdon tuottaman paine-eron riippuvuus ilmavirtojen epätasapainon suuruudesta (5, 10 tai 15 %) sekä mitoitusilmavirran ja ulkovaipan pinta-alan suhteesta, kun q_{50} on 1,0.

Kuvasta 2 nähdään, että asuinrakennuksia lukuun ottamatta 10 % epätasapaino tulo- ja poistoilmavirtojen välillä voi tuottaa yli 15 Pa paine-eron ulkoilmaan verrattuna, kun ulkovaipan ilmanvuotoluku on $1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$.

Kuvasta 2 nähdään myös, että monitoimirakennuksen ilmanvaihdon säätö niin, että paine-ero on esimerkiksi 0...-5 Pa edellyttäisi tulo- ja poistoilmavirtojen säätämistä parin prosentin tarkkuudella. Nykytilanteessa ilmavirtojen mittaustarkkuus ei mahdollista näin tarkkaa säätöä.

Ilmanvuotoluku $1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ edustaa tällä hetkellä uudisrakennusten keskimääräistä tasoa. On todennäköistä, että ilmatiiveys paranee jatkossakin, minkä seurauksena entistä pienempi epätasapaino tulo- ja poistoilmavirtojen välillä voi tuottaa suuren paine-eron. Erittäin tiiviissä rakennuksessa tulo- ja poistoilmavirrat pitäisi säätää 0,5 % tarkkuudella.

Säätöepätarkkuus saattaa johtaa myös siihen, että tuloilmavirta on poistoilmavirtaa suurempi ja rakennus tai osa rakennuksesta muuttuu ylipaineiseksi ulkoilmaan verrattuna.

1.2 Paine-erot yksittäisten huonetilojen välillä

Huonekohtaisten tulo- ja poistoilmavirtojen ollessa erisuuruiset, tila/huone muuttuu yli- tai alipaineiseksi muihin tiloihin verrattuna, ellei huoneessa ole korvaus- tai siirtoilmareittejä, joiden avulla voidaan kompensoida tulo- ja poistoilmavirtojen epätasapaino.

Jos huoneen mitoitusilmavirrat ovat pienet eivätkä väliseinärakenteet ole tiiviitä, paine-ero jää niin pieneksi, ettei siitä ole haittaa. Esimerkiksi toimistohuoneissa epätiivis, oviraollinen, ovi riittää yleensä ehkäisemään suuren paine-eron muodostumista.

Huonekohtaiseen paine-eron hallinnan kannalta haastaviksi ovat osoittautuneet mm. auditoriot ja opetusrakennusten teknisten töiden luokat. Niiden mitoitusilmavirrat ovat suuria, joten pienikin epätasapaino tulo- ja poistoilmavirtojen välillä voi tuottaa suuren paine-eron. Lisäksi seinärakenteista on yleensä pyritty tekemään ääntä eristäviä, mikä myös tarkoittaa hyvää ilmatiiveyttä. Tällaiset tilat voivat muuttua yli 30 Pa yli- tai alipaineisiksi sekä muihin sisätiloihin että ulkoilmaan verrattuna. Teknisen työn tiloista on äärimmillään mitattu jopa +20...-70 Pa paine-eroja ulkoilmaan verrattuna.

Haitallista paine-eron vaihtelua on aiheuttanut myös muuttunut ilmanvaihtojärjestelmien käyttö. Yleisilmanvaihto ja erityisesti keittiöiden huuvapoistot on suunniteltu sammutettavaksi yöaikaan. Joissain tapauksissa ilmanvaihto on esimerkiksi epäillyn sisäilmaongelman vuoksi päätetty kytkeä käymään jatkuvasti. Kun tuloilmakoneiden lisäksi myös keittiön huuvapoistot tai muita erillispoistoja on joko aikaohjelmia muuttamalla tai käsikäyttökytkimillä pakotettu käymään jatkuvasti, osa tiloista voi muuttua yöllä yli -30 Pa alipaineisiksi, koska normaalisti siirtoilmareittinä toimivat väliovet ja astianpalautusluukku ovat yöllä suljettuina.

Suuret paine-erot yksittäisten huonetilojen välillä ovat haitallisia. Paine-ero voi aiheuttaa hajujen ja muiden epäpuhtauksien kulkeutumista tilasta toiseen. Paine-eron aikaansaamat ilmavirtaukset voivat myös kuljettaa pölyä, mineraalikuivia ja muita epäpuhtauksia rakenteiden sisältä (alaslaskuista, hormikuiluista ym.) sisäilmaan.

2 Säättöä vaikeuttavat ja helpottavat tekijät

2.1 Säättöä vaikeuttavat tekijät

Paine-eron hallinnan kannalta vaativia kohteita ovat rakennukset, joiden ulkovaipan ilmapuotoluku on alle $2 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$, mitoitusilmavirrat suuria ja rakennuksessa on joko erillispoistoja tai sen ilmanvaihto on tarpeenmukaisesti säädettävissä.

Suuria, yli $2 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ mitoitusilmavirtoja käytetään mm. päiväkodeissa, opetus- ja kokoontumisrakennuksissa, ammattikeittiöissä ja ruokaloissa sekä sairaaloissa.

Erityisen haastavia ovat rakennukset, joissa on tehokkaita kohdepoistoja:

- ammattikeittiöiden huuvapoistot
- vetokaappipoistot
- purunpoistojärjestelmät, ahjojen ja hitsauksen huuva- ja kohdepoistot (perus- ja ammattikoulujen teknisen työn luokat)

Paine-eron hallinnan kannalta haastaviksi ovat osoittautuneet myös rakennukset, jotka koostuvat erikäisistä osista, joissa myös ilmanvaihtojärjestelmän ikä, rakenne ja mitoitus saattaa vaihdella.

