



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Arttu Reilimo

Ilmanvaihdon tehostuksen toteutus asuinkerrostalossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

8.5.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Arttu Reilimo Ilmanvaihdon tehostuksen toteutus asuinkerrostalossa 33 sivua + 3 liitettä 8.5.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	Yliopettaja Aki Valkeanpää Toimitusjohtaja Aki Kurronen
<p>Tässä Insinööriyössä oli tavoitteena tutkia erilaisia vaihtoehtoja ilmanvaihdon tehostuksen toteutukselle asuinkerrostalossa. Uuden sisäilma-asetuksen 1009/2017 pykälän §10 mukaan ilmavirtoja on voitava tehostaa 30 % normaalikäyttöajan ilmavirasta. Tämän asetuksen myötä tuli tarve kehittää uusia menetelmiä ilmanvaihdon tehostukselle asuinkerrostalossa. Tavoitteena oli myös löytää mahdollinen toteutustapa moottoripeltitehostukselle asuinkerrostalossa. Optimaalista toteutustapaa järjestelmälle pyrittiin löytämään jo kirjoitetun aineiston avulla sekä mittaamalla eri tehostustilanteita insinööriyötä varten rakennusta tuloilmakanavistosta.</p> <p>Insinööriyössä käsitellään aluksi yleisellä tasolla asuinkerrostalon ilmanvaihdon eri toteutustapoja ja tehostus menetelmiä. Tämän jälkeen tutkittiin mahdollisia toteutustapoja moottoripeltitehostukselle. Lopuksi vertailtiin erilaisia ilmanvaihdon tehostusmenetelmiä ja avattiin tehostusmenetelmien eri toteutuskeinoja.</p> <p>Insinööriyössä saatiin selville moottoripeltitehostuksen eri suunnittelunäkökohdat sekä pystyttiin vertailemaan ilmanvaihdon tehostuksen eri menetelmien hyötyjä ja ongelmia.</p>	
Avainsanat	ilmanvaihdon tehostus, moottoripeltitehostus, IMS

Author Title	Arttu Reilimo Ventilation Boost in Apartment Building
Number of Pages Date	33 pages + 3 appendices 8 May 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC-planning
Instructors	Aki Valkeanpää, Senior Lecturer Aki Kurronen, CEO
<p>The purpose of this final year project was to find out various methods to boost ventilation in an apartment house and develop a method to plan and execute supply air boost with motorized damper.</p> <p>Optimal methods for the supply air boost were studied by measuring variable airflows in a ventilation ductwork that was specifically built for the project, and by studying field-related literature. Information was gathered about different ventilation systems and ways to boost the ventilation in an apartment house before the project-specific ductwork was used to measure supply air boosts with a motorized damper.</p> <p>The results of the project showed that it is possible to boost the supply air with a motorized damper system. The final year project can act as a guide about various ways to plan a variable air volume ventilation system for an apartment house.</p>	
Keywords	ventilation boost, variable air volume, VAV

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Asuinkerrostalon nykyiset ilmanvaihtojärjestelmät	1
2.1	Keskitetty ilmanvaihto	1
2.1.1	Erilliskanavointijärjestelmä	3
2.1.2	Yhteiskanavointijärjestelmä	4
2.2	Hajautettu ilmanvaihto	5
3	Ilmavirtojen säätö	7
3.1	Vakioilmavirta	7
3.2	Muuttuva ilmavirta	8
4	Ilmanvaihdon tehostustavat asuinkerrostalossa	8
4.1	Hajautettu ilmanvaihtokone	8
4.2	Keskitetty ilmanvaihtokone	9
4.2.1	IMS-pelti	9
4.2.2	Moottoripeltitehostus	10
5	Tehostuksen vaikutuksen mittaus	11
5.1	Järjestelmän rakentaminen	11
5.2	Mittaussuunnitelma	12
5.3	Mittausjärjestely	13
5.4	Uusintamittaus	14
5.5	Epätarkkuus ja mittausmenetelmät	14
5.6	Ensimmäinen mittaus	15
5.7	Toinen mittaus	16
5.8	Kolmas mittaus	17
5.9	Neljäs mittaus	17
5.10	Viides mittaus	18
5.11	Kuudes mittaus	19

5.12	Seitsemäs mittaus	19
5.13	Kahdeksas mittaus	20
6	Mittaustulokset	21
6.1	Ensimmäinen mittaus	21
6.2	Toinen mittaus	22
6.3	Kolmas mittaus	23
6.4	Neljäs mittaus	23
6.5	Viides mittaus	24
6.6	Kuudes mittaus	25
6.7	Seitsemäs mittaus	26
6.8	Kahdeksas mittaus	26
6.9	Mittausten yhteenveto	27
7	Tehostuksen suunnittelu asuinkerrostalossa	29
7.1	Asuntokohtainen ilmanvaihtokone	29
7.2	Keskitetty ilmanvaihtokone	29
7.3	IMS-järjestelmä	30
7.4	Moottoripeltitehostus	30
8	Yhteenveto	31
	Lähteet	33
	Liitteet	
	Liite1. ETS NORD DSK-P Tuote-esite	
	Liite2. Ympäristöministeriön asetuksen 1009/2017 §10 perustelumuiiston osa	
	Liite3. Ympäristöministeriön asetuksen 1009/2017 §10 osa	

Lyhenteet

CAV (Constant air volume system), Vakioilmavirta

DCV (Demand controlled ventilation), Tarpeenmukainen ilmanvaihto

IV Ilmanvaihto

IMS Ilmamääränsäädin

IVKH Ilmanvaihtokonehuone

LTO Lämmöntalteenotto

MP Moottoripelti

VAV (Variable air volume system), Muuttuvilmavirta

1 Johdanto

Ilmanvaihdon suunnittelun apuna toiminut rakentamismääräyskokoelma D2 (2012) kumottiin 01.01.2018, jolloin tilalle tuli suomen ympäristöministeriön asetus 1009/2017 uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Uuden ympäristöministeriön asetuksen mukaan tulo- ja poistoilmavirtoja on pystyttävä tehostamaan 30 prosenttia rakennustai asuntokohtaisesti normaalin käyttöajan ilmavirroista. [1] Erityisesti tuloilman tehostaminen vaatii uudenlaisia toteutustapoja, sillä ennen uutta asetusta asuinrakennuksissa poistoilmaa on ohjattu liesikuvulla eikä tuloilmaa ole tehostettu, vaikka alipaineisuuden kasvaessa tuloilmamäärä hieman nousee [18]. Joidenkin kaupunkien rakennusvalvonnat hyväksyvät tuloilman tehostamisen sijaan erilliset korvausilmaventtiilit rakennuksen ulkoseinällä. Näitä ratkaisuja ei kuitenkaan käsitellä tässä opinnäytetyössä. Tuloilman tehostamisella pyritään muuttamaan aiempaa tilannetta, jossa pelkästään poistoilmaa tehostettaessa asunto oli alipaineinen. Nykyisen asetuksen tarkoituksena on pitää asunnon ilmamäärät tasapainossa kaikissa tilanteissa. [2]

Tässä insinööriyössä on tarkoituksena kartoittaa eri tapoja ilmanvaihdon tehostamiselle asuinkerrostaloissa sitä, kuinka eri vaihtoehdot otetaan huomioon ilmanvaihdon suunnittelussa. Insinööriyössä keskitytään myös moottoripeltitehostuksen toimintaan tutkimalla rakennettua tuloilmakanavistoa.

2 Asuinkerrostalon nykyiset ilmanvaihtojärjestelmät

2.1 Keskitetty ilmanvaihto

Keskitetyllä ilmanvaihtojärjestelmällä tarkoitetaan tilannetta, jossa asuntojen ilmanvaihto toteutetaan yhdellä IV-konehuoneeseen sijoitetulla ilmanvaihtokoneella. Keskitetty ilmanvaihtokone voi koostua valmiista pakettikoneesta tai erikseen komponenteista koostusta palakoneesta. Keskitettynä IV-koneena on nykyään aina tulo- ja poistoilmanvaihtokone, joka sisältää vähintään LTO:n, lämmityspatterin, suodattimet, puhaltimet ja vaadittavat sulkupellit. IV-konehuone pyritään sijoittamaan aina katolle tai palveltavien ilmanvaihtoalueiden yläpuolelle, jolloin se on paloteknillisesti turvallisin ratkaisu. Raitis- ja jäteilmalaitteiden sijoitusta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon katolla sijaitsevat ilmanlaatua pilaavat lähteet, kuten jäteviemäreiden tuuletusyhteet. [3, s. 118–123; 22–23]

Keskitettyssä ilmanvaihdossa ilmanjako voidaan toteuttaa kahdella tavalla; huoneisto-kohtaisella säädöllä tai järjestelmän yhteisellä säädöllä. Kun keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä toteutetaan järjestelmän yhteisellä säädöllä, asukas ei itse pysty säätämään ilmavirtaa. Tämä järjestelmä voidaan toteuttaa yhteiskanavointijärjestelmällä.

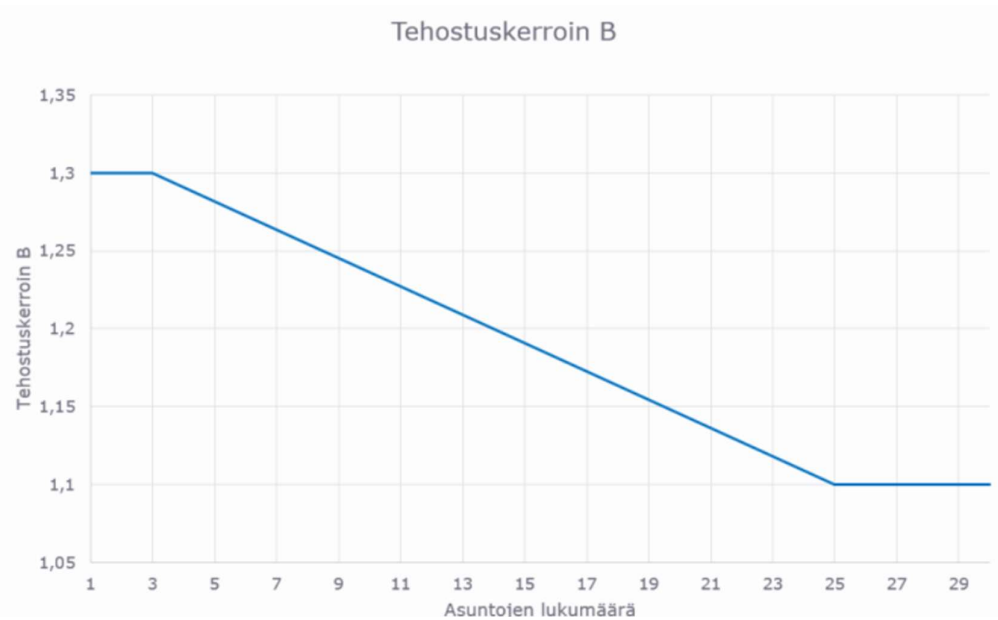
Huoneistokohtaisella säädöllä toteutettaessa ilmavirtaa ohjataan liesikuvulta, erillisellä tehostuspainikkeella tai järjestelmään lisättävillä hiilidioksidi- ja kosteuspitoisuusantureilla. Tässä toteutustavassa tulo- ja poistoilmakanaviin lisätään IMS-pellit huoneiston hormiliitännän jälkeen. Ilmanjakotapana järjestelmässä käytetään usein erilliskanavointijärjestelmää, jolloin muiden asuntojen ilmavirtojen säätö ei vaikuta toisien asuntojen ilmavirtoihin. [3, s. 123] Keskitettyä ilmanvaihtokonetta mitoittaessa ilmavirtojen säätötapa tulee ottaa myös huomioon, sillä jos ilmavirtoja on mahdollista ohjata huoneistokohtaisesti, tulee tehostamiselle laskea samanaikaisuuskerroin yhtälöllä. [2] Tehostamiskerroin on esitetty kuvassa 1.

$$V_{mit} = B \times V_{ka} \quad (1)$$

V_{mit} on ilmanvaihtojärjestelmän mitoitusvirtaama tehostustilanteessa, dm^3/s

B on tehostuskerroin kuvasta 1

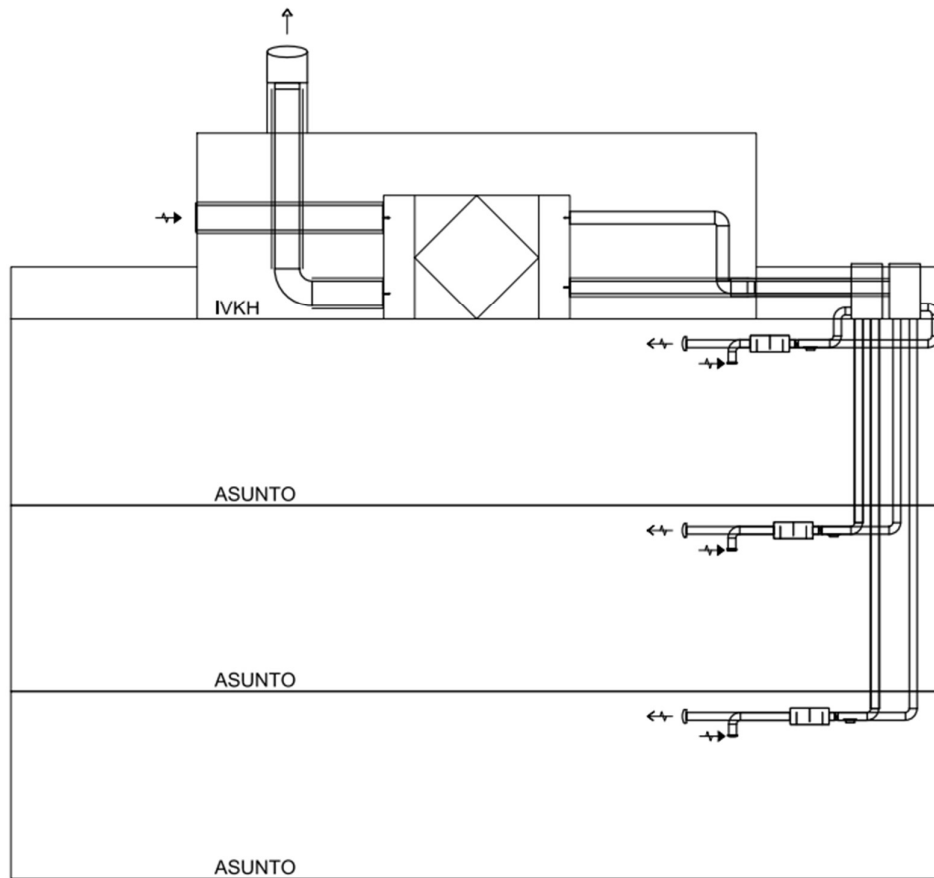
V_{ka} on käyttöajan ilmavirta, dm^3/s



Kuva 1. Tehostuskertoimen B ilmanvaihtokoneen kokonaisilmamäärän laskemisen avuksi [2].

2.1.1 Erilliskanavointijärjestelmä

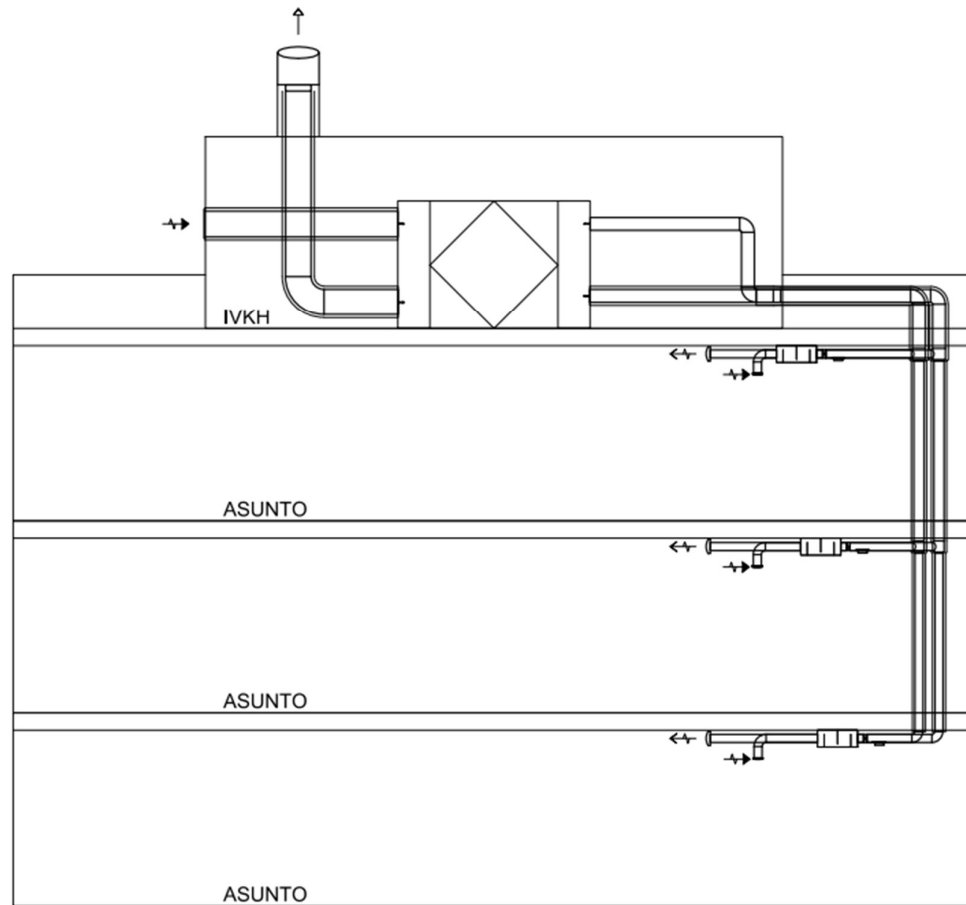
Erilliskanavoinnilla tarkoitetaan ilmanjakokanavistoa, jossa jokaisella asunnolla on omat nousukanavat. Erilliskanavoinnin hyötyjä ovat muun muassa palotekniset edut eikä erilliskanavointi ole niin herkkä muiden asuntojen ilmavirtojen muutoksiin. [3, s. 123–124] Savukaasujen rajoittamista ei tarvitse huomioida erikseen muuten kuin ylimmissä kerroksissa, sillä jokainen yli 2,5 metriä pitkä nousukanava, jonka halkaisija on enintään 10 % kanavan pituudesta, toimii savunrajoittimena [6, s. 40]. Ylimpien kerrosten savunrajoitus voidaan toteuttaa tilakohtaisilla kuristimilla. Tämä tarkoittaa, että säätöpeltien ja päätelaitteiden enimmäisilmamäärä 100 pascalin paine-erolla on $42 \text{ dm}^3/\text{s}$. Jos nämä vaateet eivät täyty, tulee myös ylimpien kerrosten asunnoissa käyttää palopeltiä [6, s. 28]. Kuvassa 2 on esitetty erilliskanavoinnin toimintaperiaate.



Kuva 2. Mallikuva erilliskanavointijärjestelmästä.

2.1.2 Yhteiskanavointijärjestelmä

Yhteiskanavointijärjestelmällä tarkoitetaan ilmanjakokanavistoa, jossa hormissa on yhteinen runkokanava, josta otetaan haarat erikseen jokaiseen asuntoon. Yhteiskanavointijärjestelmässä asuntojen välisestä savunrajoituksesta huolehditaan usein palonrajoittimella. [3, s. 24] Savunrajoituksesta voidaan kuitenkin huolehtia myös tilakohtaisilla kuristimilla, kunhan päätelaitteiden enimmäisilmamäärä 100 pascalin paine-erolla on $42 \text{ dm}^3/\text{s}$. [6, s. 28] kuvassa 3 on esitetty yhteiskanavointijärjestelmän periaate.

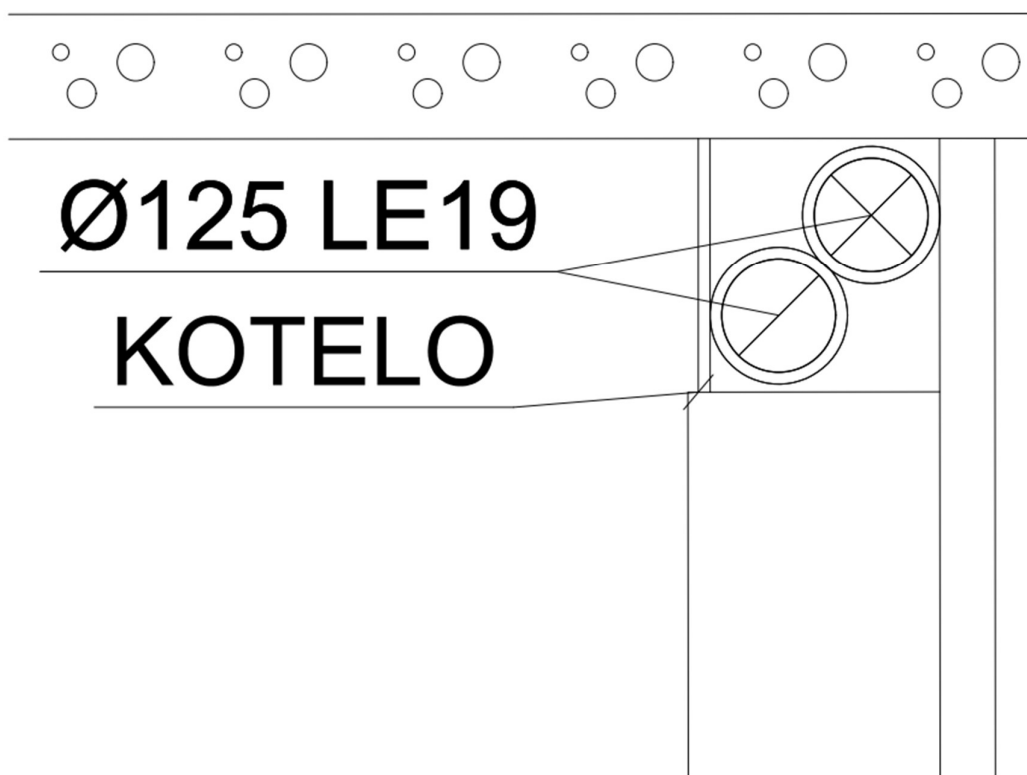


Kuva 3. Mallikuva yhteiskanavointijärjestelmästä.

2.2 Hajautettu ilmanvaihto

Hajautetussa ilmanvaihtojärjestelmässä ilmanvaihto toteutetaan asuntokohtaisilla IV-koneilla. Järjestelmää kutsutaan myös nimellä asuntokohtainen ilmanvaihtojärjestelmä. Hajautettu ilmanvaihtojärjestelmä voidaan myös toteuttaa esimerkiksi kerroskohtaisesti tai aluekohtaisesti. Asuntokohtaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä jokaisella asunnolla on oma IV-koneensa, joka pyritään sijoittamaan kylpyhuoneeseen. IV-koneen sijoittaminen kylpyhuoneeseen helpottaa ilmanvaihtokoneen kondenssiveden viemäröinnin järjestämisessä. [3, s. 125] Asuntokohtaisen IV-koneen sijoituspaikkaa suunniteltaessa on

myös huomioitava koneen huollettavuus ja puhdistettavuus. [1, s. 8] Asuntokohtainen IV-kone koostuu pääosin samoista komponenteista kuin keskitetyn järjestelmän IV-kone, mutta asuntokohtaisen IV-koneen tuloilman lämmitys tapahtuu usein sähköpatterilla vesikiertoisen patterin sijaan. Hajautetussa järjestelmässä raitisilma johdetaan usein huoneiston ulkoseinästä, mutta se voidaan myös johtaa rakennuksen katolta asuntoihin. [3 s. 125] Raitisilmakanavaa on syytä kasvattaa yhdellä tai kahdella kanavakoolla ennen seinälävistystä, jolloin ilman otsapintanopeus laskee kanavassa ja äänitaso pienenee. Esimerkiksi 125 mm:n raitisilmakanava voidaan muuttaa 160-200 mm:n kanavaksi viimeiseltä puolelta metriltä ennen seinälävistystä. Tällöin myös raitisilmasäleikkö valitaan suuremman kanavakoon mukaan. [18] Raitis- ja jäteilmakanavat tulee kondenssieristää koko matkaltaan. Eristys tulee olla vähintään solukumieristeellä 19 mm tai kondenssieristetyllä mineraalivillalla 50 mm. [18] Kuvasta 4 voidaan huomata kanavien tilantarve kotelossa.



Kuva 4. Detaljikuva jäte- ja raitisilmakanavan asennuksesta koteloon.

Järjestelmän jäteilma johdetaan joko katolle tai puhalletaan ulos asunnon julkisivusta. Jäteilmaa johdettaessa katolle yli 2,5 m pitkä kanava toimii itsessään palorajoittimena, mutta ensimmäisen 2,5 m:n kanavapätkän paloeristys tulee huomioida joko

paloeristämällä kanava tai erilaisilla hormielementeillä. [3, s. 125] Jos jäteilma puolestaan halutaan poistaa asunnon ulkoseinästä ulospuhallusilmalaitteella, tulee ottaa huomioon laitteen turvaetäisyydet esimerkiksi toisesta ulospuhallusilmalaitteesta, muiden asuntojen parvekkeista ja ikkunoista sekä ilmanlaatua pilaavista tekijöistä [2]. Kuvassa 5 on havainnekuva ulospuhalluslaitteesta.



Kuva 5. Climecon UPSI ulospuhalluslaite [19]

3 Ilmavirtojen säätö

3.1 Vakioilmavirta

CAV:llä eli vakioilmavirtajärjestelmällä tarkoitetaan ilmanvaihtoa, jossa ilmamäärät eivät muutu käytön aikana eikä niitä pystytä erikseen tilakohtaisesti säätämään muutoin kuin liesikuvun avulla tehostaessa poistoilmavirtaa. Vakioilmavirralla pyritään turvaamaan huoneilman puhtaus ja lämpötilaolosuhteet. Vakioilmavirtajärjestelmää voidaan ohjata ainoastaan järjestelmäkohtaisesti esimerkiksi ilmanvaihtokoneen puhaltimen pyörimisnopeuksia muuttamalla. [3, s. 130–132] Vakioilmavirtajärjestelmässä ilmavirtojen säätö tapahtuu säätöpeltien ja päätelaitteiden avulla. [5 s. 293]

3.2 Muuttuva ilmavirta

Muuttuvassa ilmavirran säädössä tulo- ja poistoilmavirtoja voidaan säätää huoneisto- tai vyöhykekohtaisesti. Muuttuvan ilmavirran järjestelmää kutsutaan myös VAV-järjestelmäksi tai IMS-järjestelmäksi eli ilmamääräsäätiseksi järjestelmäksi. Huoneiston ilmavirtaa voidaan säätää ilman laadun, lämpötilan tai käyttöajan perusteella. Muuttuva ilmavirta järjestelmää ohjataan yleensä ilmavirtasäätimillä tai ilmanvaihtokoneen pyörimisnopeutta muuttamalla, jos ilmanvaihtokone palvelee ainoastaan yhtä tilaa. [3, s. 133–136] Ilmavirtaa säädetään annettujen minimi- ja maksimiarvojen välillä. [8, s. 8] Käyttöasteen mukaan säätyvää ilmanvaihtoa kutsutaan DCV-järjestelmäksi, jossa ilmavirrat muuttuvat huoneen käyttötarpeen mukaisesti. Kyseisessä järjestelmässä huoneeseen sijoitetaan huoneanturi, jonka mittausdatan avulla säädetään ilmanvaihtoa huoneessa. DCV-järjestelmässä mitataan useampia asioita kuten lämpötilaa, ilman laatua, suhteellista kosteutta tai tilan käyttöastetta. [21]

4 Ilmanvaihdon tehostustavat asuinkerrostalossa

4.1 Hajautettu ilmanvaihtokone

Hajautetulla ilmanvaihtokoneella tehostaminen tapahtuu puhaltimien kierrosnopeutta kasvattamalla. Tehostusta mitoitettaessa mitoitustapa ei muutu ilmanvaihdon normaali-tilanteeseen nähden. Tehostusta mitoitettaessa tehostuksessa syntyvät äänet tulee ottaa huomioon suunnittelussa. [2]

4.2 Keskitetty ilmanvaihtokone

4.2.1 IMS-pelti

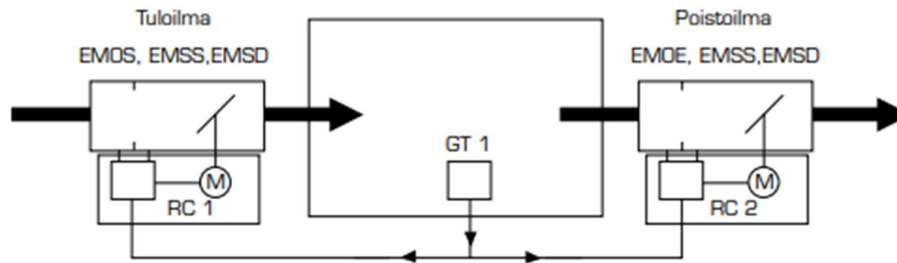
IMS-pelti mittaa ja säätelee jatkuvasti ilmamäärää ilmanvaihtoalueella tai huoneessa IMS-pellin asetettujen minimi- ja maksimiarvojen välillä. [21] IMS-järjestelmässä pyritään pitämään yllä mahdollisimman matalaa staattista painetta. Tällöin järjestelmä on mahdollisimman energiatehokas. [5 s.301] IMS-pellin mittaustavat ovat staattinen- ja ultraäänimittaus. [21] Kuva 6 on havainnekuva ultraääni-ilmanmääräsäätimestä.



Kuva 6. Lindab FTCU, ultraääni-ilmamääräsäädin [20].

Asuinkerrostalossa keskitetyssä muuttuva ilmavirta järjestelmässä asuntojen ilmanvaihdon suunnittelu ei eroa paljoa vakioilmavirtajärjestelmästä. Muuttuvailmavirtaisessa keskitetyssä ilmanvaihtojärjestelmässä asunnon säätöpellit korvataan IMS-pelleillä. Asuinkerrostalon IMS-järjestelmän ohjauksen toteutusperiaate on esitetty kuvassa 7. IMS-pellin sijoitusta suunniteltaessa tulee huomioida pellin vaatimat suojaetäisyydet. IMS-pellit suunnitellaan asunnoissa laiteparina, jolloin asuntoon tulee IMS-pelti tulo- ja poistoilmakanavaan. Järjestelmää ohjataan kolmiportaisella käsikäyttökytkimellä, jonka asetusvaihtoehdot ovat kotona, poissa ja tehostus. [10] IV-koneen on oltava

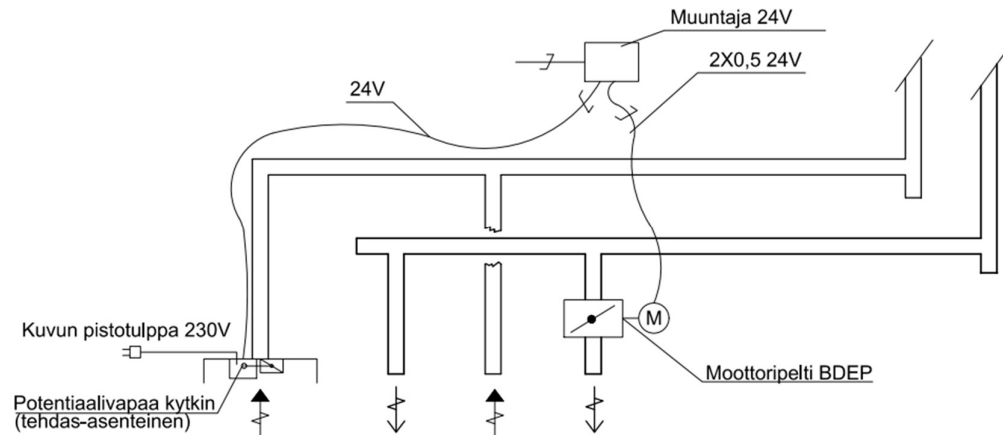
järjestelmässä vakiopainesäätin, eli kun paine kanavistossa tippuu, taajuusmuuntajaohjattu IV-kone nostaa paineen takaisin vakioarvoonsa. [5, s. 301]



Kuva 7. Kaavio asunnon IMS-järjestelmän ohjauksen toteutuksesta [8, s. 11].

4.2.2 Moottoripeltitehostus

Moottoripeltitehostuksessa poistoilmaa tehostetaan normaalisti liesikuvulta. Samanlaisesti tuloilmaa tehostetaan moottoripellin ja erillisen päätelaitteen avulla. Erillinen päätelaite on poissa käytöstä niin kauan, kuin liesikuvun läppä on kiinni. Liesikuvun läpän avautuessa saadaan kosketintieto moottoripellille, joka ohjaa pellin toimilaitteen moottoria. Moottoripellin avautuessa järjestelmän on tarkoitus tehostaa tuloilmaa 30 % halutulla ilmanvaihtoalueella normaali-ilmamäärään nähden. Liesikuvun läpän sulkeutuessa moottoripellin toimilaitteen jousi palauttaa moottoripellin kiinni. Kuvasta 8 voidaan todeta moottoripeltitehostuksen toiminta.



kuva 8. Moottoripeltitehostuksen toimintaperiaatekaavio.

5 Tehostuksen vaikutuksen mittaaminen

5.1 Järjestelmän rakentaminen

Mittauksia varten rakennettiin tuloilmakanavisto, joka jäljittelee normaalin kerrostalokaksion tuloilmakanavistoa. Rakennettu kanavisto on esitetty kuvassa 9. Kanavistossa tuloilman tehostus toteutettaisiin moottoripeltitehostuksena. Kanavisto sisältää säätöpellin, kolme tuloilmapäätelaitetta, mittarenkaan sekä tarvittavat kanavat ja osat. Päätelaitteet ovat tyyppiä ETS NORD DSK-P-125, säätöpeltinä toimii Halton PRA-125 ja mittarengas on mallia Halton MSD-200. Säätöpellin suojaetäisyydet täyttyvät, kun ennen säätöpeltiä huomioidaan 125 mm:n kanavalla vähintään 500 mm vapaata kanavaosuutta. Säätöpellin ja ensimmäisen T-haaran välissä vapaata kanavaosuutta tulee olla vähintään 375 mm kyseisellä kanavakoolla. [14] MSD-200 mittarenkaalla suojaetäisyydet täyttyvät, kun ennen mittarengasta on vapaata kanavaosuutta vähintään 400 mm ja mittarenkaan jälkeen 200 mm [15]. Tuloilman päätelaitteissa valmistaja ei ole ilmoittanut vaadittavia suojaetäisyyksiä. Erään toisen valmistajan vastaavassa tuotteessa suojaetäisyydet vaikuttavat kaikista huolimatta vain ääniteknisesti. [16] Suojaetäisyytenä tuloilman päätelaitteen ja T-haaran tai kulman välissä käytetään 500 mm vapaata kanavaosuutta. Suojaetäisyyden tulee kuitenkin olla minimissään kaksi kertaa kanavan halkaisijan verran [4].



Kuva 9. Mittauksia varten rakennettu tuloilmakanavisto.

5.2 Mittaussuunnitelma

Mittauksissa oli tarkoitus mitata rakennetun tuloilmakanaviston eri tehostusjaksoja. Puhaltimeksi käytetään koepainepuhallinta, jossa on portaaton ilmavirran säätö (kuva 10). Mittaukset suoritettiin Metropolia ammattikorkeakoulun Espoon Leppävaaran toimipisteen ilmanvaihtolaboratoriossa. Mittauksen tarkoituksena oli selvittää, kuinka ilma jakautuu päätelaitteille ja paljonko tuloilmavirtaa saadaan tehostettua tehostusjakson aikana

eri tilanteissa. Mittauksessa havainnoitiin myös, onko puhaltimen aiheuttamalla paineen huojunnalla merkitystä tehostusilmavirtaan. Huojunnalla tarkoitetaan tilannetta, jossa kanaviston paine laskee mutta puhallin ei nosta järjestelmän staattista painetta vakio-paineeseen. Huojunta todennetaan tehostusjakson aikana eikä perustilanteessa, jotta se jäljittelisi moottoripeltitehostuksen vaikutusta.

5.3 Mittausjärjestely

Ensimmäinen mittaus toteutettiin kuudessa osassa. Jokaisessa mittauksessa ilmavirrat säädettiin perustilanteessa samaan kokonaisilmamäärään, mutta erilaisilla päätelaitteiden esisäätöarvoilla ja säätöpellin asennoilla. Mittauksissa päätelaitteiden esisäätöarvot mitoitettiin 10, 30 ja 50 pascalin painehäviön mukaan ja säätöpellin esisäätöarvo mitoitettiin 20 ja 50 pascalin mukaan. Tehostusventtiili asetettiin venttiilin suurimpaan esisäätöarvoon, jolloin venttiili oli täysin auki. Puhallin säädettiin tuottamaan ilmaa järjestelmään perustilanteessa 22 l/s. Puhallin pidettiin mittauksen ajan vakio-paineessa. Kun tehostettava venttiili avattiin täysin, puhaltimen avulla kanaviston staattista painetta nostettiin samaksi kuin perustilanteessa. Kanavan vakio-paine mitattiin Halton MSD-200-mittarenkaasta. Puhaltimen huojunta saatiin aikaiseksi muuttamalla puhaltimen pyörimisnopeutta. Puhaltimen aiheuttamaa huojuntaa todennettiin mittauksissa nostamalla painetta tehostustilanteessa kymmenellä pascalilla. Muissa mittauksissa paine nostettiin vakio-paineeseen. Konkreettista moottoripeltiä jäljiteltiin mittauksissa peittämällä tehostus-venttiilin ilma-aukot.



Kuva 10. Mittauksissa käytetty koepainepuhallin.

5.4 Uusintamittaus

Mittaukset toistettiin myöhemmin, jolloin tutkittiin, onko tehostusventtiilin sijoituksella kanavistossa merkitystä. Toisella mittauksella pyrittiin myös löytämään käytännöllinen mitoitustapa järjestelmälle ja tutkimaan mitoitustavan vaikutusta.

5.5 Epätarkkuus ja mittausmenetelmät

Mittauksissa käytettiin mittausmenetelmiä, jotka on annettu standardissa SFS 5512. Mittauspisteet järjestelmässä olivat jokainen DSK-P-tuloilmapäätelaite, MSD-200 mittapelti ja PRA-125 säätöpelti. Mittalaitteena toimi Pressovac PHM-V1-venttiilinsäätömittari, jossa valmistajan ilmoittama epätarkkuus on 1,4 %. [12] Kanaviston staattinen paine-ero mitattiin MSD-200 mittarenkaasta, joka sijaitsee puhaltimen ja säätöpellin välissä. Mittarenkaan virhettä laskettaessa tulee huomioida mittarenkaan virhekerroin, joka on 0,5. [5, s. 115] Kanaviston kokonaisilmamäärä mitattiin PRA-125 säätöpellistä ja päätelaitteiden ilmamäärät mitattiin päätelaitteista mittausanturin avulla. Päätelaitteesta mitattaessa

mittausmenetelmän suhteellinen epätarkkuus on 5 % ja kiinteistä kanavistonosista 10 %. [13] Yhtälön 2 mukaan päätelaitteista mitattaessa mittauksen suhteellinen epätarkkuus on $\pm 5,2$ %, PRA-125 säätöpellistä $\pm 10,1$ % ja MSD-200 mittarenkaasta $\pm 7,2$ %.

$$m = \sqrt{(c_1 m_1^2 + c_2 m_2^2 + c_3 m_3^2 + c_n m_n^2)} \quad (2)$$

m on mittauksen suhteellinen epätarkkuus [%]

m_1 on mittauslaitteen suhteellinen epätarkkuus [%]

m_2 on mittausmenetelmän suhteellinen epätarkkuus [%]

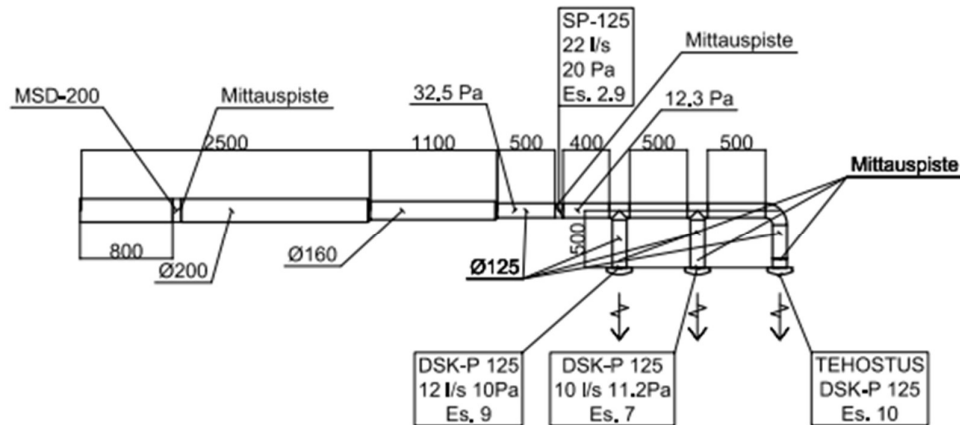
m_3 on mittarin lukemisen suhteellinen epätarkkuus [%]

m_n on joku muu mahdollinen virhe [%]

$c_{1...n}$ on mitattavan osan virhekerroin

5.6 Ensimmäinen mittaus

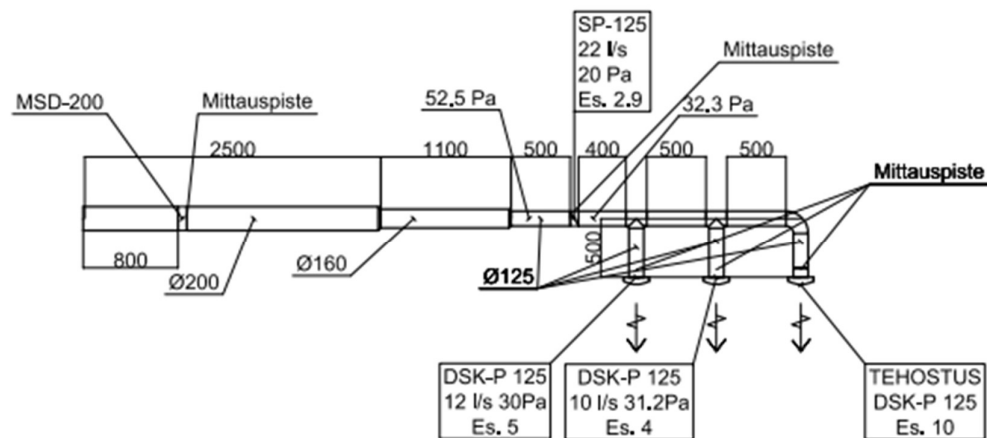
Ensimmäisessä mittauksessa säätöpellin esisäätöarvo mitoitetaan 20 pascalin painehäviötä vastaavaksi ja päätelaitteiden paine-eroksi painetta vähintään 10 pascalia. Kuvasta 11 voidaan todeta suunnitellut esisäätöarvot ja kanavien turvaetäisyydet säätöpellistä ja päätelaitteista.



Kuva 11. Mittauksen 1 mukaiset säätöarvot.

5.7 Toinen mittaus

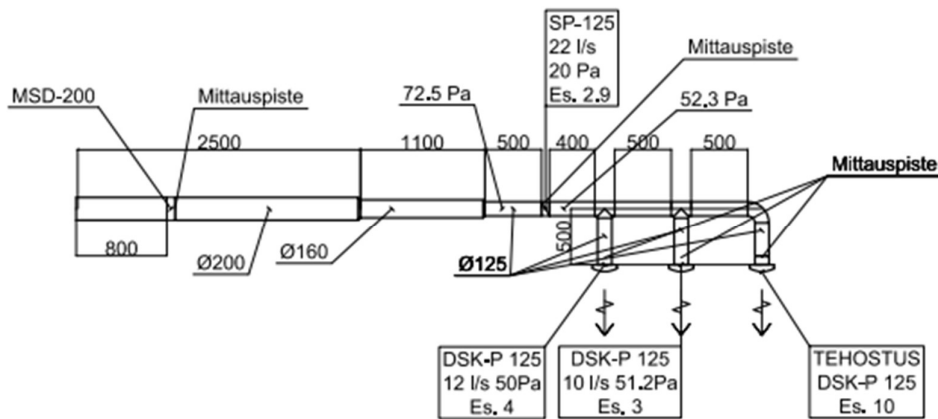
Toisessa mittauksessa säätöpellin esisäätöarvo mitoitetaan 20 pascalin painehäviötä vastaavaksi ja päätelaitteet 30 pascalin paine-erolla. Kuvasta 12 voidaan todeta suunnitellut esisäätöarvot ja kanavien turvaetäisyydet säätöpelletistä ja päätelaitteista. Toisessa mittauksessa todennetaan myös huojunnan aiheuttamaa vaikutusta kanavistoon.



Kuva 12. Mittauksen 2 mukaiset säätöarvot.

5.8 Kolmas mittaus

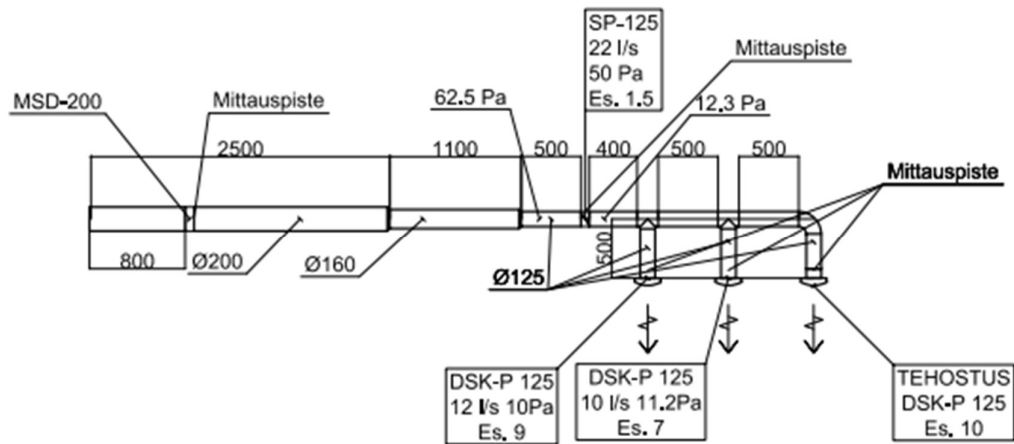
Kolmannessa mittauksessa säätöpellin esisäätoarvo mitoitetaan 20 pascalin painehäviötä vastaavaksi ja päätelaitteet 50 pascalin paine-erolla. Kuvasta 13 voidaan todeta suunnitellut esisäätoarvot ja kanavien turvaetäisyydet säätöpellistä ja päätelaitteista.



Kuva 13. Mittauksen 3 mukaiset säätöarvot.

5.9 Neljäs mittaus

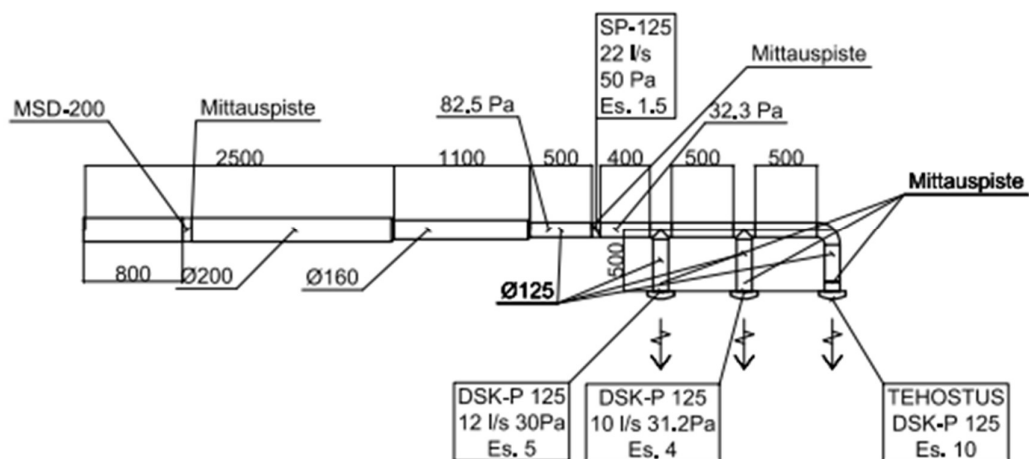
Neljännessä mittauksessa säätöpellin esisäätoarvo mitoitetaan 50 pascalin painehäviötä vastaavaksi ja päätelaitteet 10 pascalin paine-erolla. Kuvasta 14 voidaan todeta suunnitellut esisäätoarvot ja kanavien turvaetäisyydet säätöpellistä ja päätelaitteista.



Kuva 14. Mittauksen 4 mukaiset säätöarvot.

5.10 Viides mittaus

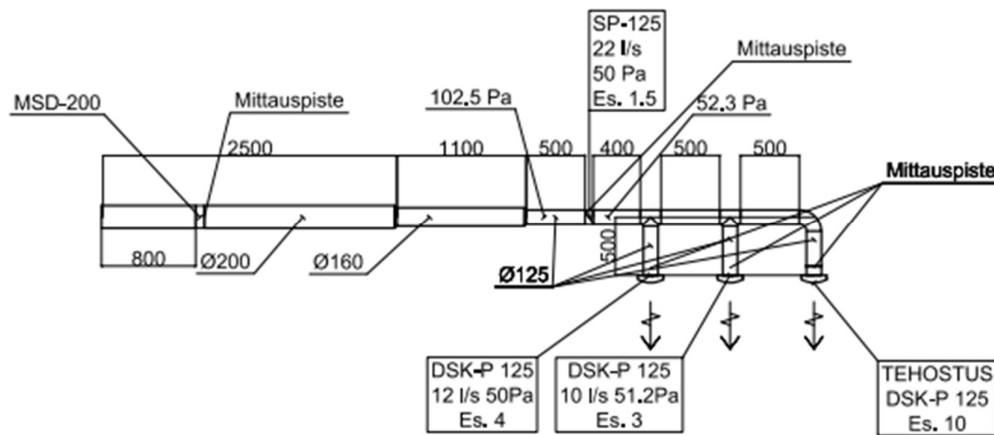
Viidennessä mittauksessa säätöpellin esisäätöarvo mitoitetaan 50 pascalin painehäviötä vastaavaksi ja päätelaitteet 30 pascalin paine-erolla. Kuvasta 15 voidaan todeta suunnitellut esisäätöarvot ja kanavien turvaetäisyydet säätöpelilleistä ja päätelaitteista. Viidennessä mittauksessa todennetaan myös huojunnan aiheuttamaa vaikutusta kanavistoon.



Kuva 15. Mittauksen 5 mukaiset säätöarvot.

5.11 Kuudes mittaus

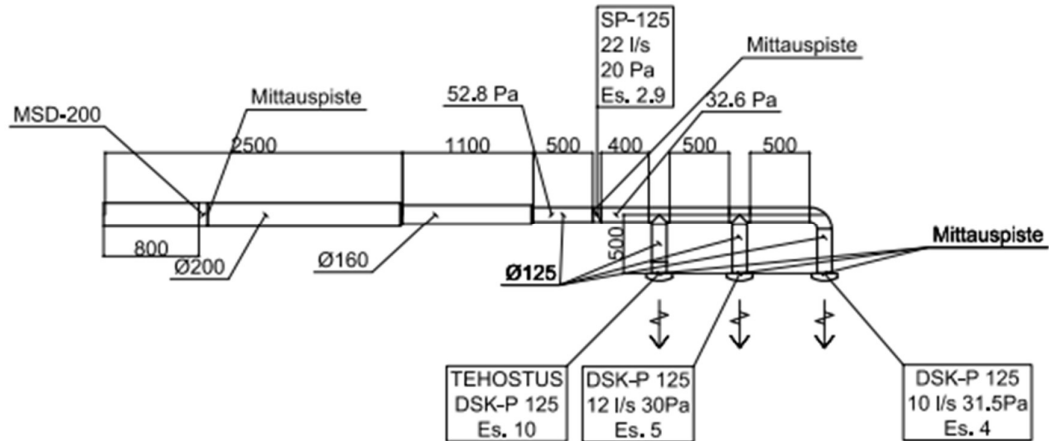
Kuudennessa mittauksessa säätöpellin esisäätöarvo mitoitetaan 50 pascalin painehäviötävastaavaksi ja päätelaitteet 50 pascalin paine-erolla. Kuvasta 16 voidaan todeta suunnitellut esisäätöarvot ja kanavien turvaetäisyydet säätöpelleistä ja päätelaitteista. Kuudennessa mittauksessa todennetaan myös huojunnan aiheuttamaa vaikutusta kanavistoon.



Kuva 16. Mittauksen 6 mukaiset säätöarvot.

5.12 Seitsemäs mittaus

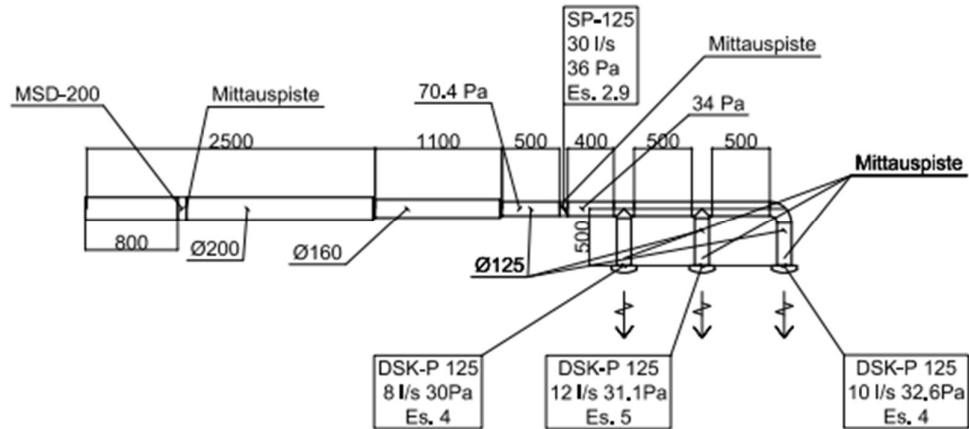
Seitsemäs mittaus toteutettiin toisella mittaukerralla. Mittauksessa tutkittiin, onko tehosventtiilin sijoituksella merkitystä järjestelmässä. Mittauksessa käytettiin mittauksen 2 säätöarvoja. Mittauksen kaksi säätöarvoa valittiin edellisten mittauksien tulosten perusteella. Mittauksessa säätöpellin esisäätöarvo mitoitettiin 20 pascalin painehäviötävastaavaksi ja päätelaitteet 30 pascalin paine-erolla. Kuvasta 17 voidaan todeta suunnitellut esisäätöarvot ja kanavien turvaetäisyydet säätöpelleistä ja päätelaitteista.



Kuva 17 Mittauksen 7 mukaiset säätöarvot.

5.13 Kahdeksas mittaus

Kahdeksas mittaus toteutettiin toisella mittaukseralla. Mittauksessa pyrittiin löytämään mahdollinen mitoitustapa järjestelmälle MagiCAD-ohjelmalla. Järjestelmä mitoitetaan ensin ilman moottoripeltitehostusta, minkä jälkeen päätelaitteiden ja sulkupeltien esisäätöarvot lukitaan moottoripeltitehostushaaraa lukuun ottamatta. Kuvasta 17 nähdään esisäätöarvot, johon kahdeksannen mittauksen säätöpellit ja päätelaitteet ovat asetettu. Tämän jälkeen järjestelmä mitoitettiin uudelleen, jolloin saatiin haluttu esisäätöarvo moottoripeltitehostushaaran päätelaitteelle. Kuvasta 18 voidaan todeta suunnitellut esisäätöarvot ja kanavien turvaetäisyydet säätöpellettä ja päätelaitteista.



Kuva 18 Mittauksen 8 mukaiset säätöarvot.

6 Mittaustulokset

6.1 Ensimmäinen mittaus

Ensimmäisessä mittauksessa kanaviston staattinen paine normaalitilanteessa oli 26 Pa ja tehostaessa myös 26 Pa. Mittauksessa järjestelmän ilmavirta tehostui 17 %. Taulukosta 1 nähdään ensimmäisen mittauksen tulokset.

Taulukko 1. Ensimmäisen mittauksen tulokset.

Mittauspöytäkirja									
Mittaus 1									
Osa	Perus-ilmamäärä	Säätöarvo	Mitattu paine-ero	Mitattu ilmamäärä	Poikkeama	Paine-ero tehostaessa	Säätöarvo	Ilmamäärä tehostaessa	Suhteellinen epätarkkuus
	l/s	Es.	Pa	l/s	%	Pa	Es.	l/s	%
Venttiili 1	12	9	10	12,4	3	4	9	7,9	5,2
Venttiili 2	10	7	11	10,4	4	6	7	7,3	5,2
Venttiili 3	-	Kiinni	-	-	-	6	10	11,8	5,2
PRA Ø125	22	3	24	21,9	0	34	3	25,7	10,1

6.2 Toinen mittaus

Toisessa mittauksessa kanaviston staattinen paine normaalitilanteessa oli 42 Pa ja tehostaessa 41 Pa. Mittauksessa järjestelmän ilmavirta tehostui 35 %. Taulukosta 2 nähdään toisen mittauksen tulokset.

Taulukko 2. Toisen mittauksen tulokset.

Mittauspöytäkirja									
Mittaus 2									
Osa	Perus-ilmamäärä	Säätöarvo	Mitattu paine-ero	Mitattu Ilmamäärä	Poikkeama	Paine-ero tehostaessa	Säätöarvo	Ilmamäärä tehostaessa	Suhteellinen epätarkkuus
	l/s	Es.	Pa	l/s	%	Pa	Es.	l/s	%
Venttiili 1	12	5	26	11,1	8	11	5	7,1	5,2
Venttiili 2	10	4	29	9,3	8	13	4	6,2	5,2
Venttiili 3	-	Kiinni	-	-	-	12	10	16,4	5,2
PRA Ø125	22	3	25	22,2	1	45	3	30	10,1

Kanaviston huojuntaa mitattaessa staattinen paine oli 27 Pa, tehostusventtiilin ollessa täysin auki ja kun puhaltimen kierrosnopeutta ei ole vielä nostettu. Painetta nostettiin kymmenen pascalia 37 pascaliin. Tällöin huomattiin, että järjestelmän tehostaessa kymmenen pascalia ilmamäärä tehostui 25 %. Taulukosta 3 nähdään huojunnan mittauksen tulokset toisessa mittauksessa.

Taulukko 3. Huojunnan mittaamisen tulokset toisessa mittauksessa.

Huojunta									
Osa	Perus-ilmamäärä	Säätöarvo	Mitattu paine-ero	Mitattu Ilmamäärä	Poikkeama	Paine-ero tehostaessa	Säätöarvo	Ilmamäärä tehostaessa	Suhteellinen epätarkkuus
	l/s	Es.	Pa	l/s	%	Pa	Es.	l/s	%
Venttiili 1	12	5	26	11,1	8	9	5	6,6	5,2
Venttiili 2	10	4	29	9,3	8	10	4	5,6	5,2
Venttiili 3	-	Kiinni	-	-	-	10	10	15,1	5,2
PRA Ø125	22	3	25	22,2	1	39	3	27,6	10,1

6.3 Kolmas mittaus

Kolmannessa mittauksessa kanaviston staattinen paine normaalitilanteessa oli 67 Pa ja tehostaessa myös 67 Pa. Mittauksessa järjestelmän ilmavirta tehostui 65 %. Taulukosta 4 nähdään kolmannen mittauksen tulokset.

Taulukko 4. Kolmannen mittauksen tulokset.

Mittauspöytäkirja									
Mittaus 3									
Osa	Perus-ilmamäärä	Säätöarvo	Mitattu paine-ero	Mitattu Ilmamäärä	Poikkeama	Paine-ero tehostaessa	K-avo	Ilmamäärä tehostaessa	Suhteellinen epätarkkuus
	l/s	Es.	Pa	l/s	%	Pa	Es.	l/s	%
Venttiili 1	12	4	49	12,1	1	21	4	7,9	5,2
Venttiili 2	10	3	53	9,5	5	24	3	6,3	5,2
Venttiili 3	-	Kiinni	-	-	-	22	10	22,1	5,2
PRA Φ125	22	3	29	23,6	7	68	3	36,3	10,1

6.4 Neljäs mittaus

Neljännessä mittauksessa kanaviston staattinen paine normaalitilanteessa oli 52 Pa ja tehostaessa myös 52 Pa. Mittauksessa järjestelmän ilmavirta tehostui 5 %. Taulukosta 5 nähdään neljännen mittauksen tulokset.

Taulukko 5. Neljännen mittauksen tulokset.

Mittauspöytäkirja									
Mittaus 4									
Osa	Perus-ilmamäärä	Säätöarvo	Mitattu paine-ero	Mitattu Ilmamäärä	Poikkeama	Paine-ero tehostaessa	Säätöarvo	Ilmamäärä tehostaessa	Suhteellinen epätarkkuus
	l/s	Es.	Pa	l/s	%	Pa	Es.	l/s	%
Venttiili 1	12	9	9	11,9	1	3	9	6,4	5,2
Venttiili 2	10	7	13	11,0	9	5	7	7,2	5,2
Venttiili 3	-	Kiinni	-	-	-	12	10	11,7	5,2
PRA Φ125	22	1.5	58	22,1	0	64	2	23,2	10,1

6.5 Viides mittaus

Viidennessä mittauksessa kanaviston staattinen paine normaalitilanteessa oli 71 Pa ja tehostaessa myös 71 Pa. Mittauksessa järjestelmän ilmavirta tehostui 18 %. Taulukosta 6 nähdään viidennen mittauksen tulokset.

Taulukko 6. Viidennen mittauksen tulokset.

Mittauspöytäkirja									
Mittaus 5									
Osa	Perus-ilmamäärä	Säätöarvo	Mitattu paine-ero	Mitattu Ilmamäärä	Poikkeama	Paine-ero tehostaessa	Säätöarvo	Ilmamäärä tehostaessa	Suhteellinen epätarkkuus
	l/s	Es.	Pa	l/s	%	Pa	Es.	l/s	%
Venttiili 1	12	5	31	12,0	0	9	5	6,6	5,2
Venttiili 2	10	4	35	10,2	2	12	4	6,1	5,2
Venttiili 3	-	-	-	-	-	12	10	16,3	5,2
PRA Ø125	22	2	57	22,0	0	80	2	25,9	10,1

Kanaviston huojuntaa mitattaessa staattinen paine oli 54 Pa tehostusventtiilin ollessa täysin auki eikä puhaltimen kierrosnopeutta ei ole vielä nostettu. Painetta nostettiin kymmenen pascalia 64 pascaliin. Tällöin huomattiin, että järjestelmän tehostaessa kymmenen pascalia ilmamäärä tehostui 13 %. Taulukosta 7 nähdään huojunnan mittauksen tulokset viidennessä mittauksessa.

Taulukko 7. Huojunnan mittaamisen tulokset viidennessä mittauksessa.

Huojunta									
Osa	Perus-ilmamäärä	Säätöarvo	Mitattu paine-ero	Mitattu Ilmamäärä	Poikkeama	Paine-ero tehostaessa	Säätöarvo	Ilmamäärä tehostaessa	Suhteellinen epätarkkuus
	l/s	Es.	Pa	l/s	%	Pa	Es.	l/s	%
Venttiili 1	12	5	31	12,0	0	9	5	6,3	5,2
Venttiili 2	10	4	35	10,2	2	11	4	5,8	5,2
Venttiili 3	-	-	-	-	-	11	10	15,6	5,2
PRA Ø125	22	2	57	22,0	0	73	2	24,8	10,1

6.6 Kuudes mittaus

Kuudennessa mittauksessa kanaviston staattinen paine normaalitilanteessa oli 91 Pa ja tehostaessa myös 91 Pa. Mittauksessa järjestelmän ilmavirta tehostui 34 %. Taulukosta 8 nähdään kuudennen mittauksen tulokset.

Taulukko 8. Kuudennen mittauksen tulokset.

Mittauspöytäkirja									
Mittaus 6									
Osa	Perus-ilmamäärä	Säätöarvo	Mitattu paine-ero	Mitattu Ilmamäärä	Poikkeama	Paine-ero tehostaessa	Säätöarvo	Ilmamäärä tehostaessa	Suhteellinen epätarkkuus
	l/s	Es.	Pa	l/s	%	Pa	Es.	l/s	%
Venttiili 1	12	4	51	12,4	3	16	4	6,9	5,2
Venttiili 2	10	3	55	9,6	4	18	3	5,5	5,2
Venttiili 3	-	-	-	-	-	17	10	19,4	5,2
PRA Φ125	22	1.5	58	22,2	1	103	2	29,4	10,1

Kanaviston huojuntaa mitattaessa staattinen paine oli 57 Pa tehostusventtiilin ollessa täysin auki eikä puhaltimen kierrosnopeutta ei ollut vielä nostettu. Painetta nostettiin kymmenen pascalia 67 pascaliin. Tällöin huomattiin, että järjestelmän tehostaessa kymmenen pascalia ilmamäärä tehostui 15 %. Taulukosta 9 nähdään huojunnan mittauksen tulokset kuudennessa mittauksessa.

Taulukko 9. Huojunnan mittauksen tulokset kuudennessa mittauksessa.

Huojunta									
Osa	Perus-ilmamäärä	Säätöarvo	Mitattu paine-ero	Mitattu Ilmamäärä	Poikkeama	Paine-ero tehostaessa	Säätöarvo	Ilmamäärä tehostaessa	Suhteellinen epätarkkuus
	l/s	Es.	Pa	l/s	%	Pa	Es.	l/s	%
Venttiili 1	12	4	51	12,4	3	11	4	5,8	5,2
Venttiili 2	10	3	55	9,7	3	14	3	4,8	5,2
Venttiili 3	-	-	-	-	-	13	10	16,6	5,2
PRA Φ125	22	1.5	58	22,2	1	75	2	25,2	10,1

6.7 Seitsemäs mittaus

Seitsemännessä mittauksessa kanaviston staattinen paine normaalitilanteessa oli 49 Pa ja tehostaessa myös 49 Pa. Mittauksessa järjestelmän ilmavirta tehostui 40 %. Taulukosta 10 nähdään seitsemännen mittauksen tulokset.

Taulukko 10. Seitsemännen mittauksen tulokset.

Mittauspöytäkirja									
Mittaus 7									
Osa	Perus-ilmamäärä	Säätöarvo	Mitattu paine-ero	Mitattu Ilmamäärä	Poikkeama	Paine-ero tehostaessa	Säätöarvo	Ilmamäärä tehostaessa	Suhteellinen epätarkkuus
	l/s	Es.	Pa	l/s	%	Pa	Es.	l/s	%
Venttiili 1	-	Kiinni	-	-	-	12	10	15,9	5,2
Venttiili 2	12	5	31	12,1	1	17	5	8,8	5,2
Venttiili 3	10	4	33	10,0	0	18	4	7,4	5,2
PRA Ø125	22	3	25	22,0	0	49	3	30,7	10,1

6.8 Kahdeksas mittaus

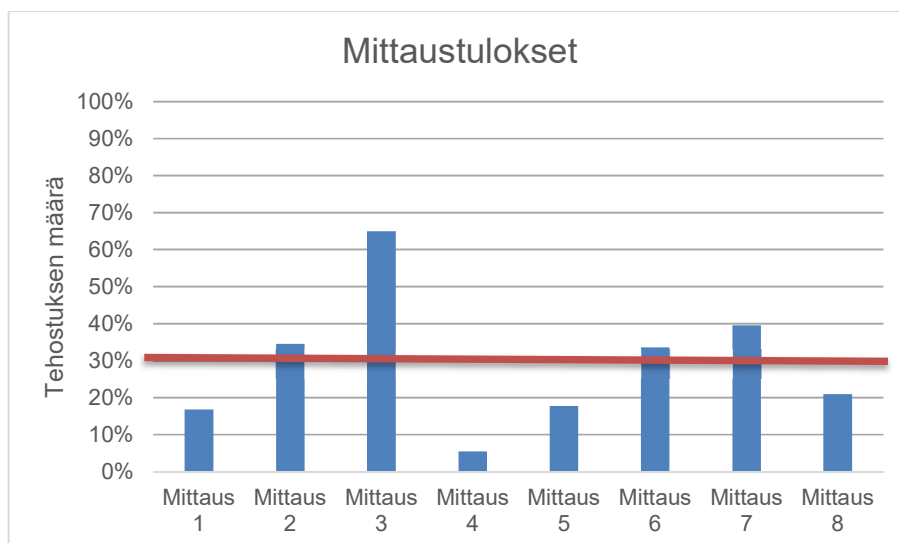
Kahdeksannessa mittauksessa kanaviston staattinen paine normaalitilanteessa oli 49 Pa ja tehostaessa myös 49 Pa. Mittauksessa järjestelmän ilmavirta tehostui 21 %. Taulukosta 11 nähdään kahdeksannen mittauksen tulokset.

Taulukko 11. Kahdeksannen mittauksen tulokset.

Mittauspöytäkirja									
Mittaus 8									
Osa	Perus- ilmamäärä	Säätöarvo	Mitattu paine-ero	Mitattu Ilmamäärä	Poikkeama	Paine-ero tehostaessa	Säätöarvo	Ilmamäärä tehostaessa	Suhteellinen epätarkkuus
	l/s	Es.	Pa	l/s	%	Pa	Es.	l/s	%
Venttiili 1	-	Kiinni	-	-	-	22	4	8,1	5,2
Venttiili 2	12	5	30	11,9	1	30	5	10,5	5,2
Venttiili 3	10	4	32	9,9	1	32	4	8,5	5,2
PRA Φ125	22	3	26	22,3	1	36	3	26,6	10,1

6.9 Mittausten yhteenveto

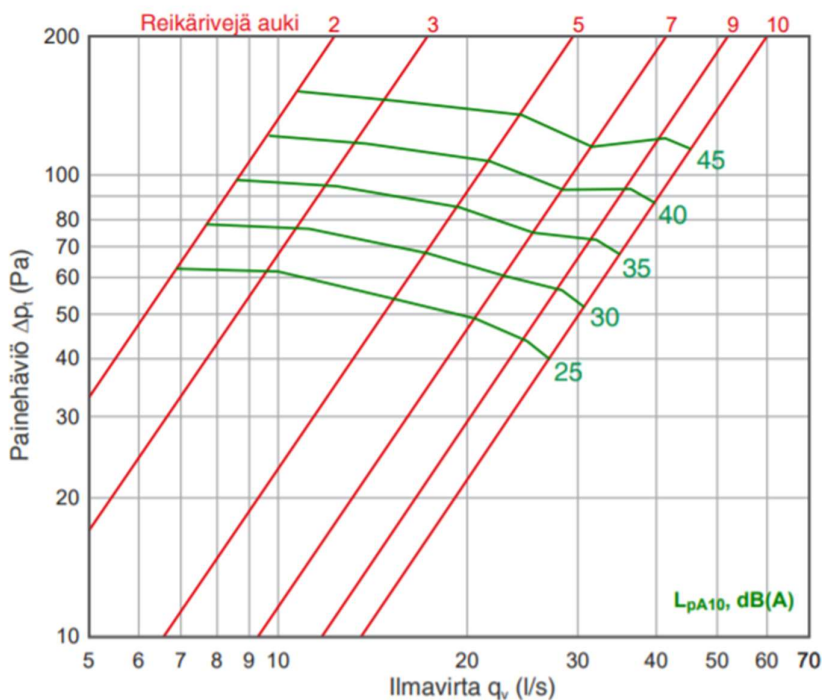
Mittauksista huomattiin, että toisessa, kolmannessa, kuudennessa ja seitsemännessä mittauksessa saavutettiin vaadittu 30 %:n ilmamäärän tehostus. Kuitenkin edellä mainituissa mittauksessa ylitettiin 30 %:n tehostusvaatimus. Muissa mittauksissa ei saavutettu haluttua 30 %:n tehostusta. Kahdeksannessa mittauksessa päästiin lähimmäksi vaadittua 30 %:n tehostusta, kuitenkin ylittämällä arvoa. Mittausten 2, 3, 6 ja 7 tuloksilla asunnosta saattaa tulla tehostustilanteessa ylipaineinen, mikä ei ole ympäristöministeriön asetuksen 1009/2017 alkuperäinen tarkoitus. [2] Normaalit asunnot eivät saa olla ylipaineisia ulkoilmaan nähden. [11, s. 19]



Kuva 19 Mittaustulosten yhteenveto. Kuvan poikkiviiva kuvaa tehostuksen tavoiterajaa.

Kanaviston ilmamäärät pysyvät vakaampina säätöpeltien ja päätelaitteiden paine-eron kasvaessa, mutta tällöin saattaa syntyä myös virtaus- ja ääniongelmia. [9] Tämä tarkoittaa, että mittauksen kolme ja kuusi päätelaitteiden 50 pascalin painehäviö saattaa aiheuttaa suuremmilla ilmavirroilla ääniongelmia. Kuitenkin kuvasta 19 voidaan huomata, että tyypillisillä kaksion ilmamäärillä päätelaitteiden äänitasot eivät ylitä vielä 50 pascalin paine-erolla. Mittauksissa huomattiin myös, että päätelaitteen sijoituksella kanavistossa on merkitystä. Mittauksessa seitsemän tuloilma tehostui 5 % enemmän kuin mittauksessa kaksi. Tulos ei ole kuitenkaan merkittävän suuri, sillä se on mittauksen suhteellisen virheen marginaalissa. Sijoituksella on kuitenkin merkitystä normaalitilanteen säädön kanssa. Muissa päätelaitteissa ilmeni suhteellisesti vähemmän häiriötä tehostustilanteessa mittauksessa 7 kuin mittauksessa 2. Tästä voidaan todeta, että kanaviston ensimmäinen haara on paras vaihtoehto tehostusventtiilille.

DSK-P 125



Kuva 20. ETS NORD DSK-P, tuloilmaventtiilin äänitiedot eri ilmamäärillä ja painehäviöillä (LIITE1).

7 Tehostuksen suunnittelu asuinkerrostalossa

7.1 Asuntokohtainen ilmanvaihtokone

Asuntokohtaisen ilmanvaihtokoneessa puhaltimille määritetään pyörimisnopeudet tai kanavapaineet eri tilanteissa. Kummallekin puhaltimelle on määriteltävä oma pyörimisnopeus tai kanavapaine. Erilaisia tilanteita voivat olla muun muassa poissa-, normaali-ilmanvaihto- ja tehostustoiminto. Ohjaus voi tapahtua joko erillisellä säätimellä, liesikuvulta tai erilaisilla antureilla kuten kosteus-, hiilidioksidi- ja lämpötila-antureilla. Antureilla ohjattaessa puhaltimien pyörimisnopeutta ohjataan anturien mittausdatan ja annettujen raja-arvojen perusteella. Asuntokohtaisessa ilmanvaihdossa ei ole tarvetta säätöpeleille, vaan järjestelmän tasapainotus tapahtuu päätelaitteilla. Tällöin suunnittelussa tulee huomioida päätelaitteille tarvittavat venttiilien auktoriteetit. Tehostustilanteen äänet tulee ottaa huomioon suunnittelussa ja äänenvaimenninta mitoitettaessa. Äänenvaimennin tulisi sijoittaa tilaan, jossa vaimentimen vaipan läpi tuleva ääni ei häiritse asumista. Tällaisia tiloja voisivat olla muun muassa kylpyhuone, tekniikkakomero tai kodinhoituhuone. [17, s. 42]

7.2 Keskitetty ilmanvaihtokone

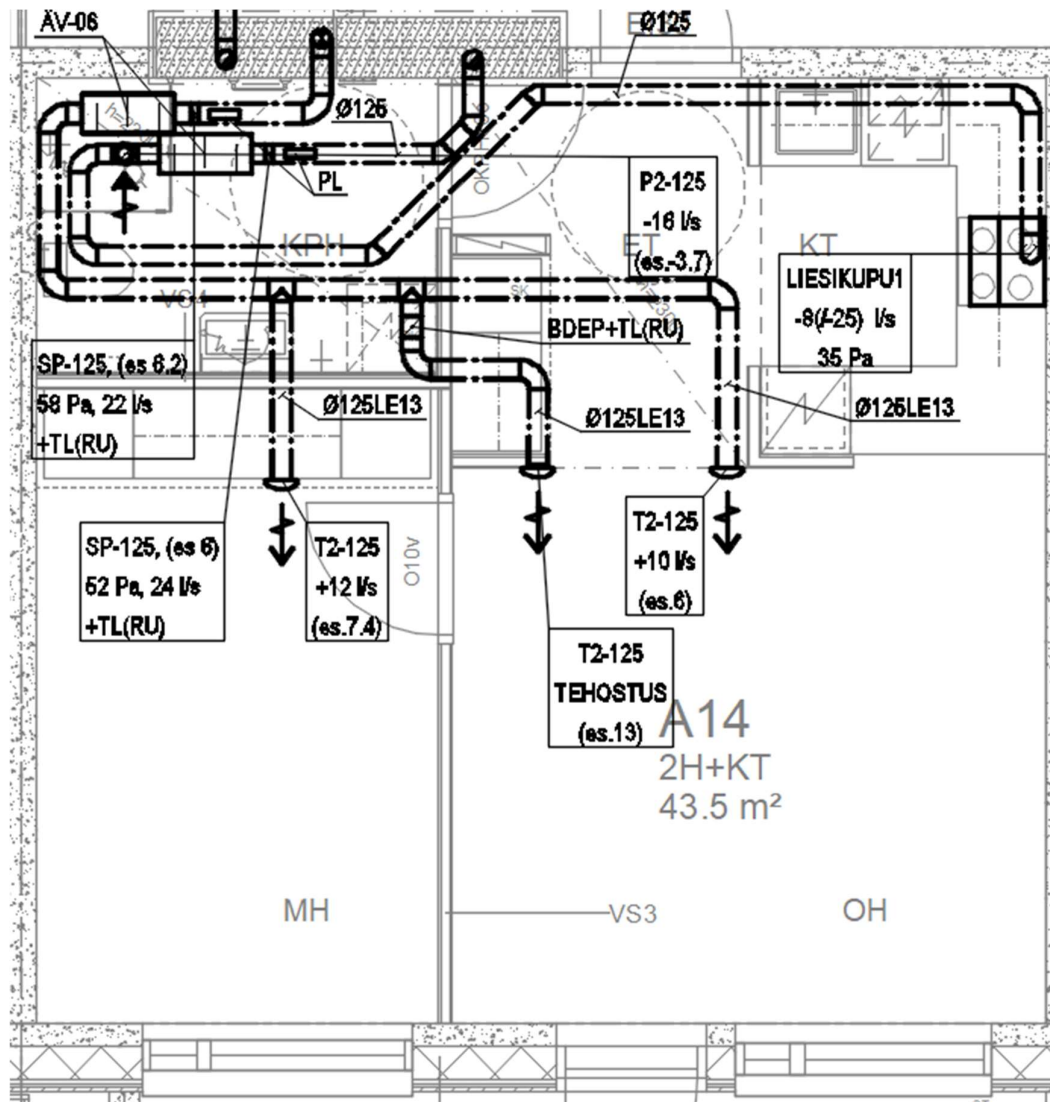
Keskitetyn ilmanvaihtokoneen tulee pitää tulo- ja poistoilmakanavan staattinen paine vakio-paineessa, muuttamalla puhaltimen kierrosnopeuksia. Kanavan staattinen paine mitataan puhaltimen jälkeen kanavapainemittauksen avulla. [5, s. 308–309] Kanavan paine pidetään vakiona painesäätimen avulla, joka ohjaa puhaltimen taajuusmuuttajaa kanavapaineen mittauksen perusteella. Taajuusmuuttajan tulee olla ilmanvaihtokoneen yhteydessä. Ilmanvaihtokoneen tulee käydä aina. Kanavapaineenmittauksesta tulee ottaa ohjelmalliset ala- ja ylärajahälytykset rakennusautomaatiojärjestelmään. [5, s. 308–309]

7.3 IMS-järjestelmä

IMS-järjestelmässä järjestelmä tulee mitoittaa alimmalla mahdollisella painehäviöllä, jolloin paine-eron ollessa pieni äänitasot pysyvät matalina. Mekaanisia säätöpeltejä on vältettävä IMS-järjestelmässä. Ilman nopeus ei saa ylittää missään tilanteessa arvoa 12 m/s tuloilma-kanavassa ja poistoilmakanavassa arvoa 7,5 m/s. Kanavisto tulee suunnitella mahdollisimman symmetrisesti. IMS-pellin jälleen tulee aina lisätä äänenvaimennin, joka mitoitetaan kanaviston suurimman ilmavirran ja paine-eron mukaan. [8]

7.4 Moottoripeltitehostus

Moottoripeltijärjestelmässä asuinkerrostalossa jokaisen asunnon säätöpelti tulee mitoittaa mahdollisimman väljäksi ja aiheuttaa enemmän paine-eroa päätelaitteilla. Järjestelmä voidaan mitoittaa esimerkiksi menetelmällä, jossa säätöpellin paine-ero on minimissään 20 pascalia ja päätelaitteiden paine-ero 30 pascalia. Moottoripelti tulee aina olla huollettavissa, joten moottoripellin läheisyyteen tulee sijoittaa puhdistusluukku ja välikattorakenteeseen tarkastusluukku. Moottoripelti tulisi sijoittaa kylpyhuoneeseen, jos se on mahdollista, jolloin moottoripellin toimilaitteesta johtuva ääni ei häiritse asumista. Tällöin myös alakattoon tulevan tarkistusluukun varaus voidaan mahdollisesti yhdistää jo kylpyhuoneessa olemassa olevaan luukkuun, esimerkiksi vesimittarien tarkistusluukkuun. Moottoripeltinä voidaan käyttää esimerkiksi ETS NORD KRTS-4-sulkupeltiä yhdessä Belimo LF24-S-toimilaitteen kanssa, tai vaihtoehtoisesti Fläktwoods BDEP-13 tai BDEP-43-moottoripeltiä. Tehostavan venttiilin tulisi olla kanaviston ensimmäisessä haarassa, jos se on vain mahdollista. Moottoripeltitehostusjärjestelmässä kanavointitapana tulisi olla erilliskanavointi, jotta asuntojen tehostustarpeet eivät vaikuttaisi muihin asuntoihin. Jos erilliskanavointia ei voida käyttää, tulee yhteiskanavointijärjestelmässä runko-kanavat mitoittaa väljiksi. [3, s. 123] Kuvassa 21 on esitetty malliratkaisu moottoripeltitehostuksesta kerrostalokaksiossa.



Kuva 21. Malli kaksiosista, jossa tuloilman tehostus on suunniteltu moottoripeltitehostuksena.

8 Yhteenveto

Insinööriyössä todetaan, että ympäristöministeriön asetuksen 1009/2017 §10 mukaiset tehostettavat ilmamäärät on mahdollista saavuttaa ainakin kolmella eri menetelmällä; IMS-järjestelmällä, moottoripeltitehostuksella tai huoneistokohtaisella ilmanvaihtokoneella. Näille kolmelle menetelmälle onnistuttiin erittelemään myös suunnittelunäkökohdat ja selvitettiin myös, kuinka tehostus on mahdollista toteuttaa jokaisessa ratkaisussa. Insinööriyössä tehtyjen mittausten perusteella tehtiin myös ohje moottoripeltitehostukselle ja selvitettiin vielä, kuinka järjestelmällä on mahdollista saavuttaa asetuksen asettamat vaatimukset. Moottoripeltitehostukselle löydettiin myös selkeä tapa suunnitella ja

toteuttaa järjestelmä. Insinööriyössä huomattiin lisäksi, että asetus ei muuta asuntokohtaisen ilmanvaihdon suunnittelua merkittävästi entisestä.

Insinööriyössä tehtyjen mittausten perusteella voidaan todeta, että moottoripeltitehostus voidaan mitoittaa kahdella eri menetelmällä. Ensimmäisessä menetelmässä järjestelmässä tehostavan haaran venttiili asetetaan venttiilin suurimmalle esisäätoarvolle täysin auki, jolloin tuloilma tehostuu tehokkaammin asunnossa. Tällöin on kuitenkin mahdollisuus, että asunto ylipaineistuu hetkellisesti, mikä tulee ottaa huomioon myös muussa suunnittelussa [11, s. 18]. Toisessa menetelmässä tehostettava venttiili mitoitetaan siten että, kanavisto tasapainotetaan ensin kokonaan ilman tehostavaa haaraa. Tämän jälkeen venttiilien säätöpeltien paineet ja esisäätoarvot tulisi lukita laskentaohjelmaan, jotta ne pysyvät muuttumattomana. Tehostava haara lisätään kanavistoon ja venttiilin ilmamäärä suunnitellaan tehostamaan asunnon ilmamäärää 30 %. Tällä mitoitusmenetelmällä asunto saattaa olla kuitenkin olla alipaineinen tehostaessa, sillä menetelmällä ei onnistuttu tehostamaan insinööriyössä tehdyissä mittauksissa haluttua 30 %. Menetelmä on myös suunnittelussa merkittävästi työläämpi. Mittauksista voidaan kuitenkin todeta että, kummassakin menetelmässä yli- ja alipaine olivat mittauksen suhteellisen virheen raja-arvon sisällä. Ympäristöministeriön 1009/2017 perustelumuiotiossa pidetään tulo- ja poistoilman välistä tasapainoa hyvänä asiana, mutta haastavana toteuttaa mittausten suhteellisten epävarmuuksien takia [11, s. 25]. Moottoripeltitehostuksessa tehostavan haaran tulisi olla kanaviston ensimmäinen haara aina kun on mahdollista, jolloin moottoripellin avautuminen ei vaikuta muiden venttiilien ilmanjakosuhteeseen ja ilmanvaihdon säätö on helpompaa [4].

Keskitettyssä ilmanvaihdossa toiseksi ilmavirtojen ohjaustavaksi todetaan IMS-järjestelmä. Tällöin jokaiseen asuntoon tulisi asentaa kaksi IMS-peltiä sekä muut tarvittavat varusteet kuten esimerkiksi käsikäyttökytkin. Tämä varustelu aiheuttaa kuitenkin kustannusten nousua eikä IMS-peltejä nähdä yleisesti toimintavarmoina [11, s. 25].

Keskitetyn ilmanvaihdon tehostusmenetelmistä voidaan todeta, että IMS-järjestelmä on yleisesti paljon tunnetumpi mutta kuten edellä on mainittu, varustelu on hintava. Kuitenkin moottoripeltitehostuksen toiminta asuinkerrostalossa kokonaisuutena on vielä melko tuntematon.

Lähteet

- 1 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017. 2017. Ympäristöministeriö
- 2 Talotekniikkainfo. Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas. Verkkoaineisto. <<https://www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas>>.
- 3 Sandberg, Esa. 2016. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät Ilmastointiteknikka Osa 1, Talotekniikka-julkaisut Oy. Toinen painos
- 4 Ilmanvaihtokanavan tasapainotussuunnittelu, LVI 32-10118. 1998. Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö ja LVI-keskusliitto
- 5 Sandberg, Esa. 2016 Ilmastointilaitoksen mitoitus Ilmastointiteknikka Osa 2. Talotekniikka-julkaisut Oy. Toinen painos
- 6 Ilmanvaihtolaitteiden paloturvallisuusopas. 2012. Suomen LVI-liitto
- 7 Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus. 2014. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa E7. Helsinki: ympäristöministeriö
- 8 Optivent suunnitteluohje. Verkkoaineisto. Fläktgroup Oy. <<http://resources.flaktwoods.com/Perfion/File.aspx?id=b6c92cc2-0145-4866-a6dc-92c486d1b640>> Luettu 23.02.2019.
- 9 Hokkanen, Ari. Kurssimateriaali, Toimitilojen LVI-tekniikka. Ilmavirtojen tasapainotus, Metropolia, Espoo. 29.08.2005
- 10 Huonesäätöyksikkö HVSU. Verkkoaineisto. Fläktgroup Oy. <<http://resources.flaktwoods.com/Perfion/File.aspx?id=c60d014d-732b-4a8b-adc7-766d42d9034d>> Luettu 23.02.2019.
- 11 Ympäristöministeriön 1009/2017 asetuksen perustelumuihistio. 2017. Ympäristöministeriö
- 12 PHM-V1 Venttiilinsäätömittari tuote-esite. Verkkoaineisto. HK Instruments Oy. <http://hkstruments.fi/wp-content/uploads/2018/03/HK_instruments_product_catalogue_FI_spreads_150dpi.pdf> Luettu 26.01.2019
- 13 SFS 5512, Ilmavirtojen painesuhteiden mittaus ilmastointilaitoksissa. 1992. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.
- 14 Halton PRA Tuotetietoesite. Verkkoaineisto. Halton Oy. <https://www.halton.com/dh/DwAQR5oqSirMT08bbMnHiyCVE6iYN-blievdUQmeQI_WUJp2h95Wk4874fWYOOv9F_6mdsfDu2efWh0ALrG2EYyxutgalObIQ9rRmdqI/Halton_PRA_-_fi.pdf>, Luettu 26.01.2019
- 15 Halton MSD Tuotetietoesite. Verkkoaineisto. Halton Oy. <https://www.halton.com/fi_FI/halton/products/-/product/MSD>, Luettu 26.01.2019

- 16 Fläktgroup STQA tuotetietoesite. Verkkoaineisto. Fläktgroup Oy <<http://resources.flaktwoods.com/Perfion/File.aspx?id=148ccd7b-1019-4253-a0af-47eeef473546>>, Luettu 26.01.2019
- 17 Enervent Suunnitteluohje Ilmanvaihdon teoriaa & käytännöntietoa. Verkkoaineisto. Enervent Zehnder Oy. <https://enervent-mediabank.soikea.com/sharepoint/getfilecontents/%252Fmediabank%252FShared%2520Documents%252FDigtator%252FMarketing%2520materials%252FPlanning%2520guide%252FFinnish%252FEnervent_Suunnitteluohje_2014.pdf?name=Enervent_Suunnitteluohje_2014.pdf>. Luettu 23.02.2019.
- 18 Kurronen, Aki. Toimitusjohtaja, Entalcon Oy, Espoo. Keskustelu 1.3.2019
- 19 Climecon UPSI tuote-esite. Verkkoaineisto. Climecon Oy. <<https://www.climecon.fi/tuotteet.php?k=616168>>. Luettu 23.02.2019
- 20 Lindab FTCU tuote-esite. Verkkoaineisto. Climecon Oy. <<http://www.lindab.com/fi/pro/products/pages/ftcu.aspx>>. Luettu 23.02.2019
- 21 Leander, Tryggve. Tarpeenmukainen ilmanvaihto. Opetusmateriaali, Swegon Oy.

ETS NORD DSK-P Tuote-esite



DSK/DSK-P Tuloilmahajotin

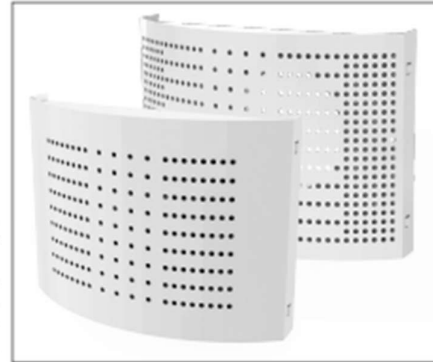
DSK on seinälle asennettava tuloilmahajotin.

Ominaisuudet:

- Hiljainen äänitaso
- Vedoton ilmanjako
- Savukaasuja rajoittava kuristin
- Helppo asennus
- Irrotettava etulevy

Soveltuu käytettäväksi asuinhuoneistoissa ja muissa pienten ilmavirtojen tiloissa, joissa ilmanjako tapahtuu seinältä.

Seinä- ja kanava-asenteisena DSK-P -hajottajat täyttävät Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E7:2004 sekä "Ympäristöministeriön asetuksen ilmanvaihdon päätelaitteiden tyyppilytyksistä (2008)" -ohjeen mukaiset savukaasujen kuristimelle asetetut vaatimukset.

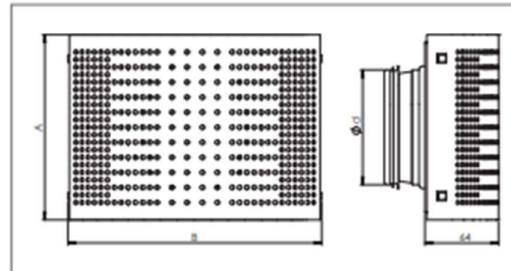


Rakenne ja mitat

DSK -hajotin muodostuu kahdesta osasta: runko-osasta ja etulevystä. Molemmat on valmistettu kuumasinkitystä teräslevystä ja maalattu valkoiseksi (RAL 9010). Kanavaliitoksessa on kuristiiviste (EPDM).

Nimellismitta Ød	B mm	A mm	Paino, kg
DSK-P 100*	217	160	0,7
DSK-P2 100*	217	160	0,7
DSK-P 125*	217	160	0,7
DSK 160	350	235	1,4
DSK 200	400	275	1,7

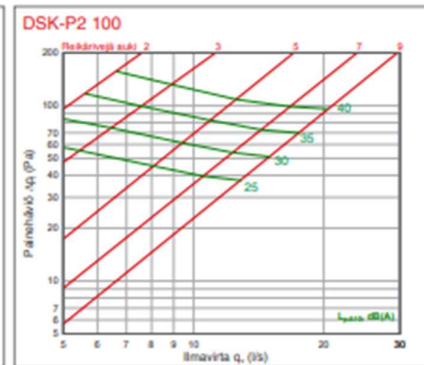
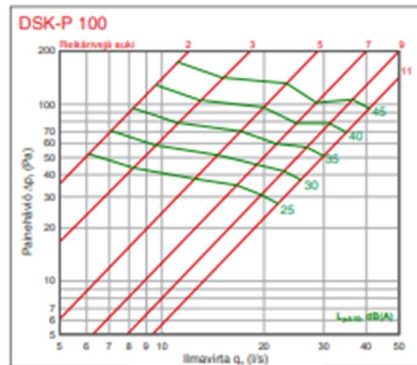
* Yksi DSK-P tai vastaavasti kaksi DSK-P2 hajotinta toimivat savunrajoittimena

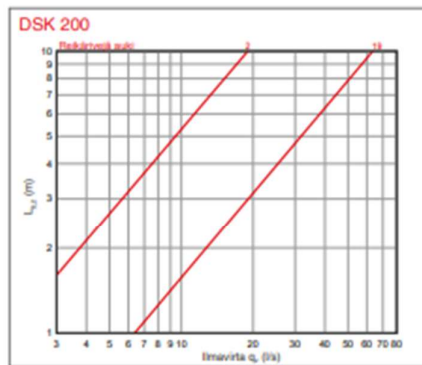
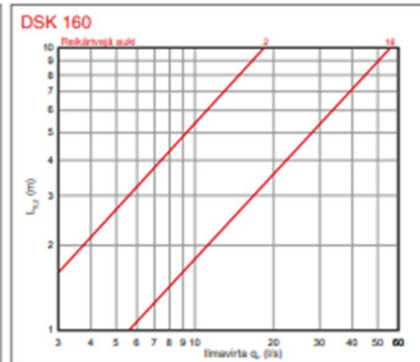
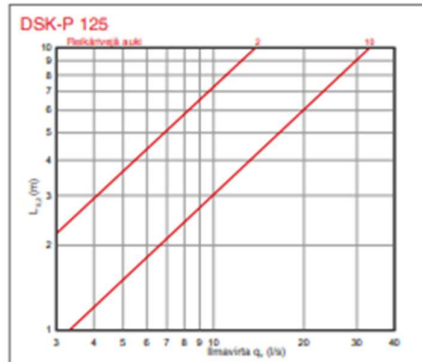


11

Tekniset tiedot

NORDdiffuser | DSK-P





Äänitiedot

DSK-P 100,

keskimääräinen oktaaviäänitehotaso: $L_{\text{mää}}=L_{\text{pää}}+K$

Säätö- asento	Oktaavikaistan korjaus K_{okt} (dB)						
	125	250	500	1k	2k	4k	8k
s11	-2	-2	0	0	-3	-15	-19
s9	0	-1	1	0	-4	-14	-18
s7	-2	-1	1	0	-3	-14	-18
s5	0	0	0	0	-2	-11	-18
s3	-2	0	0	-1	-1	-9	-17
s2	-3	-5	-5	-1	-1	-5	-14

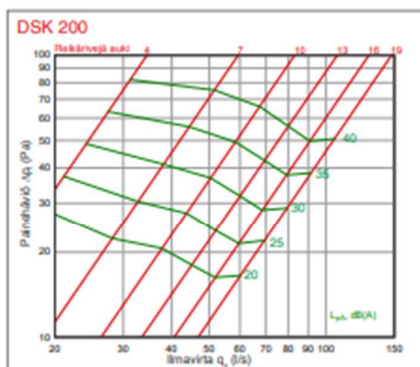
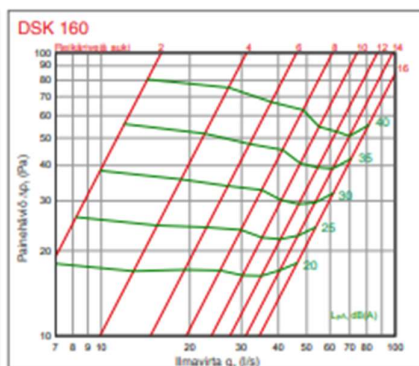
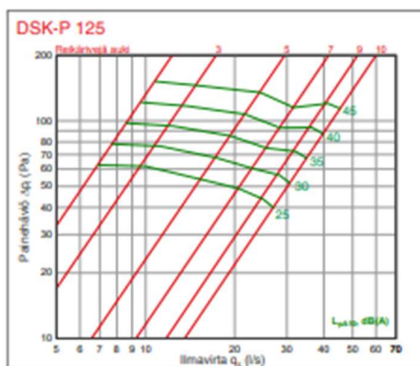
Säätö- asento	Äänenvaimennus (dB)						
	Oktaavikaistan keskitäajuuks (Hz)						
	125	250	500	1k	2k	4k	8k
s11	16,5	9,5	4,5	0,5	1,5	2	4
s7	16,5	9,5	4	1,5	3,5	4	6
s3	16,5	9	4	6,5	8	6,5	9

DSK-P2 100,

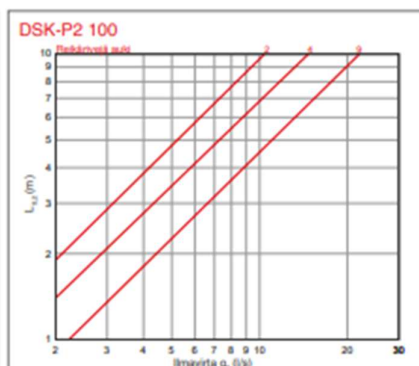
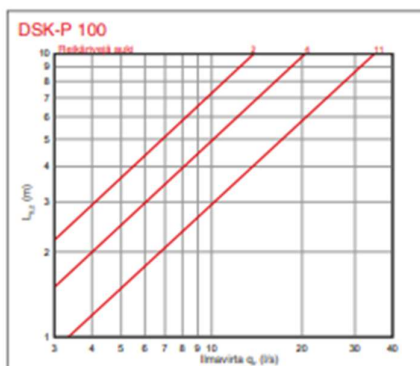
keskimääräinen oktaaviäänitehotaso: $L_{\text{mää}}=L_{\text{pää}}+K$

Säätö- asento	Oktaavikaistan korjaus K_{okt} (dB)						
	125	250	500	1k	2k	4k	8k
s9	-2	-3	0	0	-4	-14	-17
s7	-1	-1	0	0	-4	-14	-18
s5	1	0	1	1	-3	-12	-17
s3	0	-2	0	0	-1	-10	-17
s2	-4	-4	-6	-2	0	-6	-15

Säätö- asento	Äänenvaimennus (dB)						
	Oktaavikaistan keskitäajuuks (Hz)						
	125	250	500	1k	2k	4k	8k
s7	16,5	9,5	4	1,5	3,5	4	6
s3	16,5	9	4	6,5	8	6,5	9



Ilmavirran heitto pituus





Asennus

DSK-P:n runko-osa asennetaan suoraan ilmanvaihtokanavaan ja kiinnitetään ruuveilla (teräs) rakenteeseen tai pop-niiteillä ilmanvaihtokanavaan (niitit/ruuvit eivät sisälly toimitukseen). Etulevy kiinnitetään runko-osaan painamalla. Tarkista, että etulevy on tiiviisti runkoa vasten.

Ilmavirran mittaus ja säätö

Ilmavirran mittaus suoritetaan paine-eromittauksena etulevyn reiän kautta. Ilmavirran säätö suoritetaan peittämällä tarvittava määrä reikäreivejä pakkauksen mukana tulevilla tarraliuskoilla.

K-arvo

A - reikäreivejä auki

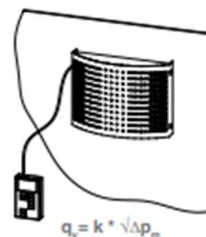
A	11	9	7	5	3	2
DSK-P 100	5,34	4,32	3,12	2,15	1,30	0,87

A	9	7	5	3	2
DSK-P2 100	2,16	1,56	1,08	0,65	0,49

A	10	9	7	5	3	2
DSK-P 125	4,68	3,95	3,08	2,16	1,30	0,89

A	16	14	12	10	8	6	4	2
DSK 160	13,58	11,59	9,85	8,13	6,54	4,76	3,17	1,59

A	19	16	13	10	7	4
DSK 200	17,47	14,95	11,72	8,92	6,09	3,47





DSK-P 125,

keskimääräinen oktaaviäänitehotaso: $L_{\text{okt}}=L_{\text{pA}}+K$

Säätö- asento	Oktaavikaistan korjaus K_{okt} (dB)						
	125	250	500	1k	2k	4k	8k
s10	-1	-2	0	-1	-2	-12	-18
s9	-2	-2	-1	-1	-1	-11	-18
s7	-1	-3	-2	-2	0	-10	-18
s5	-1	-2	-2	-2	0	-9	-17
s3	-3	-7	-5	-3	0	-7	-16
s2	-5	-8	-5	-3	0	-7	-16

Säätö- asento	Äänenvaimennus (dB)						
	125	250	500	1k	2k	4k	8k
s10	13,5	8	3,5	0	1	2	4
s7	13,5	8	4	0,5	2,5	4,5	6
s3	15	9	5	6	6,5	8	9,5

DSK 160,

keskimääräinen oktaaviäänitehotaso: $L_{\text{okt}}=L_{\text{pA}}+K$

Säätö- asento	Oktaavikaistan korjaus K_{okt} (dB)						
	125	250	500	1k	2k	4k	8k
s16	-8	-8	-6	-3	-7	-17	-27
s14	-8	-8	-6	-3	-7	-17	-26
s12	-8	-7	-6	-2	-7	-17	-26
s10	-8	-8	-5	-3	-8	-16	-24
s8	-6	-8	-6	-3	-7	-16	-23
s6	-9	-9	-6	-3	-7	-15	-23
s4	-11	-10	-8	-3	-6	-14	-22
s2	-16	-15	-9	-2	-7	-12	-21

Säätö- asento	Äänenvaimennus (dB)						
	125	250	500	1k	2k	4k	8k
s16	11,5	6	2,5	0,5	1	1,5	3
s8	12	6	3	5	3,5	4	5,5
s2	13,5	7,5	6,5	9	7	8,5	11

DSK 200,

keskimääräinen oktaaviäänitehotaso: $L_{\text{okt}}=L_{\text{pA}}+K$

Säätö- asento	Oktaavikaistan korjaus K_{okt} (dB)						
	125	250	500	1k	2k	4k	8k
s19	-6	-7	-5	-3	-8	-18	-28
s16	-6	-8	-5	-2	-8	-18	-27
s13	-6	-7	-5	-3	-7	-17	-26
s10	-5	-7	-6	-3	-6	-15	-25
s7	-5	-7	-6	-4	-6	-14	-22
s4	-9	-10	-8	-5	-5	-11	-21

Säätö- asento	Äänenvaimennus (dB)						
	125	250	500	1k	2k	4k	8k
s19	9	5,5	2	0	0,5	1	3
s10	9	6	2,5	3	2,5	3	5
s4	9	7	5,5	4,5	4,5	7	9

Tuotemerkintä

DSK-P	Ød	RAL 7000
Tuote	Halkaisija	RAL -värikkoodi

Esimerkki: DSK-P 125
DSK 160

Muut materiaalit:

H - haponkestävä teräs (standardit EVS-EN 10088-2:2005, EN 1.4436 tai AISI 316)
RAL-värikkoodi: käytetään vain värin poiketessa vakioväristä (RAL 9010, valkoinen)

Liitteen otsikko

Ympäristöministeriön asetuksen 1009/2017 §10 perustelumuioston osa

10

rempi, jos rakennuksessa on sellaisen käyttötarkoituksen tila tai tiloja, joissa syntyy runsaasti epäpuhtauksia tai muita kuormituksia. Tällaisia tiloja olisivat esimerkiksi ammattikeittiöt ja liikuntatilat. Asunnoissa, jossa on sauna, saunan ilmavirtaa ei oteta mukaan vähimmäisilmavirran laskentaan, koska saunan ilmanvaihto kohdistuu vain saunatilaan. Se ei siis paranna asunnon muiden tilojen ilmanvaihtoa.

Asuinhuoneiston osalta ulkoilmavirraksi olisi kuitenkin mitoitettava vähintään 18 dm³/s. Ilmavirtaa tyypillisesti vastaa mitoitusta keittiössä 8 dm³/s ja kylpyhuoneessa 10 dm³/s. Näiden käytöstä aiheutuva kuormitus on ilmanvaihdon mitoituksen kannalta sama asunnon koosta riippumatta.

Jos ilmanvaihtoa voidaan ohjata tarpeen mukaan, järjestelmän mitoituksessa voidaan ottaa huomioon järjestelmän palvelemien tilojen eriaikainen käyttö, jolloin järjestelmää ei tarvitse mitoitaa kaikkien tilojen yhteenlasketun mitoitustilanteen mukaan.

10 §. Ilmavirtojen ohjaus. Pykälässä annettaisiin vaatimukset ilmavirtojen ohjauksesta. Pykälän ensimmäisen momentin mukaan ilmavirtoja olisi voitava ohjata kuormituksen tai ilman laadun mukaan käyttötilannetta vastaavasti. Ilmavirtojen ohjauksen tarkoituksena olisi yhteensovittaa sisäilman hyvä laatutaso, kosteudenhallinta, viihtyisyys ja energiatehokkuus. Edellisessä pykälän vaatimukset täyttäviä suunnitellun käyttöajan ilmavirtoja ei siis olisi jatkuvasti käytettävä, vaan ilmavirtoja voitaisiin ohjata käyttötilannetta vastaavasti esimerkiksi viihtyisyyden mukaan.

Pykälän toisen momentin mukaan asuinhuoneiston ilmavirtojen ohjaus olisi suunniteltava niin, että tulo- ja poistoilmavirtoja voitaisiin ohjata joko rakennus- tai asutokohtaisesti siten, että niitä voitaisiin tehostaa vähintään 30 prosenttia suuremmaksi kuin suunnitellun käyttöajan ilmavirta. Tämä olisi sisäilmaston kannalta tarpeellista esimerkiksi ruuanlaiton, ihmismäärän tai lämpö- tai kosteuskuormituksen takia. Mikäli asuinrakennuksen ilmanvaihtoa voidaan ohjata vain rakennuskohtaisesti, mitoitetaan ilmanvaihtojärjestelmä 30 prosenttia suunnitellun käyttöajan ilmavirtaa suuremmaksi. Jos rakennuksessa on useampia ilmanvaihtojärjestelmiä, voitaisiin niitä ohjata myös järjestelmäkohtaisesti.

Jos ilmanvaihtoa voisi ohjata asutokohtaisesti, asuinhuoneiston tulo- ja poistoilmavirtoja voitaisiin pienentää enintään 60 prosenttia suunnitellun käyttöajan ilmavirrasta. Tätä pienemmäksi ilmavirtaa ei voisi suunnitella pienennettäväksi. Pienempää ilmavirtaa voisi ohjata käytettäväksi esimerkiksi silloin, kun asunnossa ei oleskella eikä käyttöajan ilmanvaihdolle ole tarvetta kosteuden hallitsemiseksi. Pienennys voitaisiin toteuttaa yhdessä tai useammassa portaassa, portaattomasti tai automaattisesti. Pienennystä ei siis ole välttämätöntä toteuttaa, mutta jos pienennys toteutetaan ja se on vähintään 40 prosenttia, otetaan tämä huomioon energiatehokkuuden laskennassa uuden rakennuksen energiatehokkuudesta annetun ympäristöministeriön asetuksen mukaisesti.

Pykälän kolmannen momentin mukaan muun kuin asuinrakennuksen ulkoilmavirran olisi oltava vähintään 0,15 dm³/s neliömetrille suunnitellun käyttöajan ulkopuolella ja ilman olisi vaihdettava kaikissa huonetiloissa. Ulkoilmavirtaa ei tarvitsisi pienentää mainittuun arvoon, mutta ulkoilmavirtaa ei saisi suunnitella pienennettäväksi mainittua arvoa pienemmäksi. Ilman olisi vaihdettava rakennuksen kaikissa tiloissa. Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmää olisi suunniteltava pidettäväksi käynnissä suunnitellun käyttöajan ilmavirtaa pienemmällä ilmavirralla tai suunniteltava käytettäväksi jaksoittain siten, että vähimmäisilmavirta toteutuu keskimääräisesti käyttöajan ulkopuolella. Jaksoittaisen käyttötavan suunnittelussa on erityistä huomiota kiinnitettävä jatkuvasti päällä olevien hygieniatilojen ilmanvaihdon tuloilman saantiin ja painevaihteluiden välttämiseen.

Pykälän neljännen momentin mukaan pykälä ei koskisi sellaista rakennuksen laajennusta eikä kerrosalaan laskettavan tilan lisäämistä, missä ilmanvaihdon järjestämisessä voisi käyttää olemassa olevaa ilmanvaihtojärjestelmää, eikä sisäilman laatu heikkenisi rakennuksessa. Poikkeus koskisi käytännössä pieniä laajennuksia ja kerrosalaan laskettavan tilan lisäämistä. Tällä tarkoitettaisiin sitä, että olemassa olevaa ilmanvaihtojärjestelmää voidaan laajentaa siten, että se palvelee myös laajennusosaa. Tällöin laajennusosaan ei tarvitse suunnitella ilmanvaihdon ohjausta pykälässä säädetyllä tavalla.

Pykälän ensimmäinen momentti vastaa voimassaolevan asetuksen määräystä 3.2.3. Pykälän toinen momentti vastaa täsmennettynä voimassaolevia ohjeita 3.2.3.1 ja 3.2.3.2. Pykälän kolmas momentti on voimassaolevan asetuksen ohjeen 3.2.3.3 ensimmäistä kappaletta. Pykälän neljäs momentti on uusi säännös, jolla rajataan pykälän soveltamisalasta laajennus ja kerrosalaan laskettavan tilan lisääminen, silloin kun ilmanvaihdon järjestämisessä voi käyttää olemassa olevaa ilmanvaihtojärjestelmää.

11 §. Moottoriajoneuvosuojan ilmavirrat. Erityissuunnittelijan olisi mitoitettava moottoriajoneuvosuojan ilmanvaihdon ilmavirrat siten, etteivät ilman epäpuhtaudet aiheuttaisi terveydellistä haittaa käyttäjille. Ilmavirrat olisi mitoitettava niin, että moottoriajoneuvosuojassa hiilimonoksidin keskiarvopitoisuus kriittisimmäksi arvioituna käyttötuntina ei ylittäisi arvoa 35 mg/m^3 (30 ppm). Moottoriajoneuvosuojan jatkuvan työskentelyalueen ilmavirrat olisi mitoitettava niin, että hiilimonoksidin hetkellinen pitoisuus ei ylittäisi 7 mg/m^3 (6 ppm).

Pykälässä annettaisiin erityissuunnittelijalle velvollisuus mitoitaa moottoriajoneuvosuojan ilmanvaihdon ilmavirrat niin, etteivät ilman epäpuhtaudet aiheuta terveydellistä haittaa käyttäjille. Hiilimonoksidipitoisuuden voidaan olettaa korreloivan riittäväällä tarkkuudella myös muiden tilassa esiintyvien epäpuhtauksien määrää. Hiilimonoksidin keskiarvopitoisuuden arvo 35 mg/m^3 koskisi pitoisuutta moottoriajoneuvosuojassa, eikä poistoilman keskiarvopitoisuutta. Arvo 35 mg/m^3 vastaa maailman terveysjärjestön WHO:n raja-arvoa sisäilman hiilimonoksidin epäpuhtauspitoisuudelle yhden tunnin keskiarvon laskenta-aikana. Hetkellinen huippu voisi olla tätä korkeampi. Sosiaali- ja terveysministeriö on asetuksellaan haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista (1214/2016) vahvistanut työpaikan ilman epäpuhtauksien haitallisiksi tunnetut pitoisuudet (HTP-arvot). Sosiaali- ja terveysministeriön vuoden 2016 julkaisussa HTP-arvoista on hiilimonoksidin haitalliseksi tunnetuksi pitoisuudeksi esitetty arvo 87 mg/m^3 (70 ppm) 15 minuutin altistusajalla.

Jos moottoriajoneuvosuojassa työskennellään jatkuvasti, on jatkuvan työskentelyalueen ilmanvaihdon ilmavirrat mitoitettava niin, että hiilimonoksidin hetkellinen pitoisuus ei ylitä 7 mg/m^3 (6 ppm). Pitoisuusarvo vastaa WHO:n raja-arvoa sisäilman hiilimonoksidin epäpuhtauspitoisuudelle 24 tunnin keskiarvon laskenta-aikana sekä asumisterveysasetuksessa säädettyä raja-arvoa.

Jos moottoriajoneuvosuojassa syntyy muita terveydelle haitallisia epäpuhtauksia, kuten esimerkiksi typen oksideja, joiden pitoisuus muodostuu sisäilman laadun kannalta määrääväksi, olisi ilmavirran mitoitus tehtävä näiden perusteella. Vuoden 2016 julkaisussa HTP-arvoista on typpidioksidin haitalliseksi tunnetuksi pitoisuudeksi esitetyt arvot $3,8 \text{ mg/m}^3$ 15 minuutin altistusajalla ja $1,9 \text{ mg/m}^3$ 8 tunnin altistusajalla.

Pykälä korvaisi voimassa olevan asetuksen liitteessä 2 olevat ohjeet moottoriajoneuvosuojien ilmanvaihdon suunnittelusta. Pykälää täsmennettäisiin kohdentamalla säännöksen velvoitteet erityis-

Liitteen otsikko

Ympäristöministeriön asetuksen 1009/2017 §10 osa

1009/2017

7 §

Valaistusolosuhteet

Rakennuksen sisätiloissa on voitava ylläpitää näkötehtävän edellyttämää valaistusta tilojen suunniteltuna käyttöaikana.

Valaistuksen ryhmittely ja ohjaus on suunniteltava siten, että valaistusta voidaan ohjata toimintojen mukaisesti.

3 luku

Ilmanvaihto ja ilmanvaihtojärjestelmät

8 §

Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon on toteutettava terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilman laatu oleskelutiloissa. Ilmanvaihtojärjestelmän on tuotava rakennukseen riittävä ulkoilmavirta ja poistettava sisäilmasta terveydelle haitallisia aineita, liiallista kosteutta, viihtyisyyttä haittaavia hajuja sekä ihmisistä, rakennustuotteista ja toiminnasta sisäilmaan aiheutuvia epäpuhtauksia.

Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava siten, että:

- 1) valitun ilmanvaihtojärjestelmän toiminnan kannalta keskeisiä toimintoja voidaan mitata, ohjata ja seurata;
- 2) oikein käytettynä, huollettuna ja kunnossapidettynä järjestelmä kestää toimintakuntoisena suunnitellun käyttöiän;
- 3) järjestelmän toiminta voidaan kokonaisuudessaan pysäyttää. Koneellisessa järjestelmässä on oltava selvästi merkitty pysäytyskytkin, jonka on oltava helposti saavutettavassa paikassa. Painovoimaisessa järjestelmässä ilmanvaihtoventtiilien on oltava helposti suljettavissa.

9 §

Ulkoilmavirrat

Erityissuunnittelijan on mitoitettava ilmanvaihtojärjestelmä siten, että oleskelutiloihin voidaan johtaa terveellisen, turvallisen ja viihtyisän sisäilman laadun edellyttämä ulkoilmavirta. Oleskelutilojen ulkoilmavirraksi on mitoitettava vähintään $6 \text{ dm}^3/\text{s}$ henkilöä kohden suunniteltuna käyttöaikana, jos tilan käyttötarkoituksesta ei aiheudu lisäilmavirran tarvetta. Koko rakennuksen ulkoilmavirraksi on mitoitettava kuitenkin vähintään $0,35 (\text{dm}^3/\text{s})/\text{m}^2$ lattian pinta-alaa kohden suunniteltuna käyttöaikana, jos rakennuksen tilan käyttötarkoituksen erityisluonteesta ei aiheudu lisäilmavirran tarvetta. Asuinhuoneiston ulkoilmavirraksi on mitoitettava kuitenkin vähintään $18 \text{ dm}^3/\text{s}$.

10 §

Ilmavirtojen ohjaus

Ilmavirtoja on voitava ohjata kuormituksen tai ilman laadun mukaan käyttötilannetta vastaavasti.

Asuinhuoneiston ilmavirtojen ohjaus on suunniteltava niin, että tulo- ja poistoilmavirtoja voi ohjata joko rakennus- tai asutokohtaisesti siten, että niitä voidaan tehostaa vähintään 30 prosenttia suuremmaksi kuin suunnitellun käyttöajan ilmavirrat. Jos ilmanvaihtoa voi ohjata asutokohtaisesti, asuinhuoneiston tulo- ja poistoilmavirtoja voidaan pienentää enintään 60 prosenttia suunnitellun käyttöajan ilmavirroista.

1009/2017

Muun kuin asuinrakennuksen ulkoilmavirran on oltava vähintään $0,15 \text{ (dm}^3\text{/s)/m}^2$ lattian pinta-alaa kohden suunnitellun käyttöajan ulkopuolella ja ilman on vaihduttava kaikissa huonetiloissa.

Pykälä ei koske sellaista rakennuksen laajennusta eikä kerrosalaan laskettavan tilan lisäämistä, missä ilmanvaihdon järjestämisessä voi käyttää olemassa olevaa ilmanvaihtojärjestelmää, eikä sisäilman laatu heikkene rakennuksessa.

11 §

Moottoriajoneuvosuojaan ilmavirrat

Erityissuunnittelijan on mitoitettava moottoriajoneuvosuojaan ilmanvaihdon ilmavirrat siten, etteivät ilman epäpuhtaudet aiheuta terveydellistä haittaa käyttäjille. Ilmavirrat on mitoitettava niin, että moottoriajoneuvosuojaan hiilimonoksidin keskiarvopitoisuus kriittisimmäksi arvioituna käyttötuntina ei ylitä arvoa 35 mg/m^3 (30 ppm). Moottoriajoneuvosuojaan jatkuvan työskentelyalueen ilmavirrat on mitoitettava niin, että hiilimonoksidin hetkellinen pitoisuus ei ylitä 7 mg/m^3 (6 ppm).

12 §

Ilmansuodatus

Erityissuunnittelijan on suunniteltava ilmansuodatuksen taso ulkoilman laadun ja sisäilman laadulle asetettujen tavoitteiden perusteella. Erityissuunnittelijan on ilmanvaihtojärjestelmää valitessaan otettava huomioon järjestelmän soveltuvuus tarvittavaan suodatuksen tasoon.

13 §

Poistoilmaluokat

Poistoilmaluokat ovat:

Luokka 1: poistoilma sisältää vain vähän epäpuhtauksia ja epäpuhtaudet ovat pääasiallisesti lähtöisin ihmisistä ja rakenteista;

Luokka 2: poistoilma sisältää jonkin verran epäpuhtauksia;

Luokka 3: poistoilma sisältää epäpuhtauksia, kosteutta, kemikaaleja tai hajuja, jotka oleellisesti huonontavat poistoilman laatua;

Luokka 4: poistoilma sisältää huomattavasti pahanhajuisia tai epäterveellisiä epäpuhtauksia tai kemikaaleja.

14 §

Ulkoilmalaitteiden ja ulospuhallusilmalaitteiden sijoittaminen

Ulkoilmaa ei saa ottaa ilmanlaatua heikentävän rakenteen tai rakennusosan kautta tai ulkoilman laatua pilaavien lähteiden läheisyydestä.

Ulkoilmalaitteiden kautta ei saa päästä ilmanvaihtojärjestelmään siinä määrin lunta tai sadevettä, että se aiheuttaisi vahinkoa järjestelmälle tai ilman laadulle tai haittaisi järjestelmän toimintaa.

Ulospuhallusilman johtaminen ulos rakennuksesta on suunniteltava siten, ettei rakennukselle tai muille rakennuksille, ympäristölle tai niiden käyttäjille aiheudu terveydellistä tai muuta haittaa. Ulospuhallusilma on johdettava rakennuksen vesikaton yläpuolelle, jos ilmanvaihtojärjestelmän toiminta ei toisin edellytä. Poistoilmaluokan 1 tai asuinhuoneistojen ilmanvaihdon ulospuhallusilma voidaan johtaa ulos myös rakennuksen seinässä olevan ulospuhallusilmalaitteen kautta (*seinäpuhallus*), jos muutoin tässä momentissa esitetyt vaatimukset täytetään.