



Matias Veid

Keskitetyn ilmanvaihdon tilakohtainen tehostus uudisasuinrakennuksissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

20.10.2024

Tiivistelmä

Tekijä:	Matias Veid
Otsikko:	Keskitetyn ilmanvaihdon tilakohtainen tehostus uudisasuinrakennuksissa
Sivumäärä:	24 sivua
Aika:	20.10.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine:	LVI-suunnittelu
Ohjaajat:	Diplomi-insinööri Tuukka Honkavaara Lehtori Pasi Partonen

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Suomen Talokeskus Oy:lle uusien asuinrakennusten tilakohtaisen tehostuksen toteutusta keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelussa ja tehdä suunnitteluosalle yhtenäinen toimintatapa IV-suunnitelmien tekoon.

Työ toteutettiin hyödyntämällä apuna ilmanvaihdon kirjallisuutta, uudisasuinrakennusten ilmanvaihdon suunnittelua määrääviä lakeja, standardeja ja oppaita, ilmanvaihtolaitteiden valmistajien artikkeleita, sekä Suomen Talokeskuksen sisäistä materiaalia. Yhdistelemällä edellä mainitut materiaalit saatiin kattava määrä tietoa ilmanvaihdon suunnittelusta ja tehostuksen toteutuksesta.

Työssä käsiteltiin keskitettyä ilmanvaihtojärjestelmää, sen historiaa ja uudisasuinrakennusten ilmanvaihdon tehostuksen toteutusta on/off-moottoripeltejä käyttäen tehostuskanavistoissa. Keskitetystä ilmanvaihtojärjestelmästä tehtiin esimerkkikohte helpottamaan esittämään erilaisten ratkaisujen vaikutusta ilmanvaihtojärjestelmän toimintaan.

Työn tuloksena oli esimerkkikohteeseen suunniteltu keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä, mitä voidaan käyttää pohjana Talokeskuksen tulevaisuuden uudisasuinrakennusten ilmanvaihdon suunnittelussa. Keskitettyssä ilmanvaihdon nelikanavajärjestelmässä avainasemassa on ilmanvaihtokanavien riittävän väljä mitoitus. Tämä pitää kanavapaineen alhaisempana, mutta samalla se lisää tilavarauksen tarvetta, joka on pois myytävistä asuineliöistä. Tehostuskanaviston toteuttaminen on/off-moottoripellein on yksinkertaista, edullista, ja huolto on vaivatonta. Ilmanvaihtokoneen toiminnan kannalta myös paloteknisten vaatimusratkaisujen toteuttamisella on suuri merkitys toimintaan.

Avainsanat: ilmanvaihto, tehostus, moottoripelti, savunrajoitus, kuristin

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Matias Veid
Title: Apartment Specific Enhancement of Centralized Ventilation in New Apartment Buildings
Number of Pages: 24 pages
Date: 20 October 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering
Specialisation option: HVAC Design
Instructor: Tuukka Honkavaara, M.Sc.
Pasi Partonen, Senior Lecturer

The purpose of this thesis was to study the implementation of space-specific ventilation boost within centralised ventilation systems for apartment buildings. It aimed to develop a unified design approach for apartment building ventilation plans to avoid mistakes during the design phase.

The thesis collected information from literature on ventilation, legal regulations, standards, and guidelines that govern ventilation design in apartment buildings. The integration of these sources provided a comprehensive insight into the design and implementation of ventilation boost in apartment buildings.

The thesis examined centralised ventilation systems, historical development of ventilation, and ventilation boost in apartment buildings using on/off-adjustment dampers in their ventilation system. An sample case of a centralised ventilation system was created to show the effects of various design solutions on system performance.

The result of the thesis was a centralised ventilation system designed for the sample case. This design can serve as a basis for future ventilation design for apartment the ventilation plans of apartment buildings. The implementation of ventilation boost using on/off-adjustment dampers was found to be simple, cost-effective, and easy to maintain. Additionally, the importance of complying with fire safety requirements was emphasized due to its significant impact on the system's functionality.

Keywords: ventilation, ventilation boost, adjustment damper.

Sisällys

1	Johdanto	5
2	Asuinrakennusten ilmanvaihto	6
2.1	Asuinrakennusten ilmanvaihdon kehitys	6
2.1.1	Painovoimainen ilmanvaihto	7
2.1.2	Koneellinen poistoilmanvaihto	8
2.1.3	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla	9
3	Uusien asuinrakennusten ilmanvaihtojärjestelmät	10
3.1	Keskitetty ilmanvaihto asuinrakennuksessa	10
3.2	Asuinrakennusten keskitetyn ilmanvaihdon tehostus	12
3.3	Ilmanvaihdon tehostus on/off-moottoripelleillä.	13
3.4	Ilmavirtojen mitoitus	14
3.5	Ilmanvaihdon suunnittelu asuinrakennukseen	14
3.6	Palokuristus ehdot	16
4	Esimerkkikohde	17
5	Mittaus- ja säätötyö	22
6	Yhteenveto	24
	Lähteet	25

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Suomen Talokeskus Oy:lle uusien asuinrakennusten tilakohtaisen tehostuksen toteutusta keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelussa ja savunrajoituksen kuristuksen toteuttamisessa. Tarkoituksena oli saada pohja ilmanvaihtosuunnitelmien yhtenäiseen toteutustapaan.

Suomen Talokeskus aloitti toimintansa vuonna 1923 Talonomistajan osakeyhtiön nimellä palvelemaan rakennuttajia ja kiinteistöjenomistajia. Nykyään Talokeskus on Suomen vanhin insinööritoimisto ja yksi vanhimmista toiminnassa olevista yrityksistä.

Ilmanvaihdon suunnittelua ohjaamaan on laadittu lakeja ja asetuksia ja näiden pohjalta ohjeita ja normeja. Lait ja asetukset on sitovia, eikä niistä voi poiketa. Opinnäytetyön tutkimuksen pohjana on tärkeimpinä Ympäristöministeriön asetus 1009/2017 ja Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus opas 11.6.2024.

Ympäristöministeriön asetus [1009/2017] määrittelee rakennusten sisäilmaston ja ilmanvaihdon vaatimukset, erityisesti sisäilman laadun ja ilmavirtojen säädön osalta. Asetuksen mukaan ilmanvaihtojärjestelmän on oltava mukautettavissa tilan käyttötilanteen mukaan. Asuinhuoneistojen ilmavirtojen on oltava säädettävissä siten, että tulo- ja poistoilmavirtoja voidaan tehostaa vähintään 30 % normaaliin käyttötilanteeseen verrattuna. Tämä vaatimus voidaan toteuttaa erilaisien teknisten ratkaisujen, kuten moottoripeltien tai ilmavirtasäätimien avulla, joita voidaan ohjata esimerkiksi liesikuvusta tai erillisestä kytkimestä. [1.]

