



Tomi Kilponen

Ohjeet pientalon ilmanvaihtourakan toteutukseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Rakennusmestari (AMK) -tutkinto
Rakennusalan työnjohto
Opinnäytetyö
13.4.2011

Tekijä	Tomi Kilponen
Otsikko	Ohjeet pientalon ilmanvaihtourakan toteutukseen
Sivumäärä	34 sivua + 6 liitettä
Aika	13.4.2011
Tutkinto	rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	rakennusalan työnjohto (LVI-tekniikka)
Ohjaaja(t)	toimitusjohtaja Pasi Kolehmainen lehtori Jyrki Viranko
<p>Tämän opinnäytetyön aiheena on antaa työnjohtajalle ohjeita ja neuvoja ilmanvaihtoprojektin toteutukseen pientaloissa. Työ tehtiin vastaamaan työnjohtajan tarpeita Putkityö Kolehmaisella, mutta siitä saa neuvoja myös moni vastavalmistunut työnjohtaja. Tavoite on perehdyttää työnjohtaja ilmanvaihdon teknisiin ongelmiin, niiden ratkaisukeinoihin, tarjouslaskentaan, toteutukseen työmaalla ja ilmanvaihdon mittauksiin sekä antaa tarvittava tietotaito sisäilmaston perusteista.</p> <p>Työssä luotiin ja tutkittiin tarjouslaskun toteuttamista ja laskemista käsin. Työnjohtajalle annetaan ohjeet ja valmiiksi toteutettu laskentapohja, jonka avulla tarjouksen laskeminen on osoittautunut helpoksi ja nopeaksi järjestelmäksi. Työssä myös verrattiin kahta erilaista laskutapaa keskenään.</p> <p>Työ antaa myös ohjeet asennusteknisiin osa-alueisiin, joita työnjohtajan olisi hyvä tietää. Eristystyypit ja -ohjeet, kannakointivälit, asennustavat sekä toimenpiteet urakan aikana kuuluvat työn aihepiireihin.</p> <p>Ilmanvaihdon mittaus pientaloissa kuuluu myös Putkityö Kolehmaisella suoritettaviin töihin. Työn loppupuolella onkin käyty läpi, kuinka mittaukset tulee suorittaa ja annetaan ilmanvaihdon ohjearvoja.</p> <p>Kokonaisuudeksi saatiin Putkityö Kolehmaiselle hyödyllinen tietopaketti, joka auttaa työnjohtajaa saamaan nopeasti selville vastauksia kysymyksiin, jotka ovat aiemmin aiheuttaneet epäselvyyksiä ilmanvaihtoprojektin aikana.</p>	
Avainsanat	ilmanvaihto, tarjouslaskenta, työnjohto, mittaus

Author	Tomi Kilponen
Title	Instructions for implementation of ventilation project on detached houses
Number of Pages	34 pages + 6 appendices
Date	13 April 2011
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management (HVAC)
Instructors	Pasi Kolehmainen, Managing Director Jyrki Viranko, Senior Lecturer
<p>The aim of this Bachelor's thesis is to help a construction site manager to carry out a ventilation project on detached houses. Although the final year project was made for a single company, it can be of use for any recently graduated construction site manager. The construction site manager is introduced to technical problems occurring in ventilation and their solutions, to tender calculation, to the implementations on site, and to ventilation measurements. Furthermore, the thesis covers the basics of indoor air.</p> <p>The tender calculation in the final year project was not done with any particular computer program. The construction site manager is provided with advice and a readymade model for tender calculation that has been proved to be quick and easy to use. Moreover, a comparison between two calculation styles was performed in the final year project. Furthermore, instructions about installation issues that a construction site manager should be familiar with are given in the Bachelor's thesis.</p> <p>Ventilation measurements are a part of what is done at the company. Therefore, at the end of this Bachelor's thesis there are some standard values for ventilation and instructions on how to perform the measurements.</p> <p>In the end, the company got a useful manual that gives information to problems during a ventilation project for a construction site manager.</p>	
Keywords	ventilation, tender calculation, construction site management, measurement

Sisällys

Lyhenteitä ja käsitteitä

1 Johdanto	1
2 Sisäilma ja terveys	2
2.1 Ilmanvaihdon tehtävät	2
2.2 Yleiset terveysvaikutukset	3
2.3 Kosteusvauriot	3
2.4 Ilmanvaihdon ongelmat	4
2.4.1 Veto	4
2.4.2 Hajujen leviäminen	5
2.4.3 Kosteuden tiivistyminen rakenteisiin	5
2.4.4 Laitemelu	6
2.5 Radon	7
3 Ilmastoinnin urakkalaskenta	8
3.1 Tarjouslaskenta	8
3.2 Laskennan ongelmat ja havainnointi	11
4 Toteutusvaihe	12
4.1 Tilaus	12
4.2 Ilmanvaihtotuotteiden varastointi	13
4.3 Asennustavat	13
4.6 Työnjohdolliset tehtävät	16
5 Ilmastoinnin mittaus	18
5.1 Ohjeavot	18
5.2 Sisäilmastoluokitus	19
5.3 Tiiviiden tarkistus	19
5.4 Kanaviston tasapainotus	20
5.5 Ilmavirtojen mittaus	22
6 Yhteenveto	25
Lähteet	27

Liitteet

- Liite 1. Pientalon ilmanvaihdon eristyskohteet
- Liite 2. Nopean laskutavan esimerkki
- Liite 3. Tarkan laskun esimerkki
- Liite 4. Ilmanvaihdon tarjouslaskentapohja
- Liite 5. Ilmanvaihdon eristyksen tarjouslaskentapohja
- Liite 6. Ilmavirtojen mittauspöytäkirja

Lyhenteitä ja käsitteitä

Ilmanvaihtokerroin	Tunnin kuluessa huonetilaan tai tilasta virrannutta ulkoilmavirtaa huonetilan ilmatilavuutta kohti, $(\text{m}^3/\text{h})/\text{m}^3 = 1/\text{h}$.
Kapillaarisuus	Hienorakeisten maalajien huokosissa tapahtuva veden nousu.
Koneellinen ilmanvaihto	Puhaltimen tai muun mekaanisen laitteen avulla aikaansaatu ilmanvaihto.
Käyttöaika	Aika, jolloin rakennuksessa tai tilassa oleskellaan tai rakennusta tai tilaa käytetään sen käyttötarkoituksen mukaisesti.
Painovoimainen ilmanvaihto	Lämpötilan ja tuulen aiheuttama paine-ero sisä- ja ulkoilman välillä. Lämmin ilma virtaa sitä varten rakennettuja hormoneja pitkin ja viileämpi raitisilma tulee ilmanottoaukoista tilalle.
Sisäilma	Ilmaa, jota rakennuksissa hengitämme.

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena on antaa ohjeita työnjohtajalle ilmanvaihtourakan toteutukseen pienissä projekteissa kuten omakotitalojen ja rivitalojen urakoissa. Tämä työ sopii luettavaksi aloitteleville työnjohtajille, joilla ei ole vielä paljoa käytännön kokemusta alasta. Ongelmia voivat tuottaa asennustyön tarkastaminen, sillä työnjohtajan on hyvä tietää asennusperiaatteista saman verran kuin asentajienkin. Muu toiminta projektin aikana, kuten tilausjärjestelyt, ilmanvaihtokanaviston tasapainotus ja mittaus tulevat käsitellyksi tässä työssä.

Urakkatarjouksen laskemiseen on kehitetty monia tietokoneohjelmia, mutta aina näitä ei ole mahdollista käyttää. Tässä työssä selvitetään, miten urakkatarjous voidaan laskea käsin, ja annetaan valmiita pohjia sen suorittamiseen.

Työ tehdään Putkityö Kolehmainen Oy:n käyttöön avustamaan tietojen ja ongelmien etsinnässä urakan aikana. Putkityö Kolehmainen Oy perustettiin toiminimellä vuonna 2001 Pasi Kolehmaisesta, joka jatkoi isänsä ja setänsä tietä LVI-alan yrittäjänä. Vuonna 2002 perustettiin jo osakeyhtiö. Yrityksessä työskentelee Kolehmaisesta lisäksi kolme asentajaa.

Yrityksen toimipaikka sijaitsee Vantaan Korsossa, jossa on varastointihalli ja toimisto. Putkityö Kolehmainen suorittaa asennustöitä asuin- ja liikerakennuksissa, joissa työnkuva vaihtelee saneerauksen ja uudisrakentamisen välillä. Työn kirjoittamishetkellä yrityksellä on kahdenkymmenen omakotitalon LV-projekti käynnissä Espoossa, jonka arvioitu päättymisen on kesäkuussa 2011. Yritys hoitaa myös pienempiä huoltotöitä yksittäisten asiakkaiden ongelmien korjaamiseen.

Opinnäytetyön aihe valittiin käytännössä tapahtuneiden ongelmien pohjalta, joissa huomioitiin, mitä puutteita projektien aikana tuli ja mitkä kysymykset kaipasivat lisää vastauksia. Tietoa ongelmiin sai etsiä monesta hankalasta paikasta, ja tämän työn avulla nuo havaitsemat ongelmakohdat ovat saatavilla yksien kansien takaa.

2 Sisäilma ja terveys

2.1 Ilmanvaihdon tehtävät

Ilmanvaihto voidaan toteuttaa joko koneellisesti tai painovoimaisesti, ja sen tärkeimpänä tehtävänä on ylläpitää hyvää sisäilmaa rakennuksessa. Ilmanvaihtojärjestelmä poistaa ilman epäpuhtaudet ja tuo tilalle raikasta ulkoilmaa. Korvausilma tuodaan yleensä oleskelutiloihin, kuten makuu- ja olohuoneisiin, ja ilma poistetaan ns. likaisista tiloista, joita ovat keittiöt, WC:t, pesuhuoneet, kylpyhuoneet sekä vaatehuoneet.

Hyvä ilmanvaihtojärjestelmä poistaa epäpuhtaudet suoraan niiden syntypaikaltaan, esimerkiksi keittiön poistoilma siirtyy suoraan liesikupuun sekä tuo riittävästi puhdasta ilmaa kaikkiin oleskeluvyöhykkeisiin.

Toimivalla ilmanvaihdolla on seuraavia ominaisuuksia:

- Toimiva ilmanvaihto pitää asunnossa alipaineen ulkoilmaan nähden, eli poistoilman virtaus on suurempi kuin saapuvan tuloilman.
- Ilmavirta siirtyy likaisiin tiloihin päin, esim. makuuhuoneen ilma siirtyy vaatehuoneen poistoilmaventtiin.
- Ilma ei "pysähdy" missään tilassa, vaan kiertää tuloilmaventtiilistä poistoilmaventtiin.
- Järjestelmä on päällä jatkuvasti, ja tarpeen mukaan siinä on mahdollisuus ilmanvaihdon tehostukseen.
- Hyvin toimivana ilmanvaihto on hajuton, vedoton ja äänetön.
- Ilmanvaihtokone on energiataloudellinen, ja ominaisuus tulee lämmöntalteenoton myötä parantumaan.
- Ilmanvaihto on helposti säädettävissä aina kanaviston tasapainotuksesta venttiilien ilmavirtojen mittauksiin.
- Järjestelmä on helppo käyttää ja huoltaa. Sen osat on helppo puhdistaa ja suodattimet vaihtaa. (1, s. 119–122.)

2.2 Yleiset terveysvaikutukset

Huonoon sisäilmaan vaikuttavat pääsääntöisesti rakennusmateriaalien hiukkasmaiset päästöt, rakennusten kosteusvauriot sekä home- ja laho-ongelmat. Ilmanvaihtolaitoksen huono hygienia tuo mukanaan epäpuhtauksia kanavistosta, maaperässä voi olla radonia ja tiloissa kosteusvaurioita. Ihmisen oma toiminta on myös ratkaisevassa asemassa huonon sisäilman syitä etsittäessä. (1, s. 16.)

Sisäilman haittatekijät voidaan jakaa kahteen osioon: kemiallisiin epäpuhtauksiin ja mikrobikasvustoihin. Kemialliset epäpuhtaudet tulevat mm.

- liikenteen päästöistä ja tupakansavusta (esim. hiilimonoksidi)
- eristeistä (esim. asbesti)
- rakennusmateriaaleista (esim. formaldehydi)
- ihmisten aineenvaihdunnasta (esim. hiilidioksidi).

Oleskelutilan rakenteissa tai huoneen sisäpinnoilla voi esiintyä silmin havaittavaa mikrobikasvustoa, joka on syntynyt kosteusvaurion takia. Ihmisen reaktiot huonoon sisäilmaan ilmenevät mm.

- hengitysteiden limakalvoilla
- keuhkoputkissa
- veressä
- keskushermostossa
- iholla
- silmissä. (2, s. 46–59.)

2.3 Kosteusvauriot

Yleisimpiä syitä kosteusvaurioihin ovat käytännön havaintojen mukaan mm.

- kosteat rakennusmateriaalit ja niiden riittämätön kuivaus rakennusvaiheessa
- putkisto- ja vesivuodot kattojen ikkunoiden räystäiden ja saumojen kautta
- puutteellisen salaojituksen takia rakenteisiin päässyt kosteus
- täyttemaan kapillaarisuus, jolloin kosteus nousee rakenteisiin

- puupohjaiset materiaalit suoraan kosketuksissa maahan tai kosteaan betoniin
- puuosat tuettu eristämättömään betonilaataan
- kosteiden tilojen puutteelliset kosteuseristykset ja saumaukset
- virheellinen ryömintätilan, julkisivujen tai kattorakenteiden ilmanvaihto suhteessa kosteusrasitukseen
- sisäilman puutteellinen ilmanvaihto suhteessa kosteustuottoon
- lämmöneristetty rakennus jätetty pitkäksi aikaa kylmilleen
- ilmanvaihdon puutteellinen käyttö ja huoltamattomuus
- kosteusvaurion korjauksen laiminlyönti. (1, s. 67–68.)

2.4 Ilmanvaihdon ongelmat

Huonosti toimiva ilmanvaihto voi aiheuttaa erinäisiä ongelmia rakennuksessa kuten vedon tunnetta, hajuja, melua sekä kosteusvaurioita. Ilmanvaihdon toimintaa voi helposti parantaa näillä toimilla:

- oikean käytön ja käyntiaikojen tarkistus
- poistoventtiilien avaaminen ja kunnostus
- korvausilman saannin parantaminen
- säleikköjen ja verkkojen puhdistus
- suodattimen vaihto uuteen
- siirtoilmareittien avaaminen
- vanhojen hormien tiivistäminen
- ilmanvaihdon puhdistus ja perussäätö (3, s. 52–53).

2.4.1 Veto

Liian alhainen huonelämpötila on tärkein syy vedontunteeseen. Liikkuva ilma kuljettaa lämpöä pois kehon paljaista osista ja erityisesti tämä tuntuu nilkoissa ja niskassa. Sopiva lämpötila huoneessa on yksilöllinen asia, mutta keskimäärin ihmiset ovat tyytyväisiä 20–22 °C:n lämpötilaoloihin.

Toimenpiteitä veto-ongelmien poistamiseen ovat mm.

- huoneen lämpötilan sekä lämmityksen perussäädön tarkastaminen
- kylmien pintojen eristäminen mattojen ja muiden lisäeristeiden avulla
- ikkunoiden säteilyvedon poistaminen lämmityslaitteilla tai poistamalla kukkalaudat patterien päältä
- ilmapuotokohtien tiivistäminen ja korvausilmaventtiilien asentaminen
- tuloilmasuuhkujen nopeuden ja suuntauksen muuttaminen, korvausilman ottaminen naapurihuoneesta
- ilmavirtojen suuruuden tarkistaminen, ilmanvaihdon puhdistus ja perussäätö. (3, s. 54–55.)

2.4.2 Hajujen leviäminen

Mikäli rakennuksessa esiintyy epämiellyttäviä hajuja, tulee selvittää niiden lähtöperä ja estää epäpuhtauden kulkeutuminen. Kun likainen tila on ylipaineinen verrattuna puhtaaseen tilaan, syntyy epäpuhtausvirtaus. Tämä kulkeutuu esimerkiksi rakennuksen vuotokohdista, joita ovat mm. rakenteiden liitoskohdat ja putkiläpiviennit.

Toimenpiteitä hajujen leviämisen estämiseen ovat mm.

- hajujen lähteiden poistaminen
- ilmanvaihdon toiminnan tarkastaminen
- painesuhteiden ja ilmavirtojen säätäminen suunnitelmien mukaisiksi
- korvausilman saannin tarkastaminen
- välipohjan vuotoilmareittien etsiminen esim. merkkisavujen avulla
- ilmanvaihtokanavien kunnon tarkistaminen ja vanhojen poistoilmanvaihtohormien tiivistäminen. (3, s. 58–59.)

2.4.3 Kosteuden tiivistyminen rakenteisiin

Sisäpuolelta huurtuvat ikkunat ovat tyypillinen merkki siitä, että kosteutta tiivistyy rakennukseen. Tämä johtuu liian pienestä ilmanvaihdosta suhteessa kosteuden tuottoon, ja pitkään jatkuva kosteuden tiivistyminen johtaa kosteusvaurioihin ikkunan alla ja seinässä.

Jotta kosteuden tiivistymiseltä välttyttäisiin, täytyy huolehtia riittävästä ilmanvaihdosta. Jos suihkun jälkeen peilin pinnalle muodostuva huurre ei poistu lyhyen ajan kuluessa, ei ilmanvaihto ole riittävä ja sitä tulee tehostaa.

Kosteusvauriot aiheutuvat veden pääsystä rakenteisiin ja toimivalla ilmanvaihdolla voidaan torjua kosteusvaurioiden haittoja. Huono ilmanvaihto ei siis ole ainoa syy kosteusvaurioiden syntymiseen. Ilmanvaihdon aiheuttamia kosteusvaurioita ovat mm.

- riittämättömän ilmanvaihdon johdosta kosteuden tiivistyminen pinnoille
- ilmanvaihtolaitokseen päässyt vesi, joka johtaa homeongelmiin, jos koneen viemärointi ei toimi
- huonosti eristetyn poistoilmakanavan sisäpinnalle tiivistynyt kosteus
- huonosti eristetyn raitisilmakanavan sisäpinnalle tiivistynyt kosteus
- jatkuvasti ylipaineisen ilmanvaihdon aiheuttama kosteuden tiivistyminen rakenteissa
- liian alipaineisen ilmanvaihdon kuljettama home rakenteista sisäilmaan. Hyvin toimiva ilmanvaihto alentaa sisäilman homeenpitoisuutta. (3, s. 60–61.)

2.4.4 Laitemelu

Ilmastoinnin ääniongelmät ovat suurimpia valituksen aiheita. Melu voi vähentää unen ja levon virkistävää vaikutusta, jos se vaikeuttaa nukahtamista tai aiheuttaa ylimääräisiä heräämisiä. Aiheuttamatta suoranaisia sairauden oireita heikkokin melu saattaa vaikuttaa häiritsevästi. Suurimpana äänilähteenä on ilmastointikoneen puhallin, jonka koon, painetason ja äänenvaimentimien valinnat vaikuttavat merkittävästi oikean äänitason saavuttamiseen.

Toisena äänilähteenä on kanavistossa virtaava ilma, jonka äänenkehitys määräytyy nopeuden ja kanaviston virtausteknisten ominaisuuksien mukaan. Ilmavirran nopeuden tulisi olla alle 4 m/s runkokanavissa ja alle 3 m/s haarakanavissa, jotta välttyttäisiin häiritsevältä melulta. Kanavistossa olevat säätöpellit ja venttiilit aiheuttavat myös sitä enemmän ääntä, mitä tiukemmin niitä kuristetaan.

Ääniongelmia voi aiheuttaa ilmanvaihtoventtiilin likaisuus tai sen oleminen vinossa. Palo- tai säätöpellit ovat voineet jäädä jossain kiinni, ja näistä aiheutuu myös äänihaittoja. Suunnittelija voi olla syyllinen ääniongelmiin, jos esimerkiksi puhallin tai päätelaitteet ovat väärin mitoitetuja.

Ilmanvaihtolaitteiden melua voidaan poistaa mm.

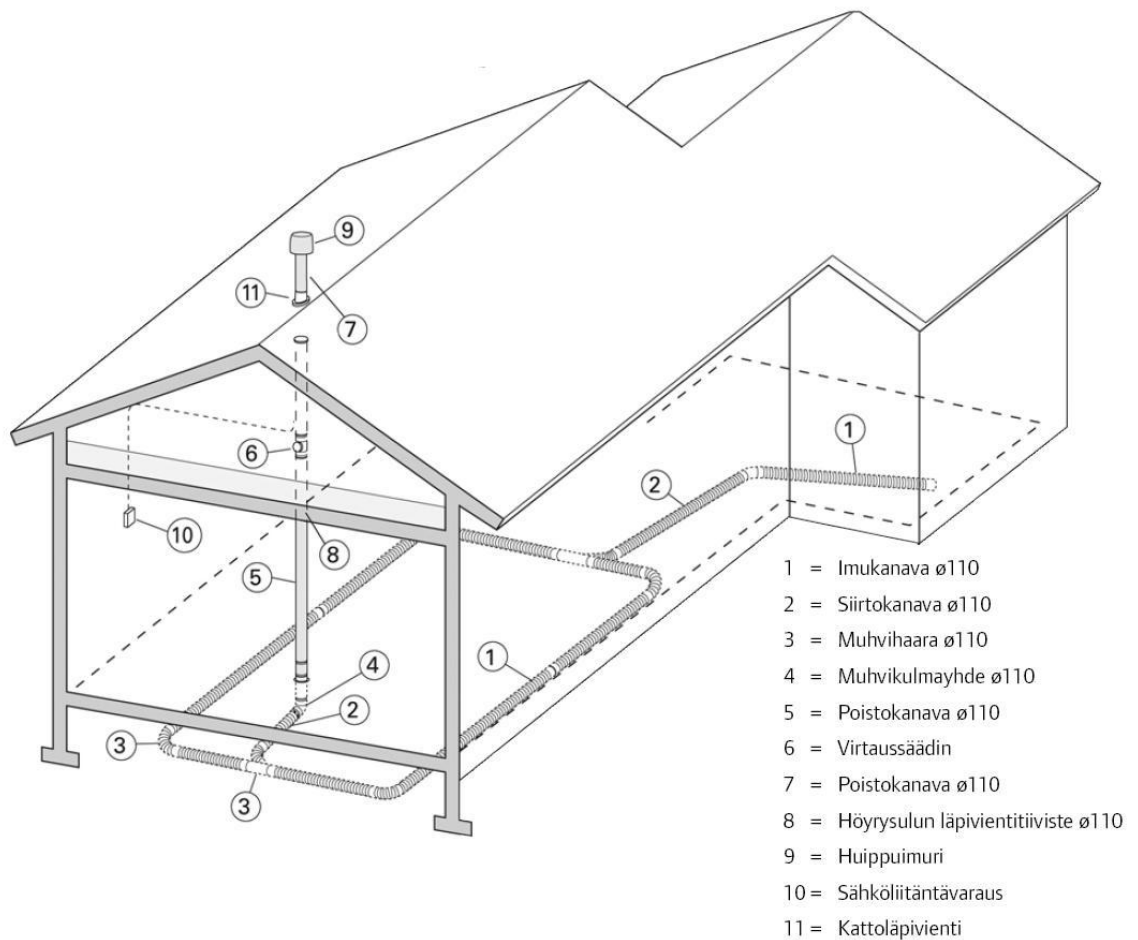
- tarkistamalla ilmavirtojen suuruus ja säätämällä ne oikeille tasoille
- tekemällä järjestelmään perussäätö ja valitsemalla oikea painetaso.
- vaihtamalla puhallin tarvittaessa suurempaan suurempaan ja muuttamalla sen säätötapaa
- lisäämällä äänenvaimentimia. (3, s. 63.)

2.5 Radon

Radon on radioaktiivinen jalokaasu, jota ei voi mitenkään aistia. Suurina pitoisuuksina radon voi aiheuttaa keuhkosityöpää. Radonin lähde on rakennuksen alla oleva maa-aines, ja jo pienellä virtauksella se voi nousta vuotoreittien kautta sisäilmaan. Erityisesti lämmityskautena rakennuksessa vallitsevan alipaineen johdosta on radonin sisäänvirtaus voimakkainta. (1, s. 97.)

Huoneilman radonpitoisuus ilmoitetaan becquereleina kuutiometrissä ilmaa (Bq/m^3). Uusien talojen suunnittelussa raja-arvona pidetään enintään $200 \text{ Bq}/\text{m}^3$ vuoden keskiarvona. Sisäilmastoluokitus 2000 edellyttää luokissa S1 ja S2 enimmäisarvoa $100 \text{ Bq}/\text{m}^3$, ja luokassa S3 $200 \text{ Bq}/\text{m}^3$. (4, s. 4.)

Radon-ongelman välttämiseksi käytetään rakennuksissa radonimureita. Ne vetävät ilmaa laatan alta synnyttäen sinne alipaineen, joka näin ollen alentaa vuotoilmavirtauksen radonpitoisuutta. Uudiskohteissa laatan alle täytemaahan sijoitetaan alipaineistus-putkisto noin 15 cm soran alle ja 1,5 m:n etäisyydelle sokkelista (1, s. 110). Kuvassa 1 esitetään Uponorin rei'itetystä salaojaputkesta ratkaisua radonjärjestelmän toteutukseen.



Kuva 1. Uponorin radonjärjestelmä (4, s. 6).

3 Ilmastoinnin urakkalaskenta

3.1 Tarjouslaskenta

Urakan tullessa laskettavaksi on hyvä lukea kaikki sen mukana tulevat paperit läpi, jotta saa selville mitä osia tai alueita urakasta tulee tarjota. Työselityksestä käy ilmi suunnittelijoiden ja yhteyshenkilöiden yhteistietoja, joiden avulla voi selvittää mahdolliset epäkohdat ja syntyneet kysymykset urakasta. Työselityksestä selviävät myös urakkarajat sekä muut työt, jotka sisältyvät urakkaan asennustyön lisäksi, kuten luovutusasiakirjojen ja mittauspöytäkirjojen kokoaminen, mittausten suorittaminen tai mahdollisten konekorttien tilaus.

Kun kaikki tarvittavat tiedot kohteesta on selvitetty, voidaan urakkalaskenta aloittaa. Urakkalaskennan ei tarvitse olla niin tarkka, että siitä pitäisi laskea erikseen jokainen osa jokaisessa kokoluokassa. Riittää, että kuvista lasketaan kanavan yhteispituus, käyrät, t-haarat, tulpat, supistukset, puhdistusluukut, äänenvaimentimet, venttiilit kehyksiin, saunakanavan, ilmanvaihtokoneen, huippuimurit ja kattoläpiviennit.

Ilmanvaihdon eristeitä laskettaessa ilmenee piirustuksista tai työselityksestä yleensä, mitä eristettä käytetään missäkin kanavassa. Jos suunnitelmissa ei tietoja ole tai suunnitelmia ei ole ollenkaan, selviää liitteestä 1 (5, s. 28) eristyksen tarve eri kanavissa. Mattoeristeen menekin voi laskea taulukosta 1.

Taulukko 1. Mattoeristeen menekki, m²/kanavametri (5, s. 24).

Kanava mm	Eristepaksuus, mm	
	50	100
100	0,63	0,94
125	0,71	1,02
160	0,82	1,13
200	0,94	1,26
250	1,1	1,41

Ajallisesti nopeampi laskutyö on antaa osille ja kanavalle keskiarvohinta sen mukaan, minkä kokoisia kanavia projektissa käytetään. Jos kanavat ovat välillä 100–160 mm, keskiarvohinnaksi otetaan 125 mm kanavan ja osien hinnat, koska näin pienillä kanavilla ei hintaero ole niin merkittävä. Tietenkin mitä laajempi kohde on, sitä tarkemmin lasku täytyy suorittaa, etteivät hintavirheet moninkertaistu.

Kuvan 2 pohjalta on tehty esimerkkilaskenta siitä, minkälainen hintaero ja ajallinen hyöty syntyy nopeasti lasketun tarjouksen sekä tarkemmin lasketun tarjouksen välille. Nopeaan laskuun (liite 2) on käytetty suppeampaa listausta. Siinä kanavat ja osat on laskettu yhteen ja annettu niille keskiarvollinen hinta tuotteiden eri kokojen kesken.

Tarkemmassa laskutavassa (liite 3) on laskettu kaikki osat ja kanavat niillä ko'illa, jotka on piirustuksiin merkitty. Hinnat on myös laskettu juuri niillä hinnoilla, jotka tiettyyn tuotteeseen määräytyvät.

Liitteessä 4 on esimerkki siitä, minkälaista listaa voidaan käyttää tarjouslaskukohteissa. Lista toimii parhaiten Excel-ohjelmalla, joka automaattisesti laskee urakan hintaa sitä mukaa kuin listaa täyttää materiaalien kappalemäärillä sekä niiden hinnoilla. Listassa on yleisimmät materiaalit, joita käytetään pienissä urakoissa, sisällytetty mukaan normituntikertoimien kanssa. Samalla kun lasketaan tuotteiden nettohintoja, tulee selville myös työn nettohinta. Ilmanvaihdon eristyksen laskuun voidaan käyttää listaa liitteessä 5. Siihen tarvitaan vain metrimäärät, kuinka paljon eristettä kyseiselle kanavalle menee sekä eristeelle hinta. Tämän jälkeen ohjelma laskee eristeen menekin neliömetreissä sekä antaa eristeelle ja työn osuudelle hinnat.

Tuntihinta, joka lasketaan joka urakkaan, on alati muuttuva, ja riippuu paljon kohteesta ja sen koosta, mikä tuntihinta urakkaan lasketaan. Liitteen 4 yläkulmaan laitetaan kulloisenkin urakan tuntihinta, joka kertoo itsensä urakkaan lasketuilla normitunneilla antaen urakan työn nettohinnan.

Osien ja työn nettohintoihin lisätään vielä kerroin, joka vaihtelee urakan tyyppin mukaan. Kerroin pitää sisällään mm. osien lisätarpeen (suunnitelmat ja käytäntö eivät aina kohtaa) ja matkustuskustannuksia. Tähän päälle tulee vielä kate, jonka jälkeen urakan hinta on valmis tarjottavaksi. Laskettuun hintaan eivät sisälly seuraavat työt:

- Tarvikkeiden ja työkalujen haku kauempaa kuin 30 metrin etäisyydeltä siitä kulkuaukosta, josta tarvikkeet kuljetetaan.
- Telineiden teko ja purkaus.
- Kanavien läpimenoja varten tarvittavien reikien teko ja niiden paikkaaminen.
- Varsinaiset talonrakennustyöt.
- Säätomittaukset ja pöytäkirjan teko. (6, s. 145.)

3.2 Laskennan ongelmat ja havainnointi

Laskennassa tulee ottaa huomioon kanaviston rakenne myös pystysuunnassa. Jokaiseen pystykanavaan on hyvä laskea 3 metriä kerrosta kohden. Jos venttiilit tulevat kuvissa heti käyrän tai t-haaran jälkeen, tulee kanavaa laskea tälle matkalle 0,5 metriä venttiiliä kohden.

Vaikka kokonaisuus olisi hyvin suunniteltu, käytännössä asennusvaiheeseen tulee aina muutoksia, joita olisi hyvä miettiä jo tarjouslaskuvaiheessa. Käyriä saattaa mennä huomattavasti enemmän kuin piirustuksista voi laskea. Yläpohjassa voi olla ahtauden ja kattopalkkien takia pakko poiketa suunnitelmista. Tuntitöissä ei niinkään ole väliä piirustusten yksityiskohtaisuudesta ja osien lukumäärästä, sillä kaikki asennetut osat ja työt lasketaan aina päivän päätteeksi ja laskutetaan asiakkaalta maksuerätaulukon mukaisesti.

4 Toteutusvaihe

4.1 Tilaus

Kun ilmastointiurakka työmaalla alkaa, riippuu kohteen koosta ja varastointimahdollisuuksista, kuinka paljon ja mitä tavaroita työmaalle tilataan. Jos työjärjestys on selvillä, voidaan tilata tarvittavat osat tietyn työvaiheen tarpeeseen esimerkiksi kaksikerroksisen omakotitalon toisen kerroksen valmiiksi saattamiseen.

Aina kun tavaraa saapuu työmaalle muista tarkastaa, että toimitus vastaa tilausta. Vaurioiden ja puutteiden ilmetessä ota yhteys tavarantoimittajaan. Ilmastointikanavia voidaan tilata paikan päälle 