

# Ilmanvaihdon konehuoneosien mitoittaminen ja piirtäminen

Riku Pihlman

OPINNÄYTETYÖ  
Kesäkuu 2023

Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
LVI-talotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
LVI-talotekniikka

PIHLMAN, RIKU:

Ilmanvaihdon konehuoneosien mitoittaminen ja piirtäminen

Opinnäytetyö 32 sivua, joista liitteitä 1 sivu  
Kesäkuu 2023

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa oppaan muodossa ohjeistusta suunnittelijoille ja urakoitsijoille konehuoneosien mitoittamisesta ja lisätä tietoisuutta niiden vaatimuksista ja mahdollisuuksista. Tätä varten opinnäytetyöhön koottiin tietoa tutkimalla määräyksiä, ohjeita, standardeja ja RT-kortteja sekä haastattelemalla ammattilaisia, joilla on kymmenien vuosien kokemus konehuoneosien teosta.

Opinnäytetyö tehtiin RP-Ilmastointi Oy:lle, joka valmistaa pelti- ja metalliosia rakennusteollisuuteen. RP-ilmastointi on pirkanmaalainen perheyritys, joka on perustettu vuonna 1984.

Työssä käytiin läpi ammattilaisen silmin merkittävimmät asiat kanavien mitoittamisesta ja haalaamisesta sekä tehtiin esimerkkikuva mittapiirroksesta peltisepälle.

Opinnäytetyön lopputuloksena saatu opas konehuoneosien mitoittamisesta helpottaa yrityksen toimimista asiakaspinnassa.

---

Asiasanat: konehuoneosa, suorakaidekanava, kammio, ilmanvaihto

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Services Engineering  
HVAC Systems

PIHLMAN, RIKU:  
Dimensioning and Drawing of Ventilation Machinery Room Components

Bachelor's thesis 32 pages, appendices 1 page  
June 2023

---

The purpose of this thesis was to create guidance in the form of a manual for designers and contractors on the dimensioning of machinery room components and to increase awareness of their requirements and possibilities. To achieve this, information was compiled by studying regulations, guidelines, standards, and Finnish RT-cards, and by interviewing professionals with decades of experience in machinery room components.

The thesis was carried out for RP-Ilmastointi Oy, a manufacturer of sheet metal and metal components for the construction industry. RP-Ilmastointi Oy is a family-owned business located in Pirkanmaa region, established in 1984.

The work examined the most significant aspects of channel dimensioning and fabrication from a professional's perspective, and an example drawing was created for a sheet metal worker.

The resulting manual on the dimensioning of machinery room components from the thesis will facilitate the company's operations in customer interactions.

---

Key words: machinery room component, rectangular duct, chamber, ventilation

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	Konehuoneosat.....	7
2.1	Ilmanvaihtokonehuone .....	7
2.2	Ilmastointikone .....	9
2.3	Suorakaidekanavat ja osat.....	10
2.4	Suorakaidekanavan materiaalit.....	12
2.5	Suorakaidekanavien toleranssit, poikkeamat ja mitat.....	14
2.6	Suorakaidekanavan tiiveys .....	15
2.7	Suorakaidekanavan eristäminen .....	16
2.8	Puhtausluokka.....	17
2.9	Raitisilmakammio .....	17
2.10	Tulo- ja poistoilmakammio .....	19
2.11	Äänieristetty kammio .....	19
2.12	Muuntoyhde.....	20
2.13	Jäteilmakammio.....	20
2.14	Liitostavat .....	21
2.14.1	Eurolista .....	21
2.14.2	Z-lista .....	22
2.14.3	PI-lista .....	23
2.14.4	Niittikaulus.....	24
2.15	Osien tuenta .....	25
3	Mitoittaminen .....	26
3.1	Haalausreitit .....	26
3.2	Mittausvälineet ja tavat.....	27
3.3	Osien piirtäminen .....	27
3.4	Sovitusosat ja niiden käyttö.....	28
3.5	Osien toimitusajat.....	29
4	POHDINTA .....	30
	LÄHTEET.....	31
	LIITTEET .....	32
	Liite 1. Suorakaide-pyöreä muunnon heitto suunnat.....	32

**LYHENTEET JA TERMIT**

Muuntokappale	Kappale, jonka matkalla kanavakoko tai muoto muuttuu
Vakio-osa	Standardin mukainen ilmanvaihto-osa
LTO	Lämmöntalteenotto
OK	Osakokoinen pyöreä lähtöosa, jossa on kumitiiviste
PK	Putkikoon pyöreä lähtöosa, joka menee kumitiiviste- osan päälle
Pistepilvi	Pistepilvi on kolmiulotteinen aineisto kohteesta, joka koostuu miljoonista yksittäisistä pisteistä
Tietomalli	Tietomallilla tarkoitetaan digitaalisessa muodossa ole- van rakennelman 3-ulotteista esittämistä tietokoneella

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä käydään läpi konehuoneosien vaadittavia ominaisuuksia. Näitä ominaisuuksia ovat muun muassa osan jäykkyys, materiaali, tiiveysluokka, muoto, mitat sekä toleranssit. Lisäksi sivutaan osien eristämistä.

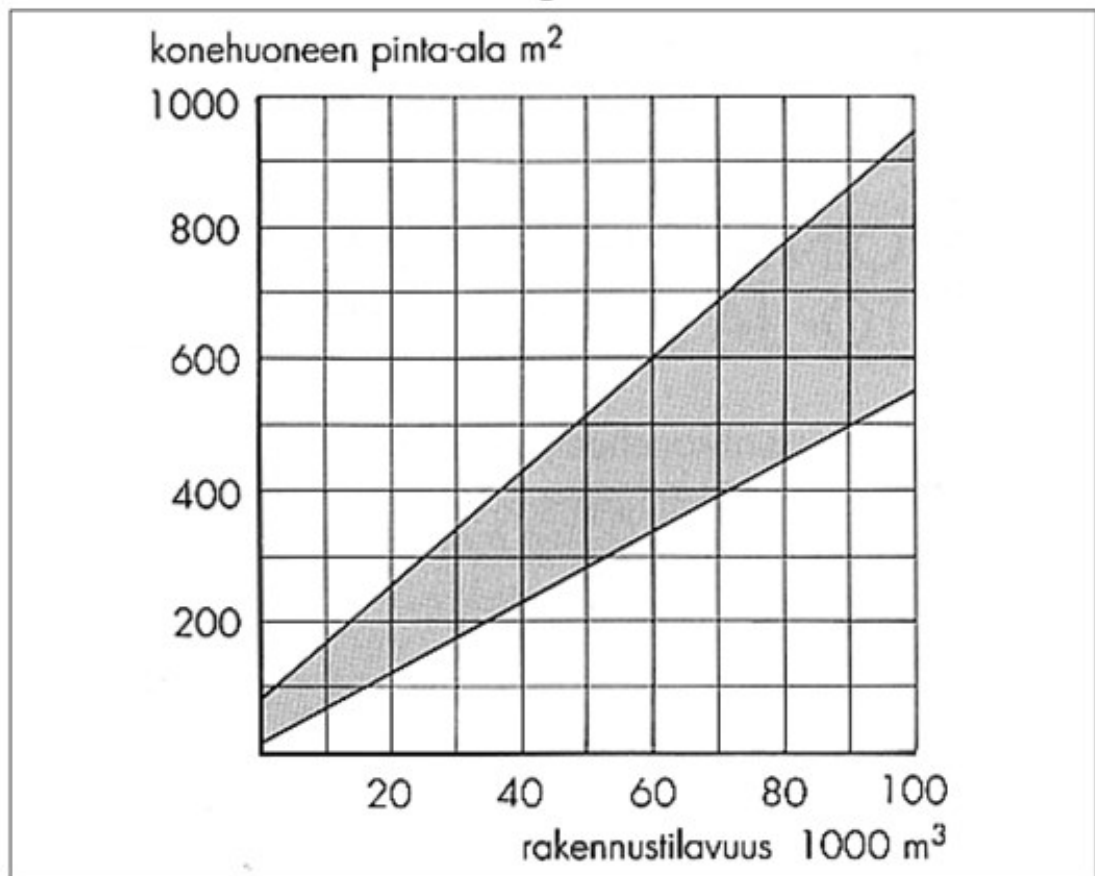
Konehuoneosien mitoitusohjeen tarkoituksena on helpottaa työmaalla suoritettavia osamitoituksia ja luoda yhtenäistä tapaa, jolla urakoitsijat saavat tilattua mittavalmisteisia kanavia ja kanavanosia. Mitoitusosaaminen vaihtelee mittajien välillä suuresti ja mitoittamisen ammattitaito on katoavaa kansanperinnettä. Suunnittelijoille ja urakoitsijoille tulee toistuvasti eteen tilanteita, joissa standardiosia ei voida käyttää. Näissä tilanteissa on hyvä hallita erikoisosan mitoittaminen ja piirtäminen.

## 2 KONEHUONEOSAT

### 2.1 Ilmanvaihtokonehuone

Ilmanvaihtokonehuone on usein rakennuksen ylimmässä kerroksessa tai katolla sijaitseva tila, johon ilmanvaihtokone sijoitetaan. Korkea sijainti takaa mahdollisimman puhtaan ulkoilman saannin ilmanvaihtojärjestelmään sekä hallitun ulospuhalluksen jäteilmailmalle.

Ilmanvaihtokoneiden koot ovat kasvaneet ekosuunnitteludirektiivin myötä. RT-kortissa 92-10478 on ohjeita ilmanvaihtokonehuoneen pinta-alasta rakennustilavuuteen nähden (Kuva 1). Kortissa ohjeistetaan myös konehuoneen vapaata korkeutta konehuoneen kokoon nähden. Vapaa korkeus on tärkeä määrittää yhdessä LVI-suunnittelijan kanssa, jotta koneen ja kanaviston saa eristeineen mahduttamaan ilmanvaihtokonehuoneeseen.



KUVA 1. Konehuoneen koko rakennustilavuuteen nähden

*"Ilmanvaihtokonehuoneet suunnitellaan siten, että konehuoneessa on riittävästi tilaa koneiden huoltoa ja puhdistusta varten. Riittävänä tilana voidaan pitää koneen huoltopuolella olevaa vähintään koneen levyistä ja korkuista tilaa (pyörivät LTO-siirtimet yleensä suurimmat) sekä koneen seinän puolella min. 400mm." (Olli Seppänen, Ilmastoinnin suunnittelu, Suomen LVI-Liitto)*

*"Konehuoneen lattiaan tarvitaan lattiakaivoja siten, että ulkoilmakammioista, jäähdytyspattereista ja LTO-pattereista tulevat kondenssiputket voidaan johtaa kaivoihin ilman käytävillä ja huoltoreiteillä lattian päällä olevia putkia. Nämä kaivot eivät voi olla vesilukollisia, koska kondenssi- ja vuotovesien tulo ei ole jatkuvaa. Ilmanvaihtokonehuoneessa on aina varauduttava vesivuotoihin ja lattian tulee olla luotettavasti vesieristetty." (Olli Seppänen Ilmastoinnin suunnittelu, Suomen LVI-Liitto)*

Ilmanvaihtokonehuoneisiin tulee olla riittävän suuri huoltoreitti tai haalausaukko, jotta koneita pystytään huoltamaan ja tarpeen mukaan vaihtamaan. Huoltoaukko johtaa usein suoraan vesikatolle, jonka kautta koneet tai niiden osat on mahdollista siirtää konehuoneeseen. Uudisrakennuksissa huoltoaukon koko on oltava vähintään ilmanvaihtokoneen suurimman osan kokoinen. Saneerauskohteissa ja suurissa tehtaissa voi tulla tilanteita, joissa konehuone sijaitsee niin keskellä rakennusta, että osien vaihdot on tehtävä sisäkautta. Osa ilmanvaihtokonevalmistajista tarjoaa ratkaisuja, joilla isonkin konekoon saa tuotua palasina pienestä aukosta.

## 2.2 Ilmastointikone

Standardin SFS-EN 13053 mukaisesti ilmastointikone on tehdasvalmisteinen laite, jossa käsitellään tulo-, poisto-, palautus- ja/tai siirtoilmaa. Tässä opinnäytetyössä keskitytään ilmastointikoneen osalta vain sen liitososiin. Liitososilla tarkoitetaan koneen päätyjen lähtöjä, joihin kanavat tai kammiot liitetään. Pienemmissä ilmastointikoneissa lähdöt ovat pyöreitä ja suuremmissa suorakaiteen muotoisia. Kantikkaat päädyt voi tilata listaliitoksilla tai ilman. Suorakaideliitososien koot eivät välttämättä osu vakiokokoihin, vaan ne määräytyvät ilmanvaihtokoneen rungon mukaan. Ilmanvaihtokoneen kokoon vaikuttaa ennen kaikkea liikutettava ilmamäärä ja sen siirtämiseen vaadittava paine.



KUVA 2. Ilmanvaihtokone Envistar Flexomix (Intervent, Jaatinen)

### 2.3 Suorakaidekanavat ja osat

Suorakaidekanavaa käytetään ilmanvaihtojärjestelmässä, kun vastaavan kokoista pyöreää kanavaa ei mahdu käyttämään. Suorakaidekanava on virtausteknisesti haastavampi kuin pyöreä kanava, siksi sen käyttöä pyritään välttämään. Suorakaidekanavaa tarvitaan esimerkiksi matalissa tiloissa, joissa halutaan alaslaskettu katto mahdollisimman korkealle.

Kanavan hydraulisella halkaisijalla ( $d_h$ ) saadaan kaavan 1 mukaan suorakaidekanavalle vastaava pyöreän kanavan halkaisija, joka aiheuttaa saman painehäviön samalla ilman virtausnopeudella ja samalla kitkakertoimella. (SFS 1505)

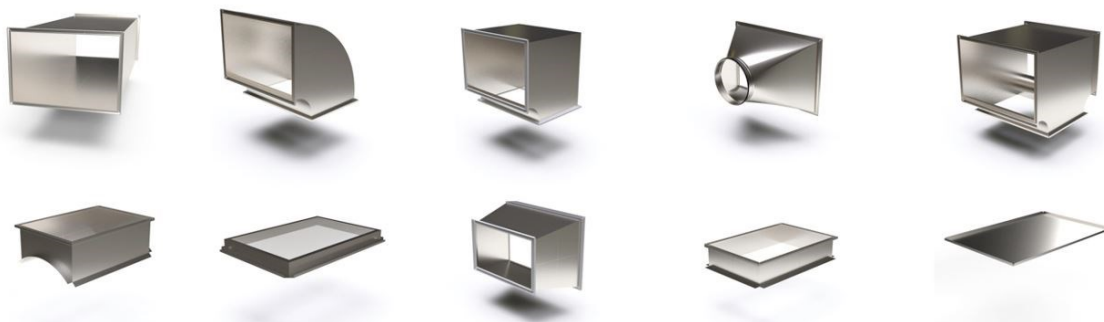
$$d_h = \frac{4 * A_c}{O} = \frac{2ab}{a + b} \quad (1)$$

$d_h$  = hydraulinen halkaisija, m

$A_c$  = pinta-ala, m<sup>2</sup>

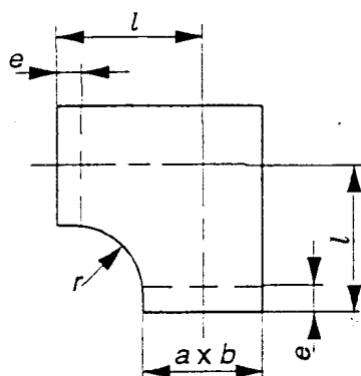
O = kanavan piiri, m

Suorakaidekanavalle on olemassa standardeja, joilla pyritään ohjaamaan osien oikeanlaista valmistamista. Kun osa on standardin mukainen, se täyttää siltä vaaditut ominaisuudet. Standardiosat ovat helppoja suunnitella ja tilata. Jolloin ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelussa ja toteutuksessa ei synny niin herkästi poikkeamia. Jos standardiosia ei pystytä käyttämään tilaustausten tai jonkin muun syyn vuoksi, turvaututaan erikoisosiin. Erikoisosat eivät välttämättä täytä kaikkia osilta vaadittuja ominaisuuksia.



KUVA 3. Standardin mukaisia ilmanvaihto-osia (RP-Ilmastointi Oy, Saku Pihlman)

Suorakaidekanavan osien mittoja on käsitelty standardissa SFS-EN 1505. Kanavan muodoilla on virtausteknisesti merkitystä, eikä liian jyrkkiä suunnan muutoksia tulisi tehdä. Osan kurkun säde ( $r$ ) ei tulisi olla alle 100 mm, alalla yleisemmin käytössä kurkun säteenä on 125 mm. Muuntoliittimen pituus tulee olla riittävä, jotta kulma  $\alpha$  on pienempi kuin  $60^\circ$ . Liian lyhyt muuntoliitin aiheuttaa turhaa painehäviötä kanavistoon.



a)

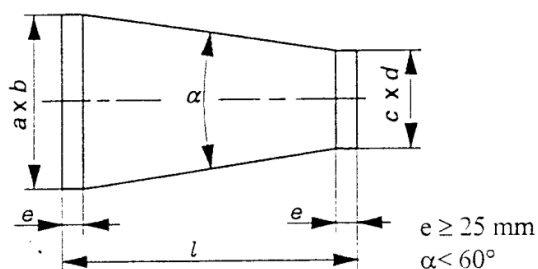
90 ° käyrä

$e \geq 25 \text{ mm}$

$r \geq 100 \text{ mm}$

$l = 0,5 a + r + e$

KUVA 4. Suorakaidekäyrä (SFS-EN 1505)



KUVA 5. Muuntoliitin (SFS-EN 1505)

## 2.4 Suorakaidekanavan materiaalit

Suorakaidekanavan materiaalina käytetään kuumasinkittyä teräslevyä, jonka sinkkikerros on vähintään 275 g/m<sup>2</sup>. Jos kanavisto sijaitsee korroosio-olosuhteita vaativammassa paikassa, voidaan kanavisto valmistaa myös haponkestävästä, ruostumattomasta teräksestä tai alumiinista. Suorakaidekanavan materiaali-paksuus valitaan alla olevan taulukon 1 mukaan.

Suorakaidekanava	Materiaalin paksuus
Pidempi sivu ≤ 400 mm	min. 0,5 mm
Pidempi sivu >400 - 800 mm	min. 0,7 mm
Pidempi sivu > 800 mm	min. 0,9 mm

TAULUKKO 1. Ilmanvaihto-osien materiaalivahvuudet (SFS-EN 1505)

Suorakaidekanavan lujuutta vahvistetaan ristikanteilla tai urituksella, joka muovataan peltiin. Suuremmat koot jäykistetään tarvittaessa jäykisteprofiililla ja/tai jäykistetangoilla. Vahvistuksia lisätään taulukon 2 mukaan, jotta kanava pitää muotonsa. Kuvassa 6 on toisessa kappaleessa ristikantit ja toisessa uritettu profiili.



KUVA 6. Ristikantti sekä uritettu suorakaidekanava

600 mm < a, b < 1200 mm	1 jäykistetappi
1200 mm ≤ a,b ≤ 1600 mm	2 jäykistetappia
1600 mm < a,b ≤ 2400 mm	3 jäykistetappia

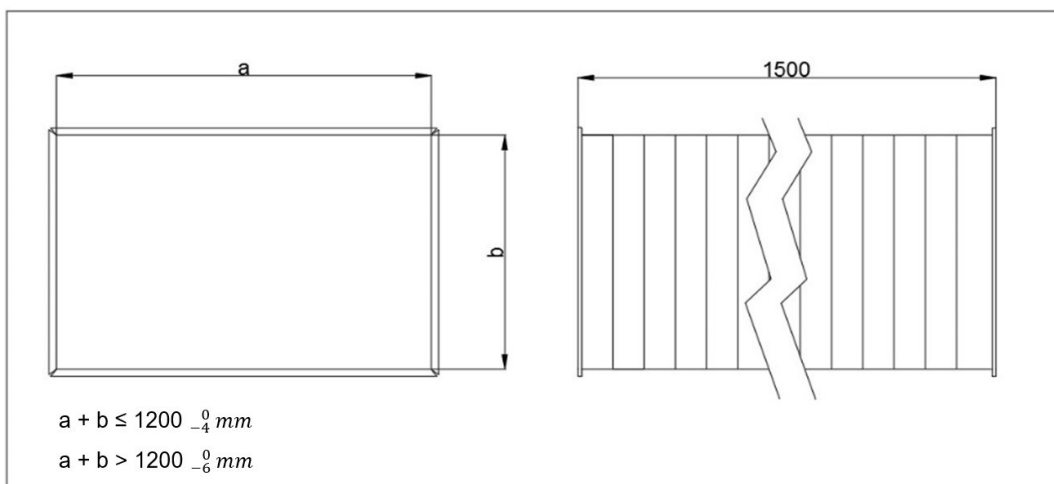
TAULUKKO 2. Jäykistetankojen määrä

*”Ilmakanavan ja kanavaosien seinämien materiaalit ja ainevahvuudet valitaan siten, että kanava ja kanavaosat kestävät niihin kohdistuvat rasitukset, kuten kuumuuden ja puhdistuksen. Paloturvallisuuden ja puhdistettavuuden kannalta vaativan kohteen (rasvakanavat, palo- ja räjähdysvaarallisten tilojen kanavat) teräsestä valmistetun kanavan ja kanavanosien seinämäpaksuus on vähintään 1,25mm” (Talotekniikkainfo 6.3).*

Valmistuskeittiöiden rasvakanavat, eli kanavat, jotka poistavat kohdepoistoilta ilmaa, on oltava vähintään 1,25 mm teräskanavaa.

## 2.5 Suorakaidekanavien toleranssit, poikkeamat ja mitat

Suorakaidekanavan ja osien vaaditut toleranssit, poikkeamat ja mitat on esitetty standardissa SFS-EN 1505. Kuvassa 7 on esitetty suorakaidekanavan päädyn mitat a ja b toleransseineen. Suorakaidekanavan pituuden toleranssi on  $0,005 * L$  ja kulmien toleranssi on  $2^\circ$ .



KUVA 7. Suorakaidekanavan a- ja b-mitta (RP-Ilmastointi Oy)

Pienin standardin mukainen suorakaidekanavan mitta on 200 mm x 100 mm. Tätä pienempiäkin kanavia saa, mutta niiden valmistus on vaikeampaa. Esimerkkinä voidaan ottaa saunakanava, jonka mitat ovat 48 mm x 150 mm, jolloin se mahtuu koolauksen sisään. Taulukossa 3 on esitetty vakiokokoiset suorakaidekanavat.

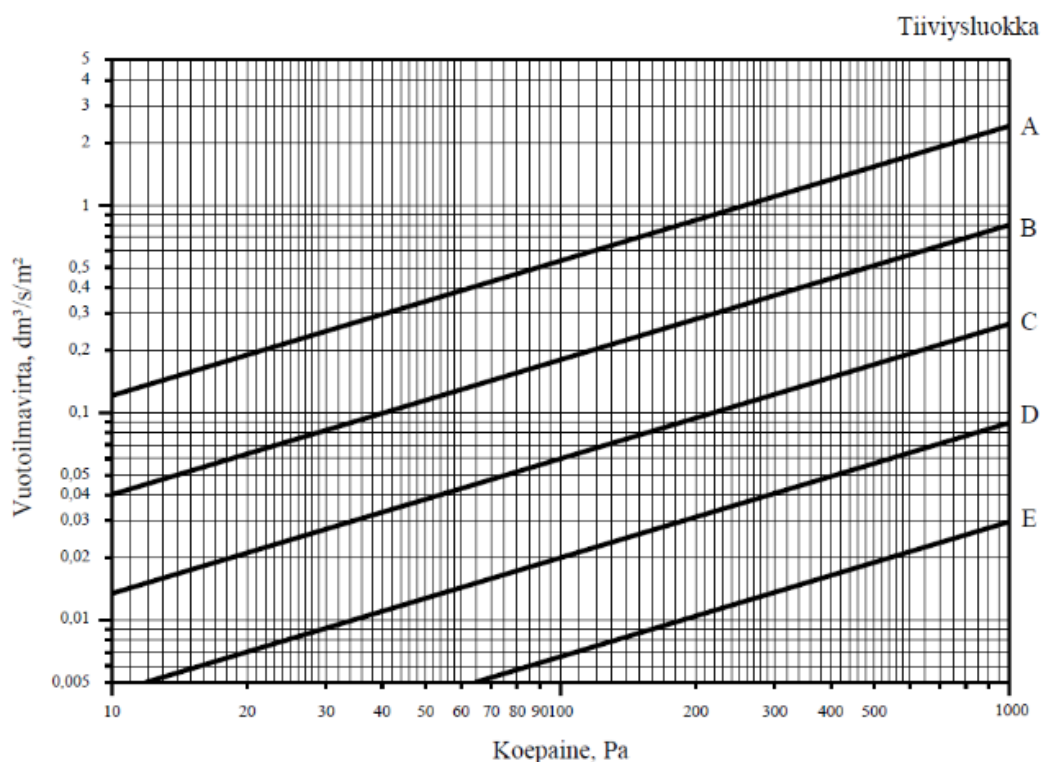
a, b	100	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200
200											
250											
300											
400											
500											
600											
800											
1000											
1200											
1400											
1600											
1800											
2000											

Taulukko 3. Vakiokokoiset suorakaidekanavat

## 2.6 Suorakaidekanavan tiiveys

Ilmanvaihto-osien tulee olla riittävän tiiviitä, jotta ne eivät aiheuta energiankulutusta, paloriskiä, hygieniaongelmia tai äänihaittoja. Kaaviossa 1. on esitetty ilmanvaihtojärjestelmän ja sen osien suurimmat sallitut vuotoilmavirrat vaipan pinta-alaa kohti eri tiivistysluokissa. Standardissa EN 1507:2006 määritellään vaatimukset ja testausmenetelmät suorakaidekanaviston lujudelle ja ilmanvuodolle. Tiiveysluokissa luokka E on tiivein.

*”Ilmanvaihtojärjestelmän kanavisto on tavanomaisissa rakennuksissa yleensä riittävän tiivis, kun se on tiiviydeltään vähintään tiiviytsluokkaa B. Kanaviston tiiviytsluokka B on saavutettavissa tavanomaisissa ilmanvaihtojärjestelmissä, kun käytettävien ilmakekanavien ja kanavanosien tiiviytsluokka on C”. (Talotekniikkainfo 19 Ilmanvaihdon tiiviytsluokat)*



KAAVIO 1. Vuotoilmavirrat vaipan pinta-alaa kohti eri tiiviytsluokissa (Talotekniikkainfo 19 Ilmanvaihdon tiiviytsluokat)

## 2.7 Suorakaidekanavan eristäminen

Ilmanvaihtokanavat eristetään tarpeen mukaan lämpö-, palo- tai äänieristeellä. Suorakaidekanavien eristämiseen käytetään levyvillaa. Taulukossa 4 on kootuna yhden valmistajan levyvillatyyppit ja niiden eristepaksuus sekä nimellistiheydet. Eri villavalmistajilla on eri vahvuisia villoja samaan tuotehyväksyntään, joten niiden välillä tulee olla huolellinen. Eristepaksuuksiin liittyvät RT-kortit LVI 50-10344 sekä LVI 50-10345.

Suorakaidekanavat	Eristyspaksuus, mm	Nimellistiheys kg/m <sup>3</sup>
EI 30	60	80
EI 60	60	120
EI 120	60	180
LE 50	50	35
LE 100	100	70
ÄE 50	50	40
ÄE 100	100	80

TAULUKKO 4. Erään levyvillavalmistajan eristetyypit, materiaalipaksuudet ja tiheydet

## 2.8 Puhtausluokka

Ilmanvaihtokanavisto tulee olla helposti puhdistettavissa. Myös suorakaidekanavissa tulee olla riittävästi puhdistusluokkua, joiden kautta kanavisto voidaan puhdistaa. Ne sijoitetaan usein käyriin tai haarakohtiin. Alla olevassa taulukossa on esitetty puhdistusluokkujen vähimmäismitat kanavaan nähden. Henkilöluokku vaaditaan paikkoihin, joihin on päästävä tarvittaessa sisälle, kuten raitisilmakammioon. Suureen, useampaa ilmanvaihtokonetta palvelevaan kammioon voidaan asentaa saranoitu huolto-ovi, josta on helppo kulku kammion sisälle. Taulukossa 5 on kerrottu puhdistusluokun koko kanavan sivun mitan mukaan.

*”Ilmanvaihtokanavina käytetään puhtausluokiteltuja tehdasvalmisteisia kanavia ja kanavanosia. Puhtausluokiteltujen tuotteiden rekisteriä ylläpitää Rakennustieto Oy. Ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokitus perustuu tuotteille asetettuihin yleisiin ja ryhmäkohtaisiin vaatimuksiin Ilmanvaihtotuotteiden luokituksessa on vain yksi puhtausluokka, M1.”* (Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, Sandberg Esa, Talotekniikka-Julkaisut Oy)

S < 250 mm	400 x 100
200 < S < 500 mm	400 x 200
S > 500 mm	500 x 400
Henkilöluokku	600 x 600

TAULUKKO 5. Puhdistusluokkujen mitat

## 2.9 Raitisilmakammio

Koneen raitisilmakammioilla otetaan hallitusti puhdas ilma rakennuksen pohjois- tai mahdollisest itäpuolelta sisälle ilmastointikoneeseen. Raitisilmakammio tulee eristää riittävän hyvin, yleensä 100 mm lämpöeristevillalla. Kammio on suoraan kosketuksessa pakkasilmaan ja ilman riittävää eristystä se voi alkaa kondensoimaan. Raitisilmakammiossa tulee olla myös kuivakaivo, jotta kammioon jäänyt lumi ja vesi pääsee poistumaan hallitusti. Kammioon voidaan lisätä sulatuskaapeli, joka varmistaa kammion pohjalla olevan lumen sulamisen. Raitisilmakammiossa tulee olla puhdistusluokku, jotta kaivo ja säleikkö ovat puhdistettavissa sisäkautta.

*Sadeveden ja lumen sisääntulo tuloilmakoneeseen estetään yleensä käyttämällä riittävän suurta viemäroityä ulkoilmakammioita, jossa nopeus on alle 1m/s. (SI-SÄILMASTOJA JA ILMASTOINTIJÄRJESTELMÄT, Esa Sandberg, Talotekniikka-Julkaisut Oy)*

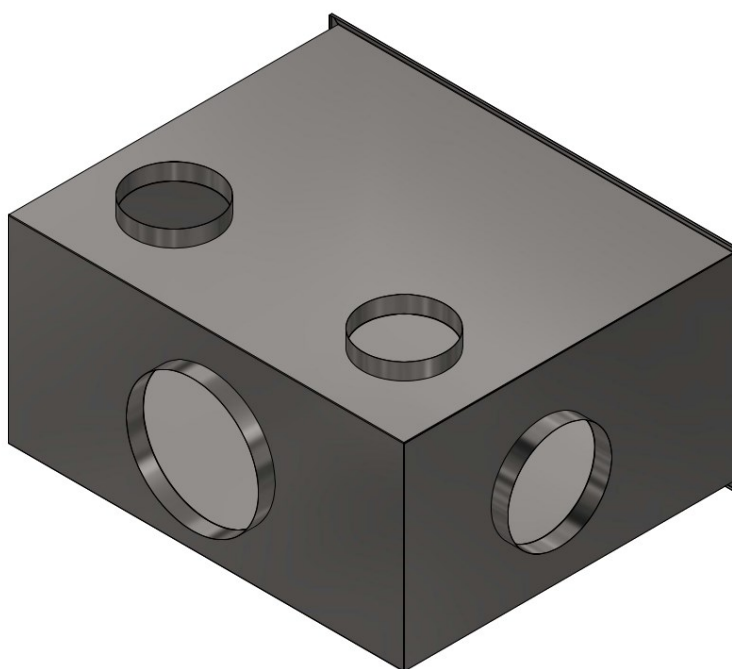
Eristetyt kammiot tuetaan tukilistoilla riittävän tukevaksi, jotta kammio pysyy muo-  
dossaan. Kammion lattiaan tulee kestävä huoltohenkilön painon huolto ja puhdis-  
tustilanteissa. Kammion tiiveys tulee säilyä. Kuvassa 8 on valmistumassa raitisil-  
makammio 100 mm lämpövillaeristeellä ja kuivakaivolla.



KUVA 8. Raitisilmakammio valmistusvaiheessa (RP-Ilmastointi Oy)

## 2.10 Tulo- ja poistoilmakammio

Tulo- ja poistoilmakammiot jakavat ilman ilmastointikoneen päästä lähteviin runkokanaviin. Kammioon tulee mahtua tarkastusluukku ja yhdistettävät kanavalähdöt. Erillistä ohjetta kammion pituudelle ei ole julkaistu, mutta alan toimijat suosittelevat vähintään 1 metriä. Tämä ei kaikissa konehuoneissa täyty. Liian lyhyt kammio kasvattaa painehäviötä. Jos ilmastointikoneelta lähtee vain yksi kanava, voidaan kammion sijaan käyttää muuntoyhdetä suorakaidekanavasta pyöreään kanavaan. Jos tuloilmastointikoneessa on jäähdytys, tuloilmakammio eristetään työmaalla lämpömattovillalla. Kuvassa 9 esimerkki tulo- tai poistoilmakammioista.



KUVA 9. Tulo- tai poistoilmakammio (RP-Ilmastointi Oy, Riku Pihlman)

## 2.11 Äänieristetty kammio

Kun halutaan alentaa koneesta lähtevää ääntä, välittömästi koneen jälkeen, äänieristetään tulo- ja mahdollisesti myös jäteilmakammio. Tällöin kammion sisäpuolelle asennetaan äänieristelevy ja tarvittaessa reikälevy, joka tukee äänieristemateriaalia. Mikäli äänieristeenä käytetään mineraalivillaa, tulee sen päällä olla siihen soveltuva huopa villakuitujen leviämisen estämiseksi. Villan tilalla käytetään myös polyesterikuidusta valmistettavia akustiikkalevyjä, sillä niistä ei irtoa ilmaan haitallisia kuituja.

## 2.12 Muuntoyhde

Muuntoyhde tarkoittaa kahden eri kokoisen kappaleen välistä osaa, jolla kappaleet liitetään toisiinsa. Muuntoyhteen lähdöt voivat olla erimuotoiset, jolloin voidaan siirtyä suorakaidekanavasta pyöreään tai toisinpäin. Kuvassa 10 on eristetty muuntoyhde suorakaidekanavasta pyöreään kanavaan.



KUVA 10. Eristetty muuntoyhde suorakaide-pyöreä (RP-Ilmastointi Oy)

## 2.13 Jäteilmakammio

Jäteilma johdetaan jäteilmakammion kautta ulos yleensä suoraan ylös vesikattolle. Joissain tilanteissa jäteilma joudutaan johtamaan myös rakennuksen seinästä ulos. Näissä tilanteissa käytetään erityistä ulospuhallussäleikköä kammion ja/tai kanaviston päässä. Ulospuhallettava ilma on LTO:n jälkeen huomattavasti kylmempää kuin ilmastointikonehuoneessa, tämän vuoksi jäteilmakammio tulee eristää. Eristeenä käytetään usein 50 mm lämpöeristevillaa sekä peltikuorta. Jäteilma johdetaan yleensä mahdollisimman kauaksi raitisilmasäleiköstä, jotta ilman sekoittumista ei tapahtuisi.

## 2.14 Liitostavat

Kanavanosiin on olemassa erilaisia liitostapoja, joista Suomessa yleisimmät ovat Eurolista, IT-lista sekä PI-lista. Eri listaliitoksilla voidaan vaikuttaa tiiveysluokkaan. Z-lista ja PI-lista sopivat keskenään, kunhan molemmissa käytetään omaa tiivistenauhaansa

### 2.14.1 Eurolista

Eurolista on kanavan päähän kiinnitettävä lista, jota valmistetaan 20 mm ja 30 mm levyisinä. Lista kiinnitetään siihen tarkoitetulla nipistimillä, ruuveilla tai niiteillä kappaleeseen enintään 50 mm välein koko matkalta, sekä kulmat tiivistetään massalla. Irtolistan sisällä oleva tiivistemassa tiivistää listaa. Listan profiili voidaan myös rullamuovata kappaleeseen siihen tarkoitetulla koneella. Listan kulmiin asennetaan siihen tarkoitetut kulmapalat. Kappaleita yhdistäessä listan sisäreunaan teipataan tiivistenauha, osat asennetaan vastakkain ja kiinnitetään M10 pulttimuttereilla, sekä listakiinnikkeillä maksimissaan 200mm välein. Eurolistaliitosten asentamisesta on annettu valmistajalta asennusohje, jolla osa täyttää vaaditun tiiveyden. Oikein asennettu europrofiililla saavutetaan luokkaan D. Eurolistaliitos on hyvä valinta, kun kappaleelta vaaditaan hyvää tiiveyttä ja jäykkyyttä. Kuvassa 11 on esitetty eurolistaprofiilit 20 mm ja 30mm.



KUVA 11. Eurolista 20 mm ja 30 mm sekä kulmapalat (RP-Ilmastointi Oy)

### 2.14.2 Z-lista

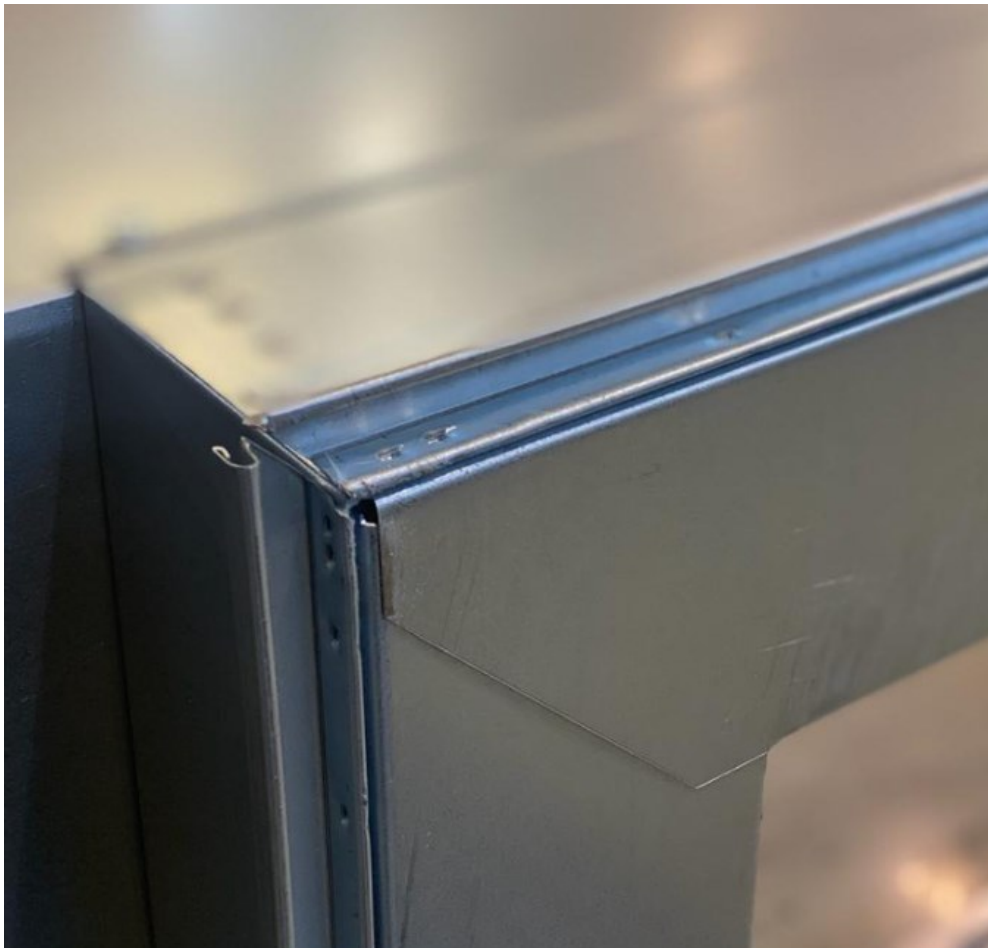
Z-lista, josta käytetään myös nimitystä IT-lista on erittäin yleinen listaliitostapa Suomessa. Z-listaa valmistetaan useana eri materiaalivaihtoehtona, mm. haponkestävänä, kuumasinkittynä ja alu-sinkittynä. Eurolistan tavoin Z-listaan tulee kulmapalat. Vanhemmassa kiinteistökannassa Z-lista on yleistä. Osia yhdistäessä Z-listaan painetaan tiivistenauha, osat asennetaan vastakkain ja kiinnitetään työntölistalla. Z-listan asentamisesta on annettu valmistajalta asennusohje, jolla osa täyttää vaaditun tiiveyden. Oikein asennetulla Z-profiililistalla voidaan päästä tiiveysluokkaan C. Z-lista on hyvä ja edullinen valinta korjausrakentamisessa ja uudiskohteissa, joissa tiiveysluokka C riittää. Kuvassa 12 Z-lista.



KUVA 12. Z-lista haponkestävässä suorakaidekanavassa (RP-Ilmastointi Oy)

### 2.14.3 PI-lista

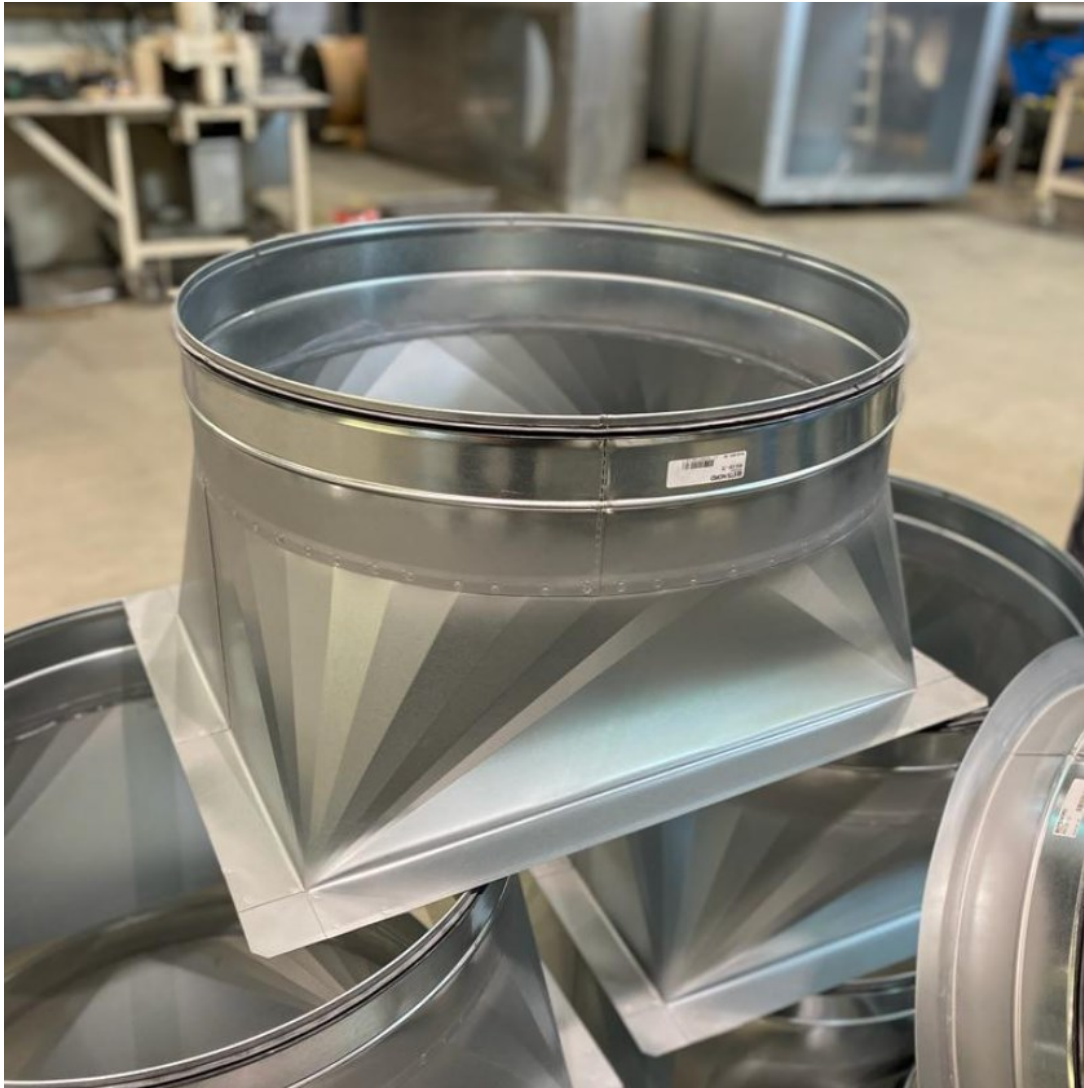
PI-lista, josta käytetään myös nimitystä U-lista, on yleinen listaliitostapa Suomessa. PI-listan päät leikataan 45 asteen kulmaan ja kiinnitetään osaan nipistimipiuhdeilla tai niittaamalla. Vanhemmassa kiinteistökannassa PI-lista on yleistä. Osia yhdistäessä PI-listaan painetaan tiivistenauha, joka varmistetaan kulmista kitillä, osat asennetaan vastakkain ja kiinnitetään työntölistalla. PI-listan asentamisesta on annettu valmistajalta asennusohje, jota noudattamalla asennettava kanavanosa täyttää vaaditun tiiveyden. Oikein asennetulla PI-profiililistalla voidaan päästä tiiveysluokkaan C. PI-lista on hyvä ja edullinen valinta korjauskentämissä ja uudiskohteissa, joissa tiiveysluokka C riittää. Kuvassa 13 on esitetty PI-lista kanavan ulkoreunassa.



KUVA 13. PI-lista eristetyn kanavan ulkoreunassa (RP-Ilmastointi Oy)

#### 2.14.4 Niittikaulus

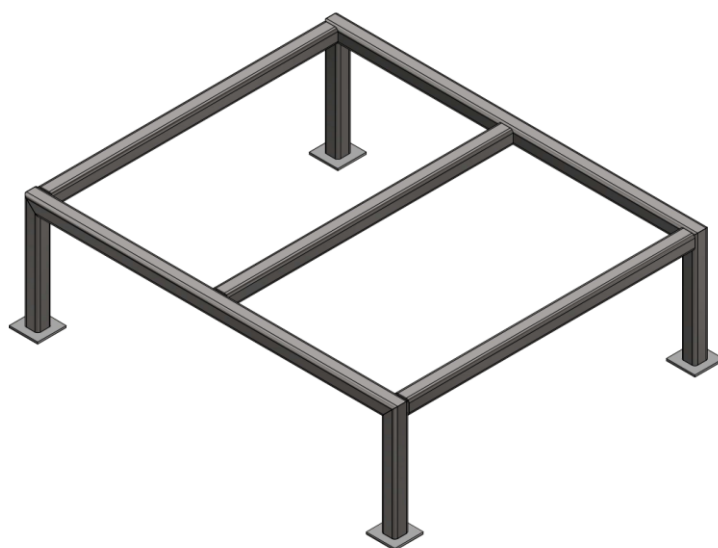
Niittikaulusta käytetään, kun halutaan kiinnittää osa tai kanava suoraan koneen päähän ilman listaliitosta. Liitos on massattava huolella ja niitattava koneen peltiin kiinni. Oikein asennettuna niittikaulus on hyvä kiinnitystapa. Kuvassa 14 on muuntoliitin jonka toisessa päässä on pyöreä osakokoinen kanavalähtö ja toisessa päässä suorakaiteen muotoinen niittikaulus 30 mm ulospäin käännettynä.



KUVA 14. Muuntoliitin 30 mm niittikauluksella ulospäin käännettynä (RP-Ilmastointi Oy)

## 2.15 Osien tuenta

Ilmastointikonehuoneosat ovat ilmanvaihtokoneen jälkeen raskaimmat osat ilmanvaihtojärjestelmässä. Ilmanvaihtokoneelle varataan usein valmis konepukki viemäröinnin kaatojen ja koneen suoraan asentamisen helpottamiseksi. Kammiot eivät voi roikkua listaliitosten varassa, vaan ne tulee tukea huolellisesti. Kammion pohjan tulee kestää vähintään huoltohenkilön ja työkalujen painon. Suurissa kammioissa pohja voidaan vahvistetaa vesivanerilla sisäpellin ja villan välissä tai tehdään tuplapohja, eli villan päälle 1,25 mm pelti ja päälle 0,7 mm pelti. Kammioiden pohja on tuettava riittävän laajalta alueelta, jotta se ei väänny mahdollisessa puhdistustilanteessa. Kammioiden alle on olemassa erilaisia tukijalkoja ja paikan päällä koottavia valmiskokouksia, joilla tuenta on riittävää. Jos ilmanvaihtokoneita kasataan päällekkäin, yli kahden metrin korkeudella olevalle koneelle on tehtävä huoltotaso. Jos huoltotaso toteutetaan siirrettävällä tasolla, on taso oltava lukittava. Kuvassa 15 kammion tukirakenne.



KUVA 15. Kammion tukirakenne (RP-Ilmastointi Oy, Riku Pihlman)

### 3 KONEHUONEOSIEN MITOITTAMINEN

Osia mitoittaessa tulee ymmärtää mitä eri vaatimuksia osille on määrätty ja mistä eri komponenteista osat koostuvat. Ymmärrystä täytyy löytyä suunnittelun, asennettavuuden ja valmistuksen näkökulmista. Konehuoneosien mitoittaminen onnistuu yhä harvemmalta yritykseltä.

#### 3.1 Haalausreitit

Osia mitoittaessa tulee huomioida haalausreitit ja nostomahdollisuudet. Monissa kohteissa käytävämäiset haalausreitit tuottavat ongelmia osien haalaamiseen asennuspaikalle. Konehuoneissa tulisi olla ilmanvaihtokoneen suurimman osan, yleensä lämmöntalteenottokennon, kokoinen haalausaukko esimerkiksi vesikatolle. Toisinaan ilmanvaihtokonehuoneet ovat niin keskellä rakennusta, että haalaus joudutaan toteuttamaan sisäkautta. Tällöin olla tarpeen purkaa ovenkarmeja tai seiniä, jotta osat saadaan järkevän kokoisina kappaleina konehuoneeseen. Konehuoneosat voidaan toimittaa elementteinä, jotka kootaan vasta ilmanvaihtokonehuoneessa. Kuvassa 16 on esitetty ilmastointikoneen osan nosto haalausaukolle.



KUVA 16. Ilmastointikoneen osan nosto haalausaukolle (IV-Palvelu Pihlman, Eemeli Fyhr)

### 3.2 Mittausvälineet ja tavat

Työmaalla rullamitta on useasti riittävän tarkka osien mittaamiseen. Koneiden asentamiseen kohtisuoraan seinän kanssa linjalasari on hyvä apuväline. Konepeti ja kone tulee säätää säätöjaloilla suoraan, jotta koneenosat eivät altistu väännöille. Konepetiä asentaessa suoruuden voi todeta vatupassilla.

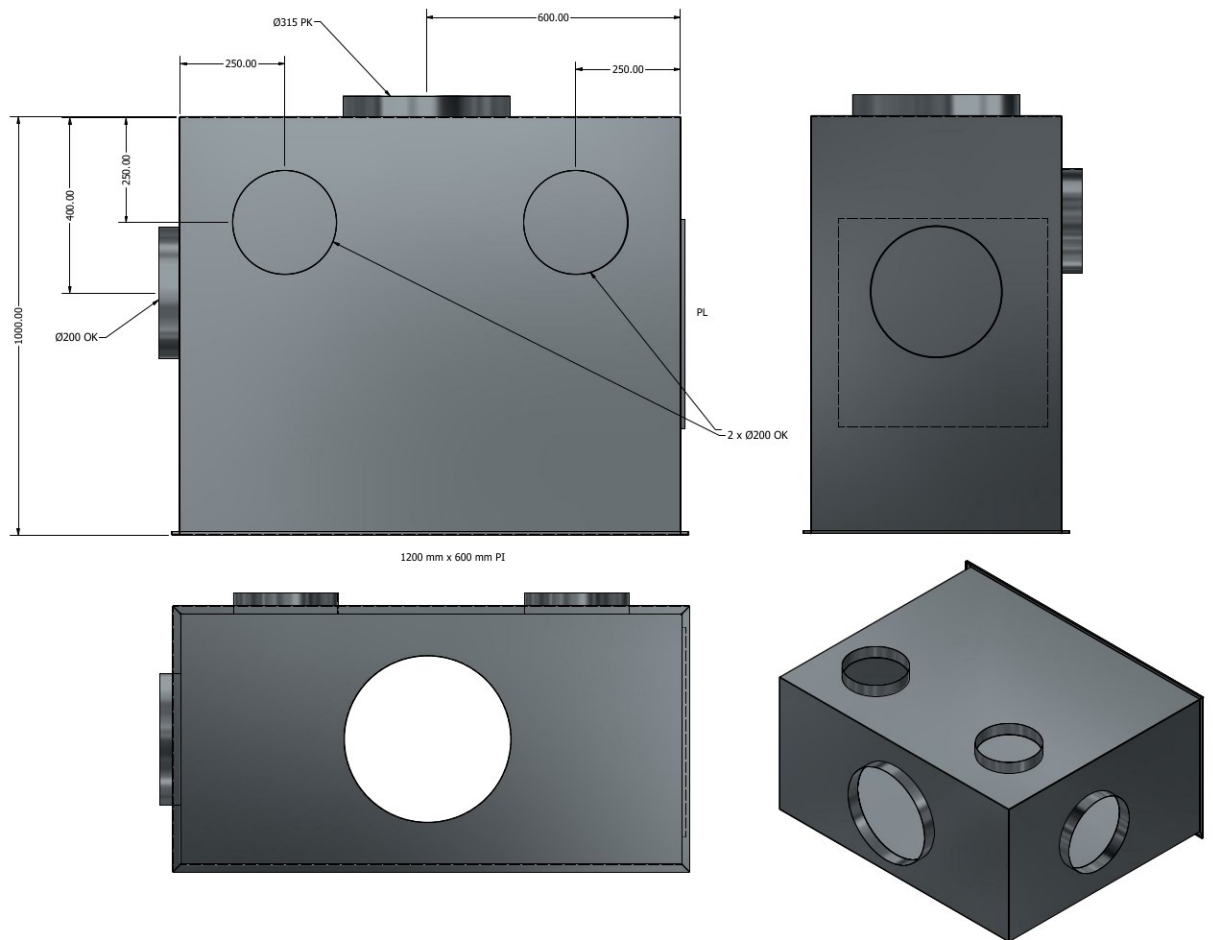
Teollisuudessa ja korjausrakentamisessa yleistyvät laserkeilatut pistepilvet ja tietomallit helpottavat osien suunnittelua ja valmiiksi mitoittamista. Tämän asteisessä suunnittelussa voidaan päästä niin tarkkoihin malleihin, että osat voidaan tilata täysin etukäteen tehtyinä. Rakentamisessa suunnittelulle varattu aika ei riitä kaikkien detaljien suunnitteluun ja osia mitoitetaan työmaalla.

### 3.3 Osien piirtäminen työmaalla

Osia piirtäessä olisi hyvä pyrkiä standardiosiin. Välillä joudutaan turvautumaan erikoisosiin. Jos standardiosista poiketaan, ilman virtaus ja äänitekniset seikat eivät ole suunnitelmien mukaiset. Erikoisosia valmistavat esimerkiksi paikalliset peltiverstaat ja muut ohutlevyyn keskittyvät yritykset.

Osia piirtäessä tilaukseen tulee merkata vain kaikki tarpeellinen tieto. Ilmastointikanavia piirtäessä käytetään millimetrejä. Vaikeammat osat tulisi piirtää kolmelta sivulta, jotta kaikki tarvittava mittatieto löytyy piirretystä kuvasta. Suorakaide-pyöreä muuntoyhde piirtäessä tulee kuvaa piirtää pyöreästä päästä katsottuna ja merkitä mahdolliset heitot kuvaan. Liitteessä 1 on esitetty kaikki suunnat, joihin suorakaide-pyöreä muuntoyhde voi heittää.

Kuvassa 17 on esitetty tarvittavat tiedot kammio-osan tilaamiseen. Lyhenne OK tarkoittaa osakokoista pyöreää lähtöä, johon voidaan liittyä pyöreällä kanavalla. Lyhenne PK tarkoittaa putkikoon lähtöä, johon voidaan liittyä esimerkiksi suoraan käyrällä. Lyhenne PL tarkoittaa puhdistusluukua. Suorakaidekanavaan kirjoitetaan aina näkyvä mitta ensin, sen jälkeen tulee syvyys.



KUVA 17. Osien piirtäminen (RP-Ilmastointi Oy, Riku Pihlman)

Kuvassa 17 on esitetty tarvittavat tiedot kammio-osan tilaamiseen. Lyhenne OK tarkoittaa osakokoista pyöreää lähtöä, johon voidaan liittyä pyöreällä kanavalla. Lyhenne PK tarkoittaa putkikoon lähtöä, johon voidaan liittyä esimerkiksi suoraan käyrällä. Lyhenne PL tarkoittaa puhdistusluukkuja. Osaa piirtäessä tulee näkyvän sivun mitta olla mainittuna aina ensin. Esimerkiksi kuvassa 17 osan mitta 1200 mm x 600 mm PI, näkyvän sivun mitta 1200 mm on ilmoitettu ensin.

### 3.4 Sovitusosat ja niiden käyttö

Isojen konehuoneiden kaikkia osia ei kannata mitoittaa valmiiksi. Rakentamisessa tilanteet muuttuvat ja kaikkea on vaikea ottaa huomioon. Konehuoneosiin kannattaa jättää sovitussosia, joilla mahdollistetaan kaikkien osien sopivuus. Sovitusosa kannattaa jättää helppoon paikkaan, josta sen saa asennettua osien väliin. Sovitusosien käyttö mahdollistaa muiden osien tilaamisen jo etukäteen ja oikeanlaisen sovitussosan valmistuksen asennuksen aikana.

### **3.5 Osien toimitusajat**

Konehuoneosien valmistaminen vie paljon aikaa. Osien teossa on monta käsityövaihetta, joita on hankala siirtää koneille. Osien toimitusaika on huomioitava jo ennen tilausvaihetta. Ilmastointikoneiden toimitusaika on yleensä useita viikkoja, jopa kymmeniä, konehuoneosilta vaaditaan päivien toimitusaikaa. Konehuone osien tarve painottuu kesäkuukausille ja osavalmistajia on alueellisesti rajallinen määrä. Hyvin mitoitettut ja ajoissa tilatut osat varmistavat niiden saannin työmaalle haluttuna ajankohtana.

## 4 POHDINTA

Opinnäytetyössä tutkittiin yritykseen vakiintuneiden toimintatapojen alkuperiä ja niiden nykyaikaisuutta. Työn aikana havaittiin, kuinka hankalasti tieto on esillä maksullisten ohjekorttien takana. Ohjeissa on paljon viittauksia jopa ristiin.

Ilmanvaihtokonehuoneiden mitoittamiseen liittyy paljon tekijöitä ja jokainen konehuone on erilainen. Mallintamisesta huolimatta tarve konehuone- ja erikoisosille on olemassa. Mitoittamisen taito varsinkin työmaaolosuhteissa vähenee jatkuvasti, joka näkyy yritykseltä kahteen kertaan tilattuina osina. Jos yrityksellä ei ole valmista katalogia, jonka mukaan asiakas voisi tilata osia, on lopputulos aina tilaajan piirustuksen ja toimittajan työntekijän välinen tulkinta.

Opinnäytetyön lopputuloksena saatu opas konehuoneosien mitoittamisesta helpottaa yrityksen toimimista asiakaspinnassa. Alkuperäinen opinnäytetyön tavoite oli luoda yritykselle katalogi, mutta ohjekortti palvelee yritystä tässä kohtaa paremmin. Tämä työ toimii pohjana katalogille, sekä tiivistetylle piirto-ohjeelle.

## LÄHTEET

Seppänen Olli, Ilmastoinnin suunnittelu, Suomen LVI-Liitto. Luettu 1.1.2023

Sandberg Esa. Sisäilmastointijärjestelmät, Ilmastointitekniikka osa 1, Talotekniikka-Julkaisut Oy. Luettu 1.5.2023

Sanberg Esa, Ilmastointilaitoksen mitoitus, Ilmastointitekniikka 2, Talotekniikka-Julkaisut Oy. Luettu 30.5.2023

Ilmanvaihdon tiiviysluokat, Talotekniikkainfo. Luettu 5.5.2023

<https://talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/19-ilmanvaihdon-tiiviysluokat>

Ilmakanavan materiaalivaatimukset. Luettu 5.5.2023

<https://talotekniikkainfo.fi/ilmanvaihtolaitosten-paloturvallisuus-opas/63-ilmakanavan-materiaalivaatimukset>

Sisäilmastoon ja ilmanvaihtoon liittyvät standardit. Luettu 10.5.2023

<https://talotekniikkainfo.fi/esimerkit/sisailmastoon-ja-ilmanvaihtoon-liittyvat-standardit>

Rakennusmateriaalien päästöluokitus – yleiset ohjeet 10.5.2023

[https://cer.rts.fi/wp-content/uploads/puhtausluokituksen\\_yleiset\\_snnt\\_100220.pdf](https://cer.rts.fi/wp-content/uploads/puhtausluokituksen_yleiset_snnt_100220.pdf)

Talotekniikkainfo 11.5 Valmistuskeittiöiden materiaalivaatimukset. Luettu 20.5.2023 <https://talotekniikkainfo.fi/ilmanvaihtolaitosten-paloturvallisuus-opas/115-valmistuskeittioiden-materiaalivaatimukset>

LVI-Kalenteri 2023, Suomen kalenterit

Intervent Oy, Antti Jaatinen puhelinkeskustelu 5.6.2023

RP-Ilmastointi Oy, Tapio Hauta-aho haastattelu 5.6.2023

IV-Palvelu Pihlman Oy, Eemeli Fyhr haastattelu 30.5.2023

IV-Palvelu Pihlman Oy, Janne Virta haastattelu 30.5.2023

**LIITTEET****Liite 1. Suorakaide-pyöreä muunnon heitto suunnat**