Ilmanvaihtojärjestelmien toiminnan luotettavuus on kuitenkin ollut haaste erityisesti muuttuvailmamääräisissä järjestelmissä. Ilmavirtasäätimet ovat herkkiä häiriöille, kuten suunnittelun, asennuksen, automaattikan säädön ja huollon vi-

heille. Oikeiden toimintaperiaatteiden noudattaminen on olennaista ilmapää-
räsäätimien luotettavuuden takaamiseksi ja on tärkeää seurata laitevalmistajan
ohjeita. [2. s. 23–32.]

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan ja kehitetään ilmanvaihtojärjestelmien
suunnittelua, erityisesti asuinrakennusten tilakohtaisessa tehostuksessa keski-
tetyssä ilmanvaihtojärjestelmässä. Suunnittelussa on käytetty apuna ohjelmis-
toa, kuten Magicadia.

2 Asuinrakennusten ilmanvaihto

Ilmanvaihdon suunnittelussa jokainen rakennus on yksilöllinen, ja siksi mikään
ratkaisu ei ole sellaisenaan monistettavissa toiseen. Suunnittelussa ei riitä-,
määräyksien hallinta ja perusteiden osaaminen. Suunnittelija lähtee toteutta-
maan ilmanvaihtoa rakennuksen loppukäyttäjien tarpeiden mukaan. [3, s. 22.]

Hyvin suunnitellulla ja toteutetulla ilmanvaihdolla tarkoitus on taata asuinraken-
nuksen terveellinen ja turvallinen sisäilma. Ilmanvaihtojärjestelmän tehtävänä
on tuottaa rakennukseen riittävä ulkoilmavirta ja poistettava sen sisäilmasta
epäpuhtauksia. Asuinrakennusten ilmanvaihdon suunnittelussa ulkoilma tuo-
daan asuntoon lähes poikkeuksetta oleskelutiloihin, joita ovat esimerkiksi ma-
kuuhuoneet ja olohuoneet. Poistoilmaa johdetaan ulos asunnoissa tiloista,
missä syntyy suurin osa epäpuhtauksia, kuten WC-tiloista, kylpyhuoneista, vaa-
tehuoneista ja ruoanvalmistustiloista. Epäpuhtauksilla tarkoitetaan viihtyisyyttä
häiritseviä hajuja, liiallista kosteutta, ihmisistä ja rakennuksesta sisäilmaan le-
viäviä aineita. Ilmanvaihtojärjestelmän toimintaa on voitava ohjata ja valvoa,
sekä sen tulee kestää suunniteltu käyttöikä. [1.]

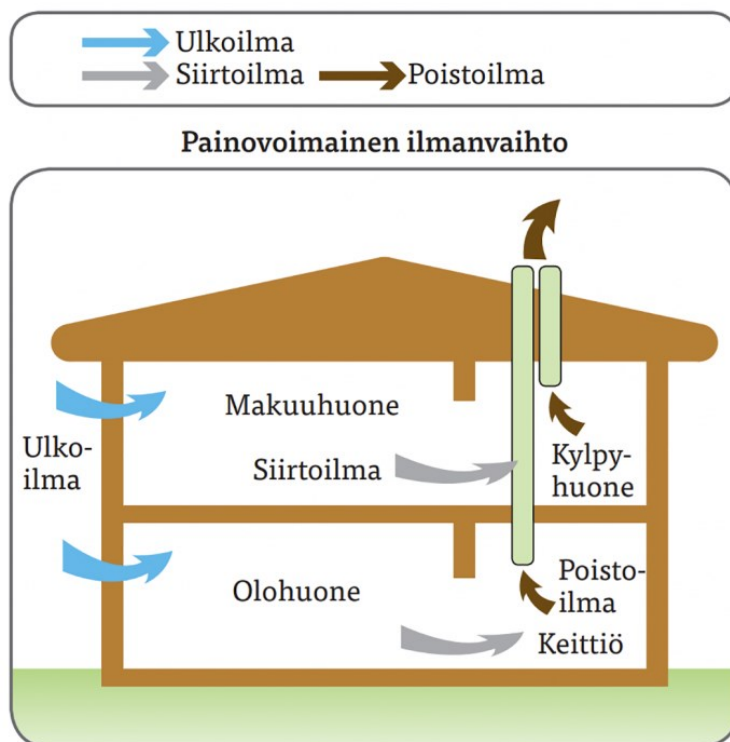
2.1 Asuinrakennusten ilmanvaihdon kehitys

Asuinrakennusten ilmanvaihto on kehittynyt merkittävästi viimeisen vuosisadan
aikana. Vaikka ilmanvaihdon peruseriaatteet ovat pysyneet samoina, teknolo-

gia ja toteutustavat ovat kehittyneet merkittävästi. Ilmanvaihdon keskeinen tarkoitus on kuitenkin säilynyt: poistaa epäpuhtauksia ja tuoda puhdasta ilmaa tilalle. [4.]

2.1.1 Painovoimainen ilmanvaihto

Painovoimainen ilmanvaihto oli 1960-luvulle saakka yleisin asuinrakennusten ilmanvaihtojärjestelmä [5]. Painovoimainen ilmanvaihto perustuu lämpötilaerojen aiheuttamaan hormivaikutukseen ja tuulen aiheuttamaan paineeseen. Korvausilma otetaan seinästä sisälle asuntoon ja se poistuu poistohormeja pitkin ulos. [6.] Alla olevassa kuvassa 1 on havainnekuva painovoimaisen ilmanvaihdon toiminnasta. Painovoimainen ilmanvaihto on tehokkainta kylmällä ja tuulisella säällä, kun lämpötilaerot ovat suurimmillaan sekä heikoimmillaan lämpimällä tuulettomalla säällä [5]. Nykyään painovoimaista ilmanvaihtoa ei suosita, koska siinä hukataan paljon lämpöenergiaa, varsinkin talvella ja se aiheuttaa helposti vedon tunnetta [6].



Kuva 1. Painovoimaisen ilmanvaihdon havainnekuva [5].

2.1.2 Koneellinen poistoilmanvaihto

Asuinrakennuksissa alkoi 1960- ja 1970-lukujen aikana yleistymään koneellinen poistoilmanvaihto, ja se oli yleisin toteutustapa 1990-luvulle asti [6].

Koneellisessa poistoilmanvaihtojärjestelmässä korvausilma tuodaan sisään seinässä olevista korvausilmaventtiileistä tai ikkunan tiivisteihin jätetyistä raoista. Korvausilmaventtiilit sijaitsivat useimmiten oleskelutiloissa, kuten makuuhuoneissa ja olohuoneessa. Järjestelmässä ilma johdettiin pois asunnoista poistoilmaventtiilien kautta, jotka oli liitetty poistoilmakanavilla vesikatolla sijaitsevaan poistoilmapuhalttimeen.

Asuinkerrostaloissa tyypillinen toteutustapa koneelliselle poistoilmanvaihdolle on sijoittaa yksi puhallin palvelemaan yhden rapun asuinhuoneistoja tai yksi iso puhallin palvelemaan koko rakennusta. Puhallin on yleensä ohjattu kello-ohjauksella, jossa ilmanvaihto toimii suurimman osan päivästä puoliteholla, ja se on ajastettu tehostamaan puhallintehoa muutamia kertoja päivässä aamulla, päivällä ja illalla, kun on oletettu epäpuhtauksien määrän olevan korkeimmillaan. Tämä on voinut aiheuttaa ongelmia ilmanvaihdossa, jos ruoanvalmistusaika ei ole osunut tehostuksen kanssa samaan hetkeen [6.] Alla kuvassa 2 on havainnekuva koneellisesta poistoilmanvaihdon toiminnasta.

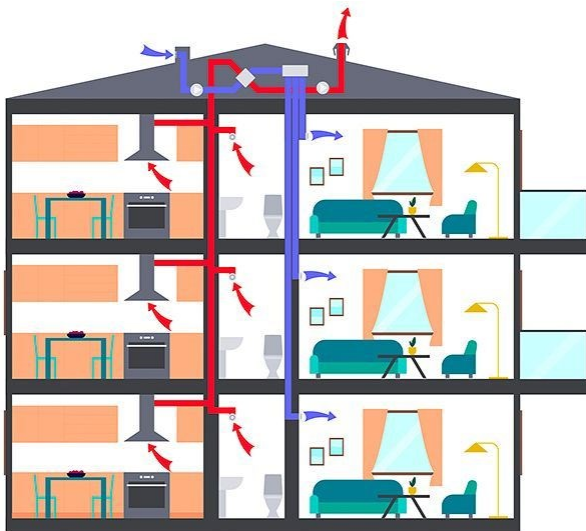


Kuva 2. Koneellinen poistoilmanvaihto havainnekuva [7].

2.1.3 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla

1990-luvulla asuinkerrostaloihin alkoi yleistyä tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmät, mutta vasta 2000-luvulla siirryttiin lämmöntalteenotolla varustettuihin tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmiin rakennusmääräysten tiukennettua [6].

Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla on ilmanvaihtojärjestelmä, joka on suunniteltu parantamaan rakennusten energiatehokkuutta ja ilmanvaihdon hallittavuutta. Järjestelmässä on erilliset puhaltimet, jotka ohjaavat sekä ulkoa tulevaa ulkoilmavirtaa että sisältä poistettavan ulospuhallusilman liikettä. Lämmöntalteenottojärjestelmä on keskeinen osa tätä ratkaisua, sillä se mahdollistaa poistoilmassa olevan lämpöenergian hyödyntämisen ilmanvaihdossa, mikä vähentää energiahukkaa ja lämmityskustannuksia erityisesti talvikaudella. [6.] Alla olevassa kuvassa 3 on esitetty leikkauskuva koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän toiminnasta.



Kuva 3. Havainnekuva koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä [6].

3 Uusien asuinrakennusten ilmanvaihtojärjestelmät

Nykyaikaiset ilmanvaihtojärjestelmät perustuvat keskittyneisiin ja tilakohtaisiin ratkaisuihin, jotka mukautuvat asunnon yksilöllisiin tarpeisiin ja käyttökuormitukseen [8]. Alla olevassa kuvassa 4 on esitetty keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän ylin kerros. Ilmanvaihtokoneelta lähtee haarakanava kerrokseen ja haarakanavista lähtee liitekanavat asuinhuoneistoille.



Kuva 4. Keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä [9].

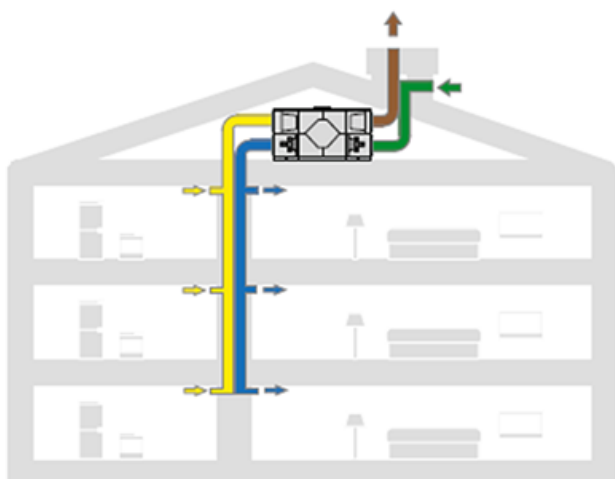
Näiden järjestelmien tarkoituksena on ylläpitää terveellistä sisäilmaa energiatehokkaasti ja taloudellisesti. Ilmanvaihdon suunnittelussa on tärkeää huomioida voimassa olevat rakennusmääräykset, jotka määrittelevät ulkoilmavirtojen vähimmäisvaatimukset ja energiatehokkuuden. Asuinrakennusten ilmanvaihdossa ulkoilmavirran on oltava vähintään $0,35 \text{ dm}^3/\text{s}$ neliometriä kohden, mikä vastaa ilmanvaihtokerrointa $0,5 \text{ 1/h}$, kun huonekorkeus on $2,5 \text{ metriä}$. Tämän lisäksi jokaisen asuinhuoneen tulee täyttää minimivaatimukset ulkoilman virtaamalle, jotta sisäilma pysyy laadukkaana ja terveellisenä. [10.]

3.1 Keskitetty ilmanvaihto asuinrakennuksessa

Järjestelmässä asuinhuoneistojen ilmanvaihto toteutetaan yhdellä ilmanvaihtokoneella, joka palvelee kaikkia asuinhuoneistoja. Ilmanvaihtokone sijoitetaan

omaan ilmanvaihtokonehuoneeseen, joka pääsääntöisesti pyritään sijoittamaan ilmanvaihtopalvelualueiden yläpuolelle ullakkokerrokseen tai vesikatolle. Ilmanvaihtokone on lämmöntalteenotolla varustettu tulo-/poistoilmakone, sisältäen sulku- ja säätöpellit, suodattimet, äänenvaimentimet ja lämmityspatterin. Ilmanvaihtokoneet voi olla tehtaalla valmiiksi kasattuja paketteja tai paikan päällä koottuja yksiköitä. [9.]

Alapuolella kuvassa 5 on leikkauskuva keskitetystä ilmanvaihdosta. Ullakkoti-
lassa sijoitettuna ilmanvaihtokone. Ilmanvaihtokoneelta lähtevä keltainen on poistoilmakanava, sininen tuloilmakanava, vihreä ulkoilmakanava ja ruskea ulospuhallusilmakanava. Ulkoilmavirta johdetaan oleskelutiloihin ja poistetaan likaisista tiloista.



Kuva 5. Keskitetyn ilmanvaihdon leikkauskuva [11].

Järjestelmän etuja ovat helposti toteuttavissa oleva tuloilman jäähdytys, jolla saadaan pidettyä asuntojen sisälämpötilat hellekausina kohtuullisina, edulliset huolto- ja elinkaarikustannukset ja se, ettei ole tarvetta vuotuisiin asuntokohtaisiin huoltotoimenpiteisiin [9.].

Järjestelmän haittana on liesikupujen tehostuksen haastava säätö, riittävän tehostuksen saavuttaminen kaikissa asunnoissa, tasapainon ja äänitasojen hallinta ja tehostuksen kompensointi. [2.] Lisäksi kanavointi vaatii tilaa kerroksista ja se tulee kalliiksi, jos se on pois myytävistä asuinneliöstä [12, s. 9]

3.2 Asuinrakennusten keskitetyn ilmanvaihdon tehostus

Keskitettyyn ilmanvaihtojärjestelmään liitettyjen asuntojen ilmavirtojen asuntokohtainen säätö voidaan toteuttaa asentamalla moottoroidut säätöpellit tai ilmavirtasäätimet huoneistokohtaisiin tulo- ja poistokanaviin. Näitä ohjataan esimerkiksi liesikuvusta tai erillisellä ohjauskytkimellä. Järjestelmän runkokanavien mitoituksessa on huomioitava riittävä väljyys, jotta huoneistojen ilmavirtojen muutokset eivät aiheuta merkittäviä muutoksia runkokanavien painetasoihin. [10.]

Tehostuksessa on käytössä kaksi erityyppistä tehostuspeltijärjestelmää. Muuttuvassa ilmavirran säädössä tulo- ja poistoilmavirtoja voidaan säätää huoneisto- tai vyöhykekohtaisesti.

Muuttuva ilmavirta järjestelmää kutsutaan yleensä VAV-järjestelmäksi tai IMS-järjestelmä eli ilmamääräsäätiseksi järjestelmäksi. Huoneiston ilmavirtaa voidaan säätää erilaisilla tavoilla ilman laatua mittaamalla, lämpötilan avulla tai käyttöasteen perusteella.

Muuttuvaa ilmavirtajärjestelmää ohjataan yleensä ilmavirtasäätimellä tai ilmanvaihtokoneen pyörimisnopeutta muuttamalla, jos ilmanvaihtokone palvelee ainoastaan yhtä tilaa. Toinen yleisesti käytetty tapa on ilmanvaihdon tehostus on/off-moottoripelleillä. Kuvassa 6 on esitetty sulkupelti ilman toimilaitetta, joka voi toimia on/off-moottoripeltinä



Kuva 6. Fläkt Group BDEP sulkupelti ilman toimilaitetta [9].

3.3 Ilmanvaihdon tehostus on/off-moottoripelleillä.

On/off-moottoripellit toimivat periaatteessa hyvin yksinkertaisesti, ne ovat kiinni silloin, kun lisätehostusta ei tarvita ja avautuvat täysin silloin, kun ilmanvaihtoa on tarpeen lisätä. Tämä järjestelmä eroaa hienosäätöisistä säätöpelleistä, jotka voivat säätää ilmavirtaa portaattomasti. On/off-pelleissä ilmavirta säätyy kahden asentoon, mikä tekee niistä yksinkertaisia mutta luotettavia käytössä. Tällaisia tilanteita voivat olla esimerkiksi ruoanlaitto, jossa keittiöön tarvitaan suurempi ilmanvaihto poistoilman ja käryjen poistamiseksi, sekä suihkussa käynti, jossa kosteudenpoisto on tärkeää kylpyhuoneessa.

On/off-moottoripellit voidaan liittää automaatiojärjestelmään, joka mahdollistaa niiden etäohjauksen. Ohjaus voi tapahtua ajastetusti tai antureiden avulla, kuten kosteuden, hiilidioksidipitoisuuden tai lämpötilan mukaan. Näin ilmanvaihtoa tehostetaan vain silloin, kun tarvetta ilmenee, mikä tekee järjestelmästä energia- tehokkaan. Kuvassa 7 on esitetty keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmä toteutettuna nelikanavajärjestelmänä. Tulo- ja poistoilmalla on omat tehostuskanavat, jotka toimivat ainoastaan tehostuksen ollessa kytkettynä päälle

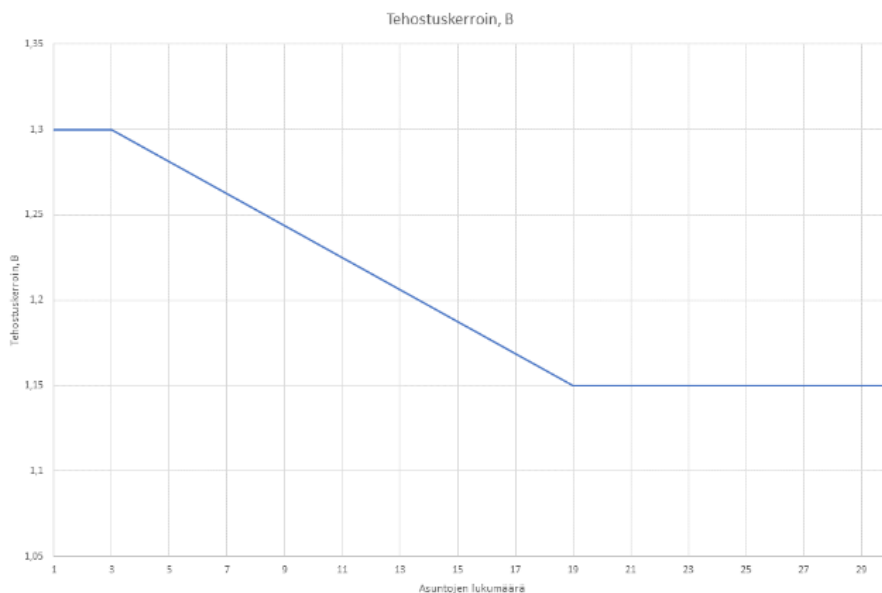
mestä. Keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän kanavat on mitoitettava riittävän väljiksi, jotta huoneistojen ilmavirtojen muutokset eivät merkittävästi muuta runko-kanavien painetasoja. Jos asuinrakennuksen ilmanvaihdon tehostusta voidaan ohjata asuinhuoneistokohtaisesti, voidaan ilmanvaihtojärjestelmän tehostuksen aikaisen ilmavirran määrittämisessä soveltaa alla olevaa kaavaa [10].

$$V_{mit} = B * V_{ka}$$

V_{mit} on ilmanvaihtojärjestelmän mitoitusilmavirta tehostustilanteessa

B on tehostuskerroin alla olevassa kuvassa 7.

V_{ka} on käyttöajan ilmavirta



Kuva 7. Asuntokohtaisella ilmanvaihdon tehostuksella varustetun asuinrakennuksen keskitetyn ilmanvaihdon tehostuskerroin [10].

Esimerkki: Keskitetyllä ilmanvaihtojärjestelmällä varustetussa kerrostalossa on 15 asuntoa, joiden ilmanvaihdon tehostusta voidaan ohjata huoneistokohtaisesti. Kunkin huoneiston käytönajan ilmavirta on 25 dm³/s. Ilmanvaihtokoneen käytönajan ilmavirta on 500 dm³/s. Kuva 10.1 saadaan tehostuskertoimeksi 1.19 ja kaavasta 10.1 ilmanvaihtokoneen ilmavirraksi tehostustilanteessa 595 dm³/s. Mikäli ilmanvaihdon tehostusta ohjattaisiin rakennuskohtaisesti, olisi ilmanvaihtokoneen ilmavirta 650 dm³/s. [10.]

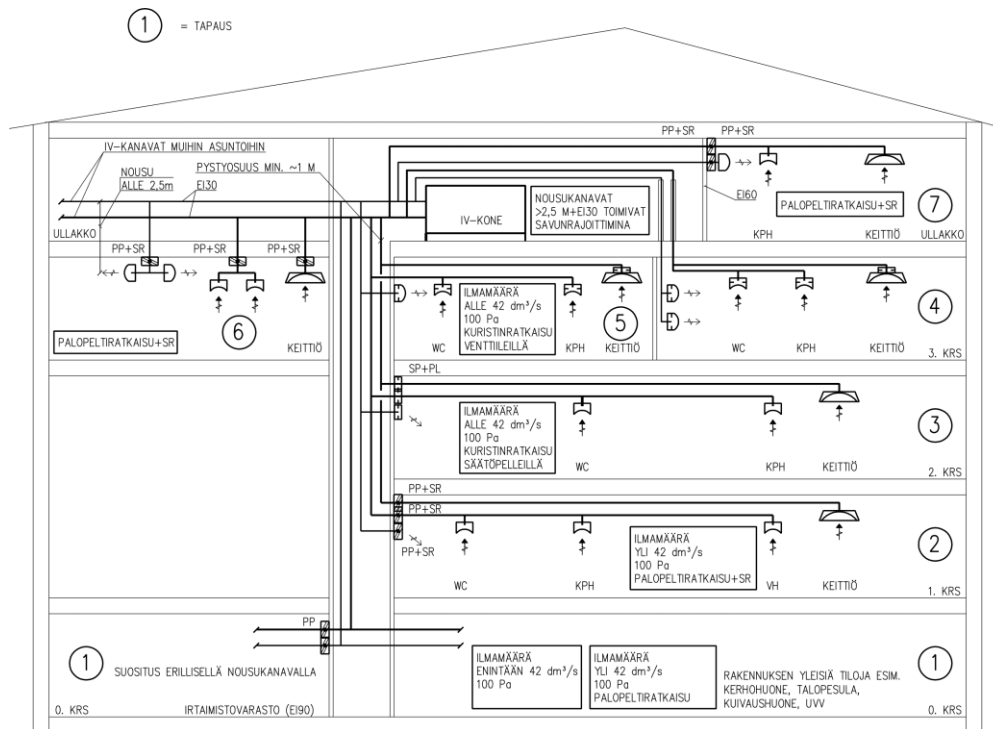
Kanavisto pyritään mitoittamaan väljäksi, ja käyttämällä matalia nopeuksia saavutetaan energiatehokas ja samalla helposti säädettävä ja meluton järjestelmä. Painehäviöt lasketaan yleensä ilmantiheydellä $1,2 \text{ kg/m}^3$ painehäviökäyrästä ja suunnitteluohjelmistojen avulla. Muuttuva ilmajärjestelmä lasketaan kanavien q_{max} - ja q_{min} -arvoilla. Ulkoilman lämpötiloista johtuva hormivaikutus tulee huomioida suunnittelussa. Suositeltavinta on käyttää äänenvaimennetulla tassa-laatikolla ja ilmavirran säätö- ja mittauslaatikolla varustettuja päätelaitteita. [13. s. 88–107.]

3.6 Palokuristus ehdot

Ilmanvaihtolaitosten suunnittelussa tärkeä asiakokonaisuus on laitoksen paloturvallisuus. Asuinrakentamisessa keskitettyjen ilmanvaihtojärjestelmien paloturvallisuusratkaisuissa käytetään passiiviseen palontorjuntaan perustuvia ratkaisuja. Tämä tarkoittaa sitä, että palo-osastoinnissa alueen sisällä, asuinhuoneistossa tai yleisissä tiloissa on mahdollista käyttää savurajoittimena toimivaa kuristinlaitetta palorajoittimena toimivan palopellin sijasta. Kuristin on ilmanvaihtolaitte tai jokin muu kanavistoon asennettava laite, jolla pystytään tuottamaan riittävä virtausvastus savukaasun rajoittamiseksi, joka estää sen leviämisen ilmanvaihtokanavistossa. [14.]

Keskitetyssä ilmanvaihtoratkaisussa savun leviämisen rajoittamiseksi tarkoitettua kuristinratkaisua on mahdollista käyttää tapauksissa, joissa ilmanvaihtokone on sijoitettu palvelemissa alueiden yläpuolelle. Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuusohjeiden mukaisena kuristinehtona käytetään laitteen läpi kulkevaa ilmavirtaa, joka saa olla enintään $42 \text{ dm}^3/\text{s}$ paine-erolla 100 Pa . Kuristimen täytyy olla lukittavissa asennettuun säätöasentoon työkalua käyttäen. Kuristimena käytettävän laitteen liitekanavan poikkipinta-ala ei saa olla suurempi kuin 2000 mm , joka vastaa pyöreällä kanavalla halkaisijan kokoa 160 mm [14.]

Alapuolella olevassa kuvassa 8 on esitetty erilaisia savunrajoitinratkaisuja.



Kuva 8. Esimerkkejä säätö- ja pääte-elimistä, jotka voivat toimia kuristimina [14].

4 Esimerkkikohde

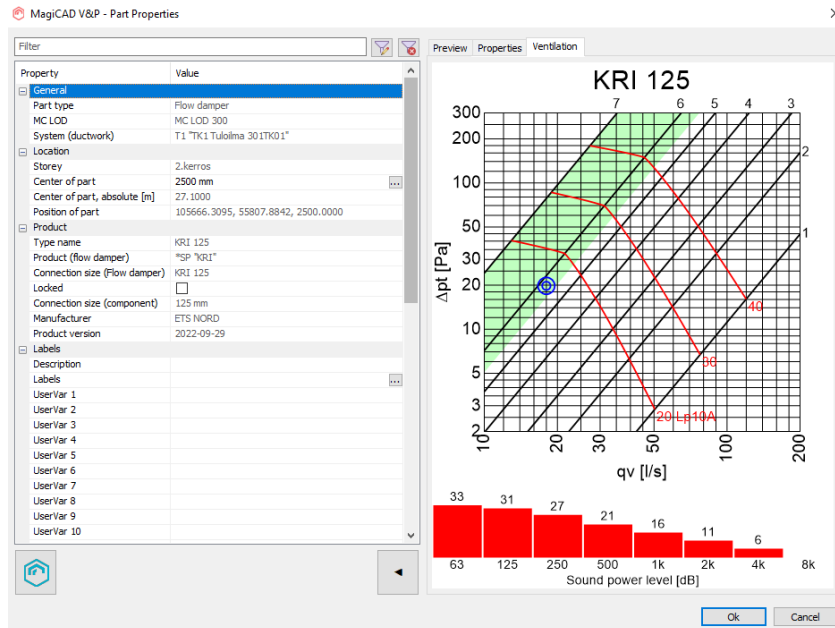
Esimerkkikohde on kahdeksankerroksinen uudisasuinrakennus pääkaupunkiseudulla. Lisäksi siinä on kellarikerros. Kohteen kellarikerroksessa on yleiset tilat sekä neljä liiketilaa ja muut kerrokset on varattu asuinhuoneistoille. Asuinhuoneistojen ja yleisten tilojen ilmanvaihto toteutettiin keskitetyllä ilmanvaihdolla. Liiketilat ovat omien ilmanvaihtokoneiden takana ja liiketilojen ilmanvaihtoa ei käsitellä tässä työssä. Esimerkkikohteen mitoittamiseen ei syvennyttä tässä työssä, vaan työssä käsitellään ainoastaan sille annettuja rajaehdoja ja miten erilaiset suunnitteluratkaisut vaikuttavat lopputulokseen.

Asuinhuoneistojen keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelun lähtökohtana toimivat tässä kohteessa ympäristöministeriön asetus rakennuksen sisäilmasta

ja ilmanvaihdosta [1009/2017] sekä ympäristöministeriön asetus paloturvallisuudesta [848/2017].

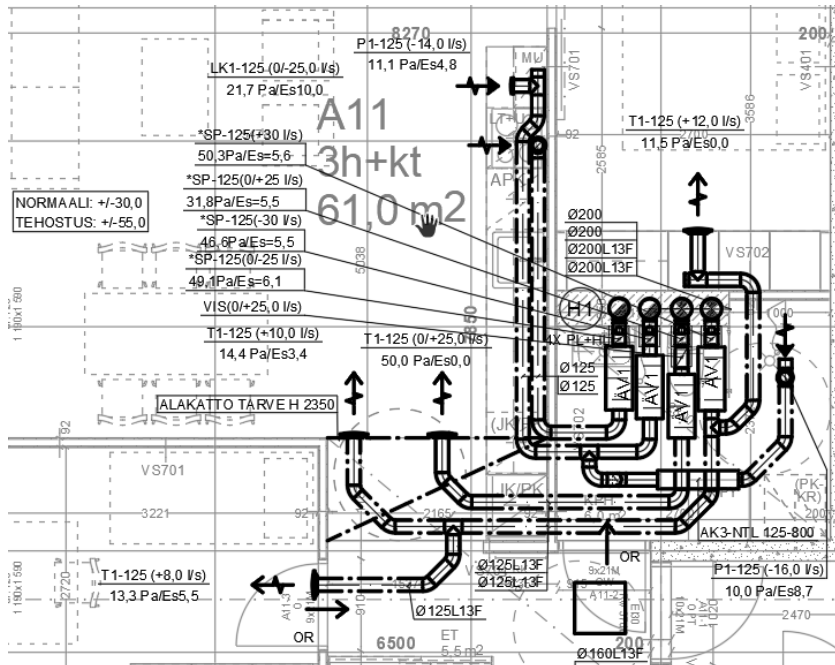
Ilmanvaihtokoneelta suunniteltiin lähteväksi tulo- ja poistoilman pääkanavat. Pääkanavaan liitettiin kaikille asuntolinjoille lähtevät tulo- ja poistoilman kokoojakanavat. Asuntolinjojen kohdalla kokoojakanavat jakautuivat neljäksi erilliskanaavaksi, tuloilmakanavaksi, tuloilman tehostuskanavaksi, poistoilmakanavaksi ja poistoilman tehostuskanavaksi.

Erilliskanavat mitoitettiin asuntolinjan ilmamäärän mukaan pienemmillään 160 mm:n ja suurimmillaan 200 mm:n kokoiseksi pyöreäksi kanavaksi. Asuntolinjojen erilliskanavaista tekniikkakuiluissa lähti kerroksissa asuntolinjan huonestoille 125 mm:n liitekanavat, jotka oli liitetty erilliskanaviin palopellein tai savunrajoitusehdot täyttävällä kuristimella. Asuinhuoneistojen liitekanavien kuristimena olisi ollut mahdollisuus käyttää myös ilmanvaihdon päätelaitteita, jossa savunrajoitusehdot täyttyivät kuristimena, mutta suunnitelmien selkeyden vuoksi säätö- ja mittaustyön tekijöille kohteen kuristimena käytettiin vain säätöpeltejä, jotka merkattiin suunnitelmiin *SP-tekstillä ja ei kuristimena toimivat säätöpellit merkattiin SP-tekstillä. Tulo- ja poistoilman tehostuskanavat suunniteltiin toimimaan on/off-moottoripelleillä aikaohjelman ohjaamana. Tehostustilanteessa moottoripellit avautuvat, ja aikaohjelman mukaisessa normaalitilanteessa moottoripellit sulkeutuvat. Kuvassa 9 on esitetty esimerkki kohteen asuinhuoneiston ilmanvaihto suunnitelmat. Tulo- ja poistoilmakanavien ilmamäärät ylittävät savunrajoitusehdon määräykset ja ne on toteutettu palopelleillä. Tulo- ja poistoilmantehostuskanavien savunrajoitus on tehty savunkuristimilla, koska ne täyttävät savunrajoitusehdon määräykset.



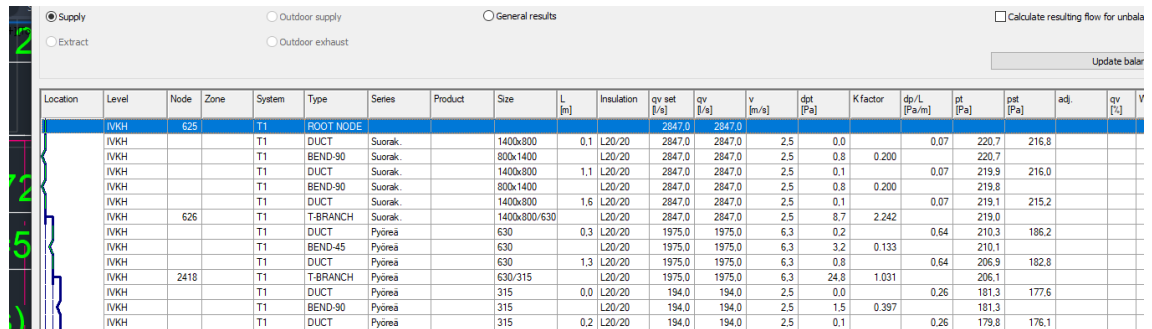
Kuva 10. KRI-125-säätöpelti on rajoitettu toimimaan Magicad-ohjelmassa säätöarvon 5,5 ja 7 välille [15].

Alla olevassa kuvassa 11 on huoneiston savunrajoitusehtojen mukainen kuristus toteutettu säätöpeltejä käyttämällä.



Kuva 11. Asuinhuoneiston savunrajoituskuristus, joka on toteutettu säätöpelteillä avulla [15].

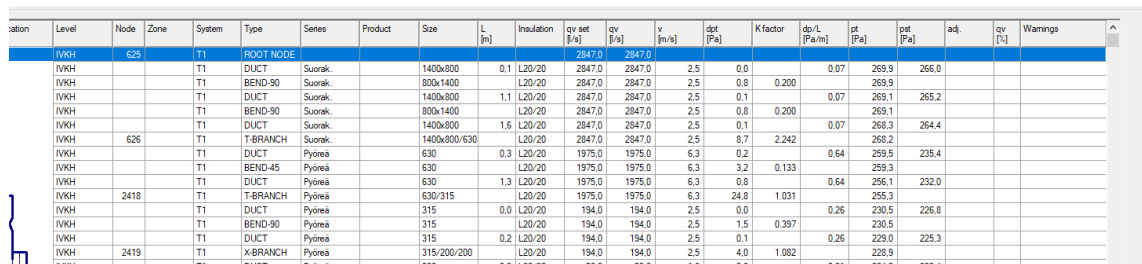
haastavimman asuntolinjan liitekanavat liitettiin erilliskanavaa sulkeutuvilla palonrajoittimilla eli palopelleillä.



Location	Level	Node	Zone	System	Type	Series	Product	Size	L [m]	Insulation	qv set [l/s]	qv [l/s]	v [m/s]	dpt [Pa]	Kfactor	dp/L [Pa/m]	pt [Pa]	pat [Pa]	adj.	qv [%]	V
IVKH		625		T1	ROOT NODE						2847.0	2847.0									
IVKH				T1	DUCT	Suorak.	1400x800		0.1	L20/20	2847.0	2847.0	2.5	0.0		0.07	220.7	216.8			
IVKH				T1	BEND-90	Suorak.	800x1400			L20/20	2847.0	2847.0	2.5	0.8	0.200		220.7				
IVKH				T1	DUCT	Suorak.	1400x800		1.1	L20/20	2847.0	2847.0	2.5	0.1		0.07	219.9	216.0			
IVKH				T1	BEND-90	Suorak.	800x1400			L20/20	2847.0	2847.0	2.5	0.8	0.200		219.8				
IVKH				T1	DUCT	Suorak.	1400x800		1.6	L20/20	2847.0	2847.0	2.5	0.1		0.07	219.1	215.2			
IVKH		626		T1	T-BRANCH	Suorak.	1400x800/630			L20/20	2847.0	2847.0	2.5	8.7	2.242		219.0				
IVKH				T1	DUCT	Pyöreä	630		0.3	L20/20	1975.0	1975.0	6.3	0.2		0.64	210.3	186.2			
IVKH				T1	BEND-45	Pyöreä	630			L20/20	1975.0	1975.0	6.3	3.2	0.133		210.1				
IVKH				T1	DUCT	Pyöreä	630		1.3	L20/20	1975.0	1975.0	6.3	0.8		0.64	206.9	182.8			
IVKH		2418		T1	T-BRANCH	Pyöreä	630/315			L20/20	1975.0	1975.0	6.3	24.8	1.031		206.1				
IVKH				T1	DUCT	Pyöreä	315		0.0	L20/20	194.0	194.0	2.5	0.0		0.26	181.3	177.6			
IVKH				T1	BEND-90	Pyöreä	315			L20/20	194.0	194.0	2.5	1.5	0.397		181.3				
IVKH				T1	DUCT	Pyöreä	315		0.2	L20/20	194.0	194.0	2.5	0.1		0.26	179.8	176.1			

Kuva 13. Magicad-ohjelmassa ilmanvaihtoverkosto tuloilman simulointi vaikeimmassa asuntolinjassa palopellejä käyttäen [15].

Alapuolella kuva 14. näyttää tilanteen, kun haastavimman asuntolinjan liitekanavat liitettynä kuristimilla erilliskanavaan.



Location	Level	Node	Zone	System	Type	Series	Product	Size	L [m]	Insulation	qv set [l/s]	qv [l/s]	v [m/s]	dpt [Pa]	Kfactor	dp/L [Pa/m]	pt [Pa]	pat [Pa]	adj.	qv [%]	Warnings
IVKH		625		T1	ROOT NODE						2847.0	2847.0									
IVKH				T1	DUCT	Suorak.	1400x800		0.1	L20/20	2847.0	2847.0	2.5	0.0		0.07	269.9	266.0			
IVKH				T1	BEND-90	Suorak.	800x1400			L20/20	2847.0	2847.0	2.5	0.8	0.200		269.9				
IVKH				T1	DUCT	Suorak.	1400x800		1.1	L20/20	2847.0	2847.0	2.5	0.1		0.07	269.1	265.2			
IVKH				T1	BEND-90	Suorak.	800x1400			L20/20	2847.0	2847.0	2.5	0.8	0.200		269.1				
IVKH				T1	DUCT	Suorak.	1400x800		1.6	L20/20	2847.0	2847.0	2.5	0.1		0.07	266.3	264.4			
IVKH		626		T1	T-BRANCH	Suorak.	1400x800/630			L20/20	2847.0	2847.0	2.5	8.7	2.242		260.2				
IVKH				T1	DUCT	Pyöreä	630		0.3	L20/20	1975.0	1975.0	6.3	0.2		0.64	259.5	235.4			
IVKH				T1	BEND-45	Pyöreä	630			L20/20	1975.0	1975.0	6.3	3.2	0.133		259.3				
IVKH				T1	DUCT	Pyöreä	630		1.3	L20/20	1975.0	1975.0	6.3	0.8		0.64	256.1	232.0			
IVKH		2418		T1	T-BRANCH	Pyöreä	630/315			L20/20	1975.0	1975.0	6.3	24.8	1.031		256.3				
IVKH				T1	DUCT	Pyöreä	315		0.0	L20/20	194.0	194.0	2.5	0.0		0.26	230.5	226.8			
IVKH				T1	BEND-90	Pyöreä	315			L20/20	194.0	194.0	2.5	1.5	0.397		230.5				
IVKH				T1	DUCT	Pyöreä	315		0.2	L20/20	194.0	194.0	2.5	0.1		0.26	229.0	225.3			
IVKH		2419		T1	T-BRANCH	Pyöreä	315/200/200			L20/20	194.0	194.0	2.5	4.0	1.082		228.9				

Kuva 14. Magicad ohjelmassa ilmanvaihtoverkosto tuloilman simulointi vaikeimassa asuntolinjassa kuristimia käyttäen [15].

Suunnittelun lopputuloksena oli luoda selkeät ja helposti tulkittavat suunnitelmat ulkopuolisille henkilöille.

5 Mittaus- ja säätötyö

Ilmavirtojen mittaus- ja tasapainotus on pitkälti järjestelmän laadun ja oikean toiminnan varmistamista ja rakennusten sisäilmaston kannalta keskeinen työvaihe. Tasapainotuksen yhteydessä varmistetaan mm. IV-järjestelmän suunnitelmien mukaisuus, suunnitelmien mahdolliset haasteet ja puutteet, asennusten

vaikutukset mittauksiin, laitteiden oikea toiminta sekä automatiikan ja ohjausten toiminta. [5 s. 47.]

Ilmanvaihdon säätöarvot esitetään ilmanvaihtopiirustuksissa ja laiteluetteloissa. Suunnitelmissa esitetään seuraavat ilmavirrat [5. s. 49–51]

- rakennuskohtaiset kokonaisilmavirrat
- runkokanavien ilmavirrat
- konekohtaiset ilmavirrat.

Suunnitelmista tulee käydä ilmi [5. s. 49–51]

- hallitut siirto- ja korvausilmareitit
- painearvot ja tarkoitetaanko paine-erolla esim. säätöpainetta tai kanavapainetta
- esisäätöarvot
- ilmanjaon suuntaus
- heittopituus.

Säätölaitteille ja päätelaitteille merkitään, valmistajan ja laitetyypin lisäksi [5. s. 49–51]

- esisäätöarvo
- paine-ero Pa
- ilmavirta dm³/s.

6 Yhteenveto

Työn tuloksena oli esimerkkikohteeseen suunniteltu keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä, jota voidaan käyttää pohjana Talokeskuksen tulevaisuuden uudisasuinrakennusten ilmanvaihtosuunnittelussa. Yritykselle on tärkeää, että suunnitelmat toteutetaan yhtenäisellä tavalla. Tämä helpottaa suunnitteluprosessin eri vaiheissa tapahtuviin asioihin reagointia ja kehittää järjestelmää entistä paremmaksi kohteiden suunnittelemisessa palautteiden avulla.

Esimerkkikohteen avulla työssä todettiin, että keskitetyssä ilmanvaihdon nelikanavajärjestelmässä avainasemassa on ilmanvaihtokanavien riittävän väljä mitoitus. Tämä pitää kanavapaineen alhaisempana, mutta samalla se lisää tilavaurauksen tarvetta, joka on pois myytävistä asuinneliöistä.

Tehostuskanaviston toteuttaminen asuntoihin on/off-moottoripellein on yksinkertaista ja edullista, ja huolto on vaivatonta. Ilmanvaihtokoneen toiminnan kannalta myös paloteknisten vaatimusratkaisujen toteuttamisella on suuri merkitys toimintaan. Asuntojen savunkuristimena käytettävälle laitteelle on esitettävä ilmamäärä- ja painehäviöarvot, ja tämä on haastavaa tehostuskanavistoissa. Kaikissa tilanteissa, joissa on mahdollista käyttää kuristinta, tämä ei ole välttämättä ilmanvaihtojärjestelmän kannalta paras vaihtoehto.

Jos asuntolinja on erittäin haastava, liian tiukaksi säädetty kuristin voi korottaa ilmanvaihtokoneiden paineita kohtuuttomasti ja tuloksena saatetaan joutua valitsemaan isompi ilmanvaihtokone, joka ei ole kaikissa tilanteissa mahdollista. Ilmanvaihtosuunnitelmien tekstien selkeällä esitystavalla on suuri merkitys ilmanvaihdon säätötyötä tekeväälle henkilölle. Työssä tultiin tulokseen, että on tärkeää esittää *-merkillä savunkuristimina toimivat laitteet.

Lähteet

1. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. 2017. 1009/20.12.2017.
2. Alanko Antti; Lindholm Jan; Luoma, Jussi; Mäkinen Sami; Määttä Janne; Näppi, Jouni & Penttilä, Janne. 2023. Ilmavirtojen mittaus ja tasapainotus opas. Taitotalo. <https://talotekniikkainfo.fi/sites/default/files/2024-01/Ilmavirtojen%20mittaus%20ja%20tasapainotus%20-opas_19.12.2023.pdf>. 5.12.2023. Luettu 10.4.2024.
3. Suunnitteluohje, ilmanvaihdon teoriaa & käytännön tietoa. 2014. Ensto Enervent. <<https://doc.enervent.com/op/op.ViewOnline.php?documentid=3299&version=0>>. Luettu 10.4.2024.
4. Ilmanvaihdon kehitysvaiheet. 2021 Verkkoaineisto. Rakentaja. <<https://rakentaja.fi/artikkelit/ilmanvaihdon-kehitysvaiheet/>>. 12.11.2021. Luettu 10.4.2024.
5. Painovoimainen ilmanvaihto. Verkkoaineisto. Hengitysliitto <<https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/ilmanvaihto/ilmanvaihtojarjestelmat/painovoimainen-ilmanvaihto-2-2/>>. Luettu 10.4.2024.
6. Ilmanvaihdon eri toteutustavat. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_taloyhtio/ilmanvaihto/ilmanvaihdon_eri_toteutustavat>. Päivitetty 17.1.2023. Luettu 10.4.2024.
7. Laakso, Tomi. 2021. Tiedätkö millainen ilmanvaihto asunnossasi on? Verkkoaineisto. Swegon. <<https://blog.swegon.com/fi/kuluttaja/tied%C3%A4tk%C3%B6-millainen-ilmanvaihto-asunnossasi-on>>. 16.2.2021. Luettu 8.4.2024.
8. Mustonen, Sirpa. Nykyaikainen ilmanvaihto mukautuu asukkaiden tarpeisiin. 2022 Kiinteistölehti. <<https://www.kiinteistolehti.fi/nykyaikainen-ilmanvaihto-mukautuu-asukkaiden-tarpeisiin>>. 17.10.2022. Luettu 16.6.2024.
9. Keskitetty Ilmanvaihto. Verkkoaineisto. Fläkt Group. <<https://www.flaktgroup.com/fi/ratkaisut/asuntoilmanvaihto/asuntoilmanvaihdon-ratkaisuja/keskitetty-ilmanvaihto/>>. Luettu 25.8.2024.
10. Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas. 2024. Verkkoaineisto. Talteka. <<https://talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/9-ulkoilmavirrat>>. 11.6.2024. Luettu 3.7.2024.

11. Keskitetty tulo- ja poistoilmajärjestelmä. Verkkoaineisto. Swegon.
<<https://www.swegon.com/fi/oppaat/rakennustyytit/asuntoilmanvaihto-opas/keskitetty-ftx-tarveohjattu/>>. Luettu 10.4.2024.
12. Jorma Säteri & Seppo Innanen. Asuinrakennusten Ilmanvaihtojärjestelmät. Opetusmateriaali. Metropolia. 7.9.2020. Luettu 19.4.2024.
13. Sandberg, Esa. 2016. Ilmastointilaitoksen mitoitus Ilmastointitekniikka Osa 2. Talotekniikka-julkaisut Oy. Luettu. 29.9.2024.
14. Ilmanvaihdon paloturvallisuus opas. 2024. Verkkoaineisto. Talteka.
<<https://talotekniikkainfo.fi/ilmanvaihtolaitosten-paloturvallisuus-opas>>
11.6.2024. Luettu 9.9.2024.
15. Esimerkkikohde. 2024. Yrityksen sisäinen aineisto. Suomen Talokeskus Oy.