Haastavuutta lisäävät myös:

- puutteet suunnitelma-asiakirjoissa
- suuri määrä ilmanvaihtokoneita, iv-koneissa 1- tai 2-nopeuksiset, kiilahihnakäyttöiset, puhaltimet
- erityyppisiä ilmanvaihtoratkaisuja samassa rakennuksessa (esim. osassa tiloja pelkkä koneellinen tai painovoimainen poisto)
- iv-koneet tai automaatiojärjestelmä teknisen käyttöikänsä lopulla (ikä yli 25 vuotta)
- ilmamääräsäätöiset järjestelmät (IMS)
- rakennuksen eri tilojen käyttötarkoitukset tai -ajat poikkeavat toisistaan
- **tiivistyskorjaukset**

2.2 Säätöä helpottavat tekijät

Paine-erojen hallinnan kannalta helppoissa kohteissa ulkovaipan ilmatiiveys ei yleensä ole erityisen hyvä ja ilmanvaihtojärjestelmä on rakenteeltaan yksinkertainen:

- iv-koneita on vain 1-3
- yksi ilmanvaihtokone vastaa yhdestä palvelualueesta
- vakioilmavirtajärjestelmä
- erillispoistoja on vähän ja niiden ilmavirrat pieniä suhteessa koko järjestelmän mitoitusilmavirtaan
- tilakohtaiset mitoitusilmavirrat ovat suhteellisen pieniä (toimistoissa n. 1,5 l/(s·m²))

Huom. päiväkodeissa mitoitusilmavirta on 2,5–3 l/(s·m²), mutta huonompi ilmatiiveys ja suurempi ulkovaipan pinta-ala suhteessa ilmatilavuuteen kompensoi tätä.

Säätöä helpottaa myös, jos rakennuksessa ei ole eri ikäisiä eikä eri käyttötarkoitukseen tehtyjä tiloja.

Suosittelavaa on toteuttaa paine-eron seurantamittaus, jonka tulosten pohjalta voidaan määrittää tarve 2-vaiheisen säätömenetelmän käytölle.

3 Ilmanvaihdon säätö

3.1 Ilmanvaihdon säädön edellyttämät toimenpiteet

3.1.1 Vaativa kohde

Paine-erojen hallinnan osalta vaativa kohde voidaan määrittellä rakennukseksi, jossa on yli 2 kerrosta sekä ilmanvaihtokoneen lisäksi useampia erillispoistoja. Säätötyön yhteydessä tulee tarkistaa paine-erojen pysyvyys eri säätöasenoissa.

3.1.2 Erittäin vaativa kohde

Erittäin vaativan kohteen säätöä varten tarvitaan enemmän esivalmisteluja. Ilman valmistautumista säätötyö voi johtaa vääränlaisiin paine-eroihin tai hallitsemattomaan paine-eron vaihteluun ainakin osassa rakennusta. Ongelmien selvittämiseen ja korjaamiseen kuluu aikaa ja pahimmassa tapauksessa ilmanvaihtojärjestelmä joudutaan lopulta säätämään uudelleen.

Ongelmien välttämiseksi erittäin vaativassa kohteessa tulee jo noin 12 kk ennen suunniteltua säädön ajankohtaa aloittaa seuraavan listan mukaiset toimenpiteet:

1. Asiakirjatarkastus
2. Tarvittaessa suunnitelmien päivitys/täydentäminen
3. Paine-eron seurantamittaus
4. Tarvittaessa iv-kuntotutkimus (jos paine-eroissa havaitaan ongelmia)
5. Tarvittaessa iv-muutossuunnittelu ja muutosten toteutus (iv-kuntotutkimuksen per.)

Ilmanvaihdon säädön jälkeen tulee toteuttaa paine-erojen tarkastusmittaus sekä arvioida säätöurakoitsijan raporttien pohjalta, onko ilmanvaihtojärjestelmässä yhä korjaus- tai muutostarpeita.

3.2 Säädön tilaaminen ja toimenpiteet säädön jälkeen

Vaativan kohteen ilmanvaihdon säätö edellyttää ilmavirtamittausten lisäksi myös paine-eromittauksia. Suuremman työmäärän vuoksi vaatimus paine-eromittauksista tulee sisällyttää työn määrittelyyn.

Ilmanvaihdon 2-vaiheista säätöä tilattaessa on myös määriteltävä, mikä on sisä- ja ulkoilman välisen paine-eron tavoitetaso. Yleensä tavoitteena on sisä- ja ulkoilman välisen paine-eron pysyminen rakennuksen käytön aikana välillä +5...-10 Pa. Yksittäisten tilojen paine-ero voi poiketa tästä. Kosteuskuormitetut ammattikeittiöt ja pesutilat on yleensä tarpeen pitää lievästi alipaineisina sekä ulkoilmaan että muihin sisätiloihin verrattuina.

Erikoistapauksissa rakennuksessa voidaan myös tavoitella ylipainetta ulkoilmaan verrattuna.

Säätötyön suorittajan pitää laatia erilliset mittaus- ja säätöpöytäkirjat sekä ilmavirtojen säädöstä (1. vaihe) että paine-eromittauksista, sekä tarvittaessa tehdyistä muutoksista tila- ja vyöhykekohtaisiin ilmavirtoihin (2. vaihe).

Mikäli osassa tiloja ilmavirrat jäivät suunniteltuun nähden vajaiksi, pitää vajauksen merkittävyys arvioida ja ilmanvaihdon toimintaa tarvittaessa parantaa. Tarvittaessa näissä tiloissa tulee toteuttaa ilmanvaihdon kuntotutkimus.

3.2.1 Asiakirjatarkastus

Asiakirjatarkastuksessa varmistetaan, että kohteesta on olemassa riittävät suunnitelma-asiakirjat. Kaikkein tärkeimmät ovat iv-tasopiirustukset, joissa esitetään kaikki kanavat, päätelaitteet ja tilakohtaiset ilmavirrat. Tyypillinen ongelma on, että piirustukset kattavat koko rakennuksen tai rakennukset, mutta osa piirustuksista on muutospirustuksia, joissa ei ole esitetty kaikkia vanhoja ja yhä käytössä olevia kanavia ja laitteita. Muutospirustuksista voi myös puuttua tiedot suunnitelluista tilakohtaisista ilmavirroista.

Myös laiteluettelosta, ilmanvaihdon ja automaation toimintakaavioista ja selostuksista sekä iv-konekor-teista tai koneajoista on hyötyä etenkin niissä tapauksissa, missä on tarpeen tehdä muutoksia järjestel-miin.

3.2.2 Ilmanvaihtosuunnitelmien päivitys

Jos piirustusaineistossa on puutteita, piirustukset pitää päivittää. Tilakohtaisten ilmavirtojen määrittämi-seen tarvitaan iv-suunnittelijaa tai kuntotutkijaa, mikäli tietoja ei ole saatavissa esimerkiksi vanhem-masta piirustusaineistosta. Suunnittelijan on syytä perehtyä kohteeseen kohdekäynnillä, koska tilojen käyttötarkoitukset ovat voineet muuttua, mikä vaikuttaa myös ilmanvaihdon tarpeeseen. Suunnittelija osaa myös arvioida, onko suunnitellut ilmavirrat mahdollista toteuttaa nykyisellä kanavistolla, päätelait-teilla ja iv-koneilla. Mikäli riittävän ilmanvaihdon toteuttaminen havaitaan mahdottomaksi, pitää joko muuttaa tilojen käyttötarkoitusta tai käynnistää niiden osalta ilmanvaihdon kuntotutkimus tai muutos-suunnittelu.

3.2.3 Paine-eron seurantamittaus

Vaativassa kohteessa tulee hyvissä ajoin ennen ilmanvaihdon säätöä toteuttaa paine-eron seurantamit-taus, jossa sisä- ja ulkoilman välistä paine-eroa mitataan tallentavilla mittalaitteilla vähintään 1 viikon ajan.

Erillistä seurantamittausta ei tarvita, mikäli kohteeseen on asennettu jatkuvatoiminen mittauslaitteisto. Tällöin voidaan hyödyntää jatkuvan mittauksen aineistoa.

Seurantamittaus toteutetaan Rakennusten paine-erojen mittausohjeen /2/ mukaisesti tai ilmanvaihtojär-jestelmän suunnittelija voi määrittää toteutustavan.

Paine-ero tulee mitata vähintään kahdesta pisteestä, mutta vaativissa kohteissa mittauspisteitä tarvitaan enemmän.

Korkeissa rakennuksissa mittauspisteitä sijoitetaan sekä maanpinnan tasoon että ylimpään kerrokseen.

Hyvät periaatteet mittauspisteiden sijoitteluun opetus- ja päiväkotirakennuksissa:

- keskusaula tai laajat käytävätilat (aula/käytävä vs. ulkoilma)
- keittiö tai ruokasali
- liikuntasali, juhlasali
- suuret, yli 100 henkilön auditoriot
- teknisen työn luokka ja muut tilat, joissa on erillispoistoja (vetokaapit yms.)

Laajat ja erityisesti useista erillisistä rakennuksista koostuvat kohteet voidaan mitata rakennusosa ker-rallaan. Rakennuksen tulisi mittauksen aikana olla normaalisti käytössä ja ilmanvaihdon toiminnassa. Mittausta ei ole mielekästä toteuttaa, jos rakennuksessa tehdään samanaikaisesti korjaustöitä tai ilman-vaihtojärjestelmä ei toimi normaalisti (esim. puhaltimia rikki).

3.2.4 Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien kuntotutkimus

Jos ilmanvaihdon mitoituksessa tai toiminnassa havaitaan ongelmia, tulee niiden syy selvittää. Tarvitta-essa kohteessa voidaan teettää ilmanvaihdon kuntotutkimus.

Kuntotutkimuksen tarvetta voidaan arvioida paine-eromittausten perusteella:

- etenkin vanhoissa rakennuksissa liiallinen (-15...-30 Pa) alipaine viittaa tuloilmakoneiden riittämättömään kapasiteettiin
- jos sisä- ja ulkoilman välinen paine-ero vaihtelee merkittävästi (yli 10 Pa) vuorokaudessa (tuulen vaikutus täytyy arvioida), järjestelmää ei voi säätää tasapainoon, vaan vaihtelun aiheuttaja on poistettava ensin
- paine-eron suuruuden ja suunnan vaihtelua voi tapahtua myös yksittäisten tilojen tasolla, kun käytössä on tilakohtainen ilmamääräsäätö (IMS) tai tiloissa on kohdepoistoja (erit. teknisen työn luokissa), joiden käyntiajat poikkeavat iv-koneiden käyntiajoista:
 - vakioilmavirtajärjestelmissä huonekohtaiset tulo- ja poistoilmavirrat voidaan tasapainottaa kertosäätönä
 - muuttuvailmavirtaisissa tarvitaan muita ratkaisuja paine-eron hallitsemiseksi kaikissa käyttötilanteissa

Kohteesta riippuen iv-järjestelmän kuntotutkimukseen pitää sisällyttää myös automaatiojärjestelmän kuntotutkimus.

Mikäli iv-koneiden ilmavirtoja on tarvetta muuttaa, tulee mitata nykyisten iv-koneiden puhaltimien toimintapiste (ilmavirta ja paineenkorotus). Lisäksi tulee määrittää puhallinmoottorien ottoteho, mikä yleensä edellyttää moottorin virtamittausta. Näitä tietoja voidaan hyödyntää iv-kuntotutkimuksen lähtötietoina.

3.2.5 Ilmanvaihdon ja automaation muutosten toteutus

Mikäli asiakirjatarkastuksessa tai iv-kuntotutkimuksessa havaitaan tarvetta tehdä muutoksia iv-järjestelmään, muutokset on suositeltavaa suunnitella ja toteuttaa ennen kuin rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmää yritetään tasapainottaa.

Tyypillisiä muutoksia ovat

- 1 tai 2-nopeuksisen puhaltimen muuttaminen kierroslukusäätöiseksi
 - taajuusmuuttajakäytön lisääminen tai kokonaan uusi EC-moottorinen puhallin
- puhaltimen ilmavirran kasvattaminen
 - huom. pelkän kierrosnopeuden nostamisen vaihtoehtoina puhaltimen tai koko iv-koneen puhallinosan uusiminen sekä erilaiset puhallinseinäratkaisut
 - ennen kierrosnopeuden nostoa on selvitettävä, riittääkö moottorin teho (virtamittaus)
- automaatiojärjestelmän muutokset
 - esimerkiksi vakiokanavapainesäädön lisääminen
 - puhaltimen muutos kierroslukusäätöiseksi tai EC-moottorilla varustetuksi vaatii muutoksia myös automaatioon
- uusien iv-koneiden asentaminen
 - tila- tai vyöhykekohtaiset iv-koneet
 - vanhojen koneiden korvaaminen, LTO lisääminen

- muutokset korvaus ja siirtoilmareitteihin

3.3 Ilmanvaihdon säätö, 2-vaiheinen menetelmä

2-vaiheinen säätömenetelmä periaate:

1. Ensimmäisessä vaiheessa tulo- ja poistoilmavirrat säädetään suunnitelma-asiakirjojen mukaisiin arvoihinsa suhteellisella säätömenetelmällä. Säätötyöstä laaditaan ilmavirtojen mittaus- ja säätöpöytäkirja. /3/
2. Toisessa vaiheessa mitataan paine-erot tila- ja vyöhykekohtaisesti (iv-palvelualueittain). Mittaustuloksista laaditaan paine-erojen mittaus- ja säätöpöytäkirja.

Mikäli jonkin huonetilan paine-ero poikkeaa tavoitealueesta, muutetaan joko tilan tuloilmavirtaa tai poistoilmavirtaa siten, että paine-ero saadaan säädettyä tavoitteeseensa. Tehty muutos ja paine-eron uusi arvo kirjataan paine-erojen mittaus- ja säätöpöytäkirjaan.

Kun yksittäiset huonetilat on säädetty keskenään tasapainoon, säädetään sisä- ja ulkoilman välinen paine-ero tavoitearvoonsa. Säädön onnistuminen varmistetaan 1-2 viikon pituisella seurantamittauksella.

3.4 Asuinrakennusten perustapaukset:

Asuinrakennusten paine-eron hallinnassa on kaksi toimintatilaa, jotka on huomioitava:

1. Jatkuvat toimisen yleisilmanvaihdon säätö niin, että sen aikaansaama paine-ero pysyy tavoitealueellaan
2. Erillispoistojen ja tehostusten aiheuttaman paine-eron vaihtelun rajoittaminen

Paine-eron vaihtelua aiheuttavat mm.:

- liesituuletin, jonka poistoilma puhalletaan ulos rakennuksesta
- tehostussäätöinen liesikupu
- keskuspölynimuri, jonka poistoilma puhalletaan ulos rakennuksesta
- erilaiset ilmanvaihdon tilakohtaiset tehostus- ja säätöjärjestelmät, esimerkiksi käsin säädettävät ns. saunaventtiilit

3.4.1 Koneellinen poisto

Koneellisella poistoilmanvaihdoilla toimivien rakennusten ilmanvaihto pyrkii pitämään rakennuksen n. -10...-15 Pa alipaineisena. Paine-ero vaipan yli tulee mitata säätötilanteessa. Rakennukseen ilmanvaihdoilla tuotettua alipainetta ei ole yleensä tarkemmin määritetty.

Haasteena on hallitsemattomat ilmavuodot vaipan läpi, koska koneellisen poistoilmanvaihdon toiminta ja korvausilmaventtiilien toiminta perustuu tilan alipaineistamiseen.

Tilaajan edustajan tulee selvittää onko rakenteet mahdollinen riskitekijä vai voidaanko säätö toteuttaa toimilaitteiden suunnitellun toiminnan mukaisesti.

Säätötyön tekijän tulee kiinnittää huomiota rakennuksen korvausilmareittien toimivuuteen sekä määrään.

Koneellisen poiston rakennuksissa haasteeksi tulee yleensä tehostustilanne. Paine-ero tulee määrittää myös tehostuksen aikana. Jos paine-ero vaipan yli nousee suuremmaksi kuin 15 Pa tulee tieto tuoda tilaajan edustajan tietoon.

Mitattaessa suuria paine-erojen tulee ongelmat ratkaista yhdessä iv- ja rakenneasiantuntijan kanssa.

3.4.2 koneellinen tulo ja poisto

Koneellisella tulo-poistoilmanvaihdolla toimivien rakennusten ilmanvaihdon tuottama paine-ero rakennuksen ulkovaipan yli pyritään pitämään välillä +5...-10 Pa. Paine-ero vaipan yli tulee mitata säätötilanteessa. Jos rakennuksen paine-erolle vaipan yli on määritetty tavoitearvot, niin säätötyössä tulee pyrkiä ne saavuttamaan.

Aiemmin koneellisella tulo-poisto ilmanvaihdolla varustetut rakennukset ovat olleet n. -5...-10 Pa alipaineisia, jolloin hallitsemattomat ilmavuodot rakennuksen vaipan läpi ovat mahdollisia.

3.4.3 Ilmanvaihdon tehostusvaihtoehtojen huomioiminen

Säätötyön yhteydessä tulee ilmanvaihdon paine-erot mitata myös tehostustilanteessa. Mikäli paine-ero vaipan yli tai tilojen välillä muuttuu yli 15 Pa, on syytä selvittää korvausilman lisäämistä tehostustilanteessa. Tarvittaessa otetaan yhteys iv-suunnittelijaan.

3.4.4 Siirtoilma

Asuntojen ilmanvaihto on ensisijaisesti suunniteltu siten, että oleskelutiloihin tuotu raitisilma sekoittuisi mahdollisimman hyvin oleskeluvyöhykkeellä ja virtaisi oleskelutiloista märkä-, varasto- ja aputiloihin. Tuloilman jaolla pyritään asunnoissa täydelliseen sekoittumiseen, joten poistoilma on yleensä hyvin sekoittunutta sisäilmaa. Ilmanvaihtojärjestelmän suunnitelmien vastaisen toiminnan seurauksena saattaa asuinrakennukseen syntyä hallitsemattomia ilmavirtauksia, jotka rakennuksen poistoilmajärjestelmän ja ilmanvaihdon tuottamien paine-erojen mukaisesti vaikuttavat asunnon sisäilman laatuun.

Siirtoilmareittejä lisäämällä tai sulkemalla voidaan vaikuttaa paine-erojen hallintaan. Siirtoilmareittejä lisäämällä voidaan lisätä ilmavirtausta ja pienentää paine-eroja tiloissa, joissa ilmavirta on suuri tilan kokoon nähden.

3.5 Opetus, liike- ja toimistorakennukset perustapaukset:

Opetus, liike- ja toimistorakennusten haasteet:

1. Jatkuvatoimisen yleisilmanvaihdon säätö niin, että sen aikaansaama paine-ero pysyy tavoitealueellaan
2. Epätarkkuudet suurten ilmavirtojen asetusarvoissa sekä säädössä
3. Eri palvelualueiden ilmavirtojen muutokset
4. Useamman ilmanvaihtokoneen vaikutukset samaan palvelualueeseen
5. Erillispoistojen ja tehostusten vaikutus paine-eroihin ja kokonaisilmavirtoihin

Paine-eron vaihtelua aiheuttavat mm.:

- tehostusten korvausilman epätasapaino
- tarpeenmukaisen ilmanvaihdon säädettävyyden ja ilmavirtojen epätasapaino
- keittiötilojen suurten ilmavirtojen hallitsemattomuus, erityisesti korvausilman saanti

3.5.1 Koneellinen poisto

Koneellisella poistoilmanvaihdolla toimivien rakennusten ilmanvaihto pyrkii pitämään rakennuksen n. -10...-15 Pa alipaineisena. Paine-ero vaipan yli tulee mitata säätötilanteessa. Rakennukseen ilmanvaihdolla tuotettua alipainetta ei ole yleensä tarkemmin määritetty.

Haasteena on hallitsemattomat ilmavuodot vaipan läpi, koska koneellisen poistoilmanvaihdon toiminta ja korvausilmaventtiilien toiminta perustuu tilan alipaineistamiseen.

Tilaaajan edustajan tulee selvittää ovatko rakenteet mahdollinen riskitekijä vai voidaanko säätö toteuttaa toimilaitteiden suunnitellun toiminnan mukaisesti.

Säätötyön tekijän tulee kiinnittää huomiota rakennuksen korvausilmareittien toimivuuteen sekä määrään.

Opetus, liike- ja toimistorakennusten käyttäjät eivät yleensä itse pysty suoraan vaikuttamaan poistoilmanvaihtojärjestelmän toimintaan, jolloin aiempaa tärkeämmäksi nousee myös korvausilmareittien sijainti ja ilman sekoittuminen oleskeluvyöhykkeellä.

Haastavia voivat olla myös tehostustilanteet, jos korvausilmareittejä ei ole määritetty tai ohjeistus niiden käytöstä on puutteellinen tai puuttuu kokonaan. Paine-erot tulee määrittää myös tehostusjaksojen aikana. Jos paine-ero vaipan yli kasvaa suuremmaksi kuin 15 Pa, tulee tieto tuoda tilaaajan edustajan tietoon.

Suurten paine-erojen tai olosuhdehaittojen ilmetessä suositellaan ongelmat ratkaistavaksi yhdessä iv- ja rakenneasiantuntijan kanssa.

3.5.2 koneellinen tulo ja poisto

Opetus, liike- ja toimistorakennukset, jotka on varustettu koneellisella tulo ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä on lähtökohtaisesti mahdollista suunnitella tasapainoon ilmavirtojen osalta. Paine-erojen hallinnan osalta joudutaan käyttöönottovaiheessa määrittämään asetusarvot, joilla ilmavirtojen ohjaus toteutetaan. Uusien rakennusten talotekniikkajärjestelmät ovat pääsääntöisesti kytketty keskitetysti rakennusautomaatioon. Vanhemmissa rakennuksissa järjestelmät ovat ajastuskytkinten ja käsikäytön ohjaamia.

3.5.2.1 Vakioilmavirtajärjestelmä

Vakioilmavirta- eli CAV(Constant Air Volume System)- järjestelmä on perusjärjestelmä, jota käytetään rakennuksissa, joissa ei ole muuttuvaa kuormitusta käyttäjien tai olosuhteiden osalta. Vakioilmavirtajärjestelmää voidaan käyttää tyypillisesti kohteissa, joiden kuormitus voidaan olettaa tasaiseksi tai on tunnettu.

Vakioilmavirtajärjestelmän paine-erot on mitattava ja säädettävä toimimaan kaikilla toimintatasoilla.

3.5.2.2 Muuttuvailmavirtajärjestelmä

Tarpeenmukaisen eli muuttuvailmavirtajärjestelmän (VAV-järjestelmä, Variable Air Volume System) palvelualue tai huonetilan tulo- ja poistoilmavirtoja voidaan muuttaa tarpeen mukaisesti esim. käyttäjämäärien tai olosuhteiden muutosten mukaisesti.

Muuttuvailmavirtajärjestelmän säätäminen ei ole mahdollista kaikki eri variaatiot huomioon ottaen, joten lähtötilanteen asetusarvot ja säätöparametrit pitää valita siten, että ohjauksen mukaan muuttuvat ilmavirrat vaikuttavat mahdollisimman vähän rakennuksen paine-eroihin.

Näin voidaan varmistaa, että hallitsemattomat ilmavirtaukset rakenteiden läpi ja rakenteisiin jääneiden vuotoreittien kautta olisivat mahdollisimman pieniä ja siirtoilma liikkuu suunnitellulla tavalla rakennuksessa suunniteltujen siirtoilmareittien kautta.

3.5.3 Siirtoilma

Opetus, liike- ja toimistorakennusten ilmavirrat ovat yleensä suuria, jolloin tulo- ja poistoilmavirtojen välinen epätasapaino korostuu hallitsemattomina ilmavirtoina tai tiiviissä rakennuksissa indikaattorina toimii kasvaneet yli tai alipaineet tilojen välillä ja rakennuksen vaipan yli.

Rakennuksen sisäiset siirtoilmareitit ja niiden toiminta tulee varmistaa ilmanvaihdon suunnittelijan kanssa.

Varsinkin muuttuvailmavirtaisten järjestelmien varustettujen rakennusten siirtoilmareittien toiminta ja rakennuksen jakautuminen palvelualueisiin tai vyöhykkeisiin tulee selvittää ennen säätötyön aloittamista.

4 Paine-erojen tavoitetasot

Paine-erojen tavoitetasojen suosituksen on määritetty mitattavaksi 1 m korkeudelta kyseisestä kerroksesta, johon paine-tasoa ollaan tavoittelemassa.

Seuraavat suositukset on tarkoitettu ensisijaisesti koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdolla varustettujen rakennusten säätötyön avuksi.

Painovoimaisen ilmanvaihdon osalta tulee seurata järjestelmän suunnittelijan ohjeita.

Korkeiden rakennusten osalta vaaditaan erillinen oma tarkastelu.

4.1 Asuinrakennukset

Asuinrakennuksiin suositeltavat paine-erot on valittu siten, että asuinrakennukseen jäisi mahdollisuuksien mukaan vähäinen alipaine. Normaalisissa käyttötilanteissa päästään säätämällä välille 0...-5 ja 0...-10 Pa. Tehostustilanteet täytyy tarkastella erikseen ja varmistaa, että korvausilmareitit myös tehostuksen ajalle ovat toimivia.

Taulukko 1. Asuintalojen paine-erojen tavoitetasot koneellisella tulo-poisto ilmanvaihtojärjestelmällä varustetussa asuinrakennuksessa

| Rakennuksen tyyppi | Normaali käyttötilanne | Maksimi-arvo | Lisätieto |
|--------------------|------------------------|------------------------|---|
| Asuinpienitalo | 0...-5 Pa | +2...-15 Pa (tehostus) | Pieni mitoitusilmavirta suhteessa ulkovaipan alaan |
| Asuinkerrostalo | 0...-10 Pa | 0...-15 Pa (tehostus) | Pienissä huoneistoissa suuri mitoitusilmavirta suhteessa ulkovaipan pinta-alaan |

4.1.1 Ilmanvaihdon tehostusvaihtoehtojen huomioiminen

Rakennuksen paine-erojen tulisi pysyä suositelluissa painetasoissa myös ilmanvaihdon tehostustilanteen aikana.

Jos suunnittelu- ja toteutusratkaisussa ei ole otettu huomioon tehostuksen vaatimaa korvausilmaa, niin säätötyövaiheessa voidaan vain todeta korvausilman puute ja suosittaa korjaavien toimenpiteiden selvittäminen suunnittelijan kanssa.

4.2 Opetus, liike- ja toimistorakennukset ja muut rakennukset

Opetus, liike- ja toimistorakennuksiin sekä muihin rakennuksiin suositellaan taulukon 2 mukaisia paine-eroja rakennuksen vaipan ja tilojen välille. Normaalin käyttötilanteen rajat ovat +5...-5 Pa, joka voidaan saavuttaa, kun säätötyön yhteydessä käytetään paine-ero mittausta. Maksimi -arvo suosituksen tavoitetasojen ylittyessä tulisi selvittää ylityksiin johtavat syyt.

Taulukko 2. Toimisto- liike- ja opetusrakennusten sekä vaativien kohteiden paine-erojen tavoitetasot

| Rakennuksen tyyppi | Normaali käyttötilanne | Maksimi-arvo | Lisätieto |
|---|------------------------|-------------------------------|--|
| Toimisto-, liike- tai opetusrakennus | +5...-5 Pa | +5...-10 Pa | Ei erillispoistoja, mitoitusilmavirta noin 2 l/(s·m ²) vähäinen kosteuslisä |
| Paine-erojen hallinnan kannalta vaativa kohde | +5...-15 Pa | Määritetään tapauskohtaisesti | Muuttuvailmavirtaiset ja siirtoilman käyttöön perustuvat järjestelmät, suuret mitoitusilmavirrat, yli 25 m korkea rakennus |

4.2.1 Palvelualueet

Palvelualueiden väliset paine-erot tulisi myös pysyä käyttötilanteelle suositeltujen paine-erotasojen sisällä.

4.2.2 Ilmanvaihdon tehostusvaihtoehtojen huomioiminen

Ilmanvaihdon tehostusten aikana paine-erojen tulisi pysyä suositelluissa vaihteluväleissä.

4.3 Erilaiset paine-erot rakennuksissa

Rakennuksen paine-erot rakennuksen vaipan yli suositellaan mittaamaan ennen rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus ja säätötyöhön ryhtymistä. Mittausta suositellaan, jotta voidaan selvittää rakennuksen ominaisuudet paine-erojen hallittavuuden osalta. Säätötyön onnistumisen ja tavoitteiden asettamisen edellytyksenä on tuntea rakennuksen ominaisuudet ja vallitsevien paine-erojen pysyvyys.

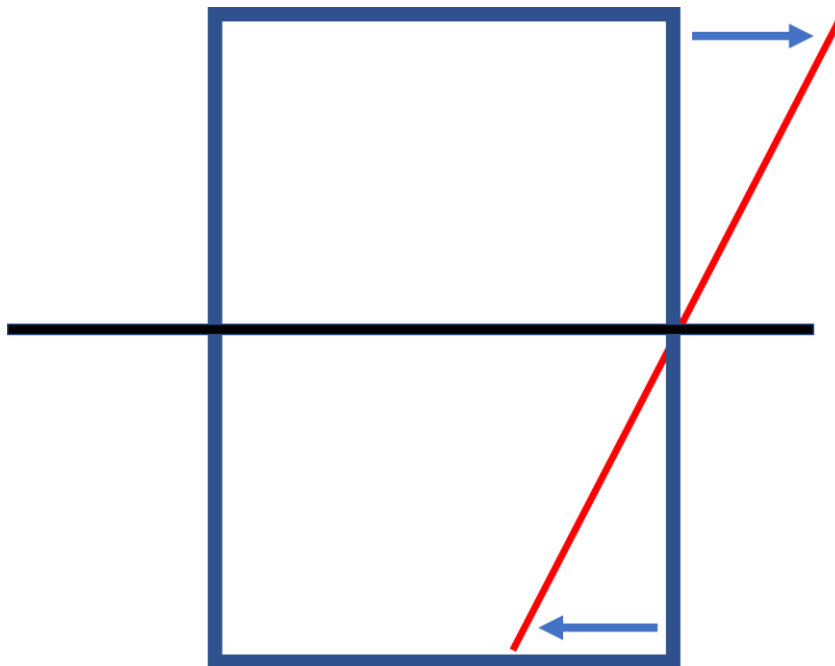
4.3.1 Neutraaliakselin määrittäminen

Ennen säätötyön aloittamista tulee mittaamalla määrittää rakennuksen paine-eron neutraaliakseli. Neutraaliakselilla tarkoitetaan sitä kohtaa rakennuksessa, jossa paine-ero rakennuksen pystysuoralla pinnalla on 0 Pa. Neutraaliakselin alapuolella rakennus on alipaineinen ja yläpuolella ylipaineinen rakennuksen paine-eron mittausohjeen mukaisesti suoritettulla mittauksella. Jos rakennuksen paine-eroihin vaipan yli vaikuttaa vain rakennuksen tiiviys ja tiheyserot, niin neutraaliakseli sijaitsee noin puolessa välissä rakennuksen korkeutta. Kts. kuva 3.

Neutraaliakselin määrittämiseksi paine-ero tulisi mitata vähintään kahdelta eri korkeudelta.

4.3.2 Ilmanvaihdon vaikutus neutraaliakseliin

Ilmanvaihtojärjestelmän vaikutus neutraaliakseliin voidaan määrittää mittaamalla rakennuksen paine-ero sekä ilmanvaihto järjestelmän ollessa päällä ja vertaamalla sitä tilanteeseen, kun ilmanvaihto on sammutettu.



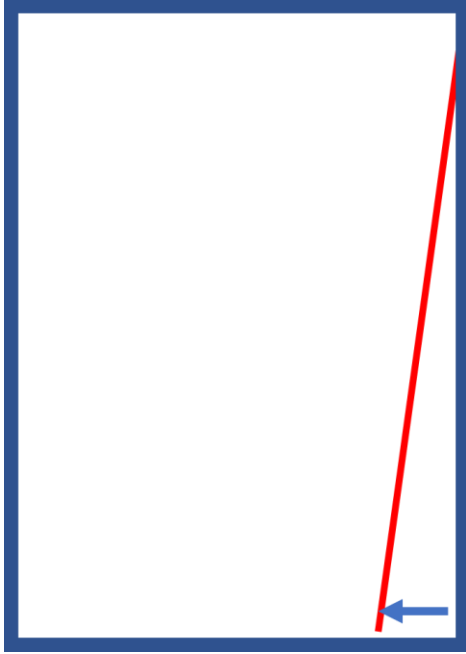
Kuva 3. Rakennuksen neutraaliakseli, kun rakennuksen paine-eroihin vaikuttavat vain rakennuksen tiiviys ja ilman tiheyserot.

4.3.3 Paine-erot ilman tiheyserojen seurauksena

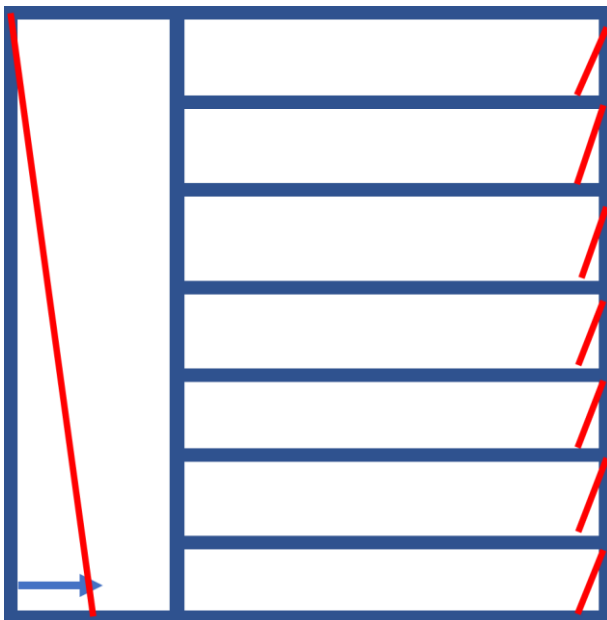
Ilman tiheyserojen sekä sisä- ja ulkoilman välisen lämpötilaeron aiheuttama paine-ero voidaan mitata, kun koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä ei ole päällä. Korvaus- ja vuotoilmareitit rakennuksen vaipparakenteen läpi ja rakennuksen sisällä vaikuttavat mittaustulokseen.

4.3.4 Paine-erot ilmanvaihdon toiminnan seurauksena

Säätötavoitteet asuinrakennuksille on esitetty kuvassa 4 ja 5.



Kuva 4. Pien- ja omakotitalon paine-ero suositus.
Rakennuksen paine-ero vaipan yli välillä 0...-10 Pa neutraaliakselilla.



Kuva 5. Kerrostalo ja toimistorakennuksen paine-ero suositus.
Rakennuksen paine-ero vaipan yli välillä 0...-10 Pa neutraaliakselilla.

4.4 Paine-erojen pysyvyys

Rakennuksen paine-erojen pysyvyys määritetään mittaamalla joko erillisellä tai kiinteästi asennetulla mittalaitteistolla. Mittaus voidaan suorittaa 2 viikon jaksossa eri sääkausina tai jatkuvalla mittauksella.

Mittaus suositetaan suorittamaan lämmityskauden (Tu alle 15 astetta) sekä jäähdytyskauden (tässä Tu yli 21 astetta). Välikausi on tässä määritetty +5 - + 15 astetta.

Paine-erot muuttuvat

- ilman lämpötilan ja tiheyden muuttuessa
- tuulen vaikutuksesta
- ilmanvaihtojärjestelmän toiminnan vaikutuksesta

Rakenteen tiiviys vaikuttaa rakennuksen paine-erot ja rakenteen yli syntyvään paine-eroon. Jos ilma pääsee liikkumaan rakenteen läpi tai rakenteessa on epätiivyyksiä tai vuotoreittejä, niin paine-eroa rakenteen yli ei ole tai se on hyvin pieni.

Tässä tapauksessa tiiviillä rakenteella tarkoitetaan rakennetta, jonka q_{50} arvo on alle 2.

Rakennuksen paine-erojen hallinnassa tulee ottaa huomioon myös kausivaihtelut.

4.4.1 Lämmityskausi

Lämmityskaudella tehtävässä säätötyössä on otettava huomioon ilman tiheyden aiheuttamat paine-erot rakennuksessa. Säätötyö tehdään lähtökohtaisesti vain ilmanvaihdon aiheuttamien paine-erojen säätämiseksi.

Suunnittelija esittää suositellun tavoitealueen rakennuksen paine-eroille tai mahdollinen tavoitealue määritetään rakennuksen paine-ero mittauksella ennen säätötyön aloittamista.

4.4.2 Jäähdytyskausi

Jäähdytyskaudella, jolloin ulkolämpötila on korkeampi kuin sisälämpötila, säätötyössä otetaan huomioon rakennuksen lämpötilojen hallinta.

Paine-erot tulee huomioida myös kosteudenhallinnan kannalta.

Suunnittelija esittää suositellun tavoitealueen rakennuksen paine-eroille tai mahdollinen tavoitealue määritetään rakennuksen paine-ero mittauksella ennen säätötyön aloittamista.

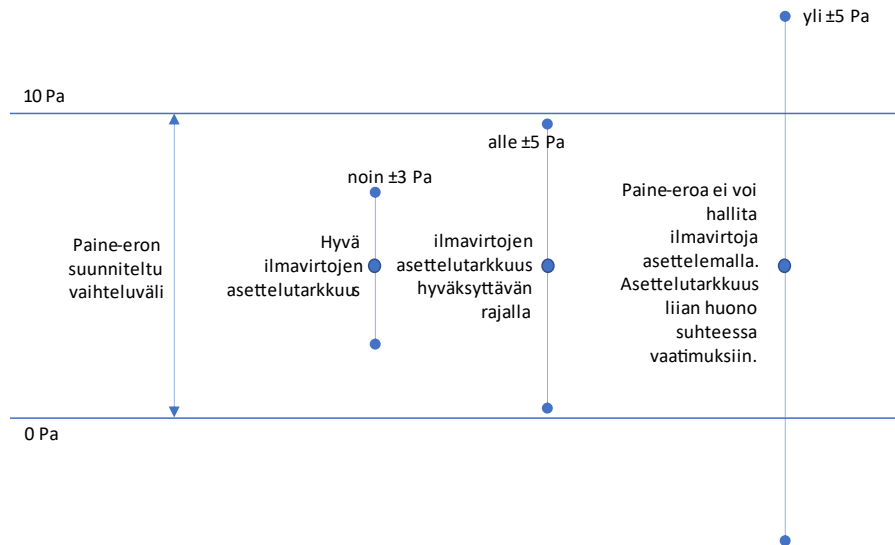
4.4.3 Välikausi

Välikaudella lämpötilaerot sisä- ja ulkolämpötilan välillä saattavat vaihdella säätöjakson aikana. Vaihtelut tulee huomioida säätötyössä.

Suunnittelija esittää suositellun tavoitealueen rakennuksen paine-eroille tai mahdollinen tavoitealue määritetään rakennuksen paine-eron mittauksella ennen säätötyön aloittamista.

4.5 Säädettävyydestarkastelu

Jos mittausmenetelmän virhetarkastelu osoittaa, että säätötyössä mahdollinen mittausvirhe on suurempi kuin tavoiteltu paine-eroväli (taulukot 1 ja 2), ei kyseinen järjestelmä ole aseteltavissa tavoitellulle paine-ero välille hallitusti. Virhetarkastelun tekee järjestelmän suunnittelija, joka varmistaa, että järjestelmän säätöarvot on mahdollista asettaa siten, että järjestelmää voidaan säätää hallitusti.



Kuva 6. Esimerkki: Säätöarvojen virhetarkastelun asettelutarkkuudelle tekee järjestelmän suunnittelija.

5 Lähdeluettelo

1. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdesta 1009/2017. Asetuksen voimaantulopäivä 1.1.2018. Ympäristöministeriö 2017.
2. Rakennusten paine-erojen mittausohje, loppuraportti 11.10. 2019, kommenttiversio, <https://ym.fi/rakentamismaaraykset> (17.1.2021)
3. Ilmavirtojen mittaus ja tasapainotus. Sami Mäkinen, Antti Alanko, Jan Lindholm, Janne Määttä, Jussi Luoma, Jouni Näppi, Janne Penttilä. Taitotalo 5.12.2023. Ladattavissa verkko-osoitteesta <https://talotekniikkainfo.fi/esimerkit/ilmavirtojen-mittaus-ja-tasapainotus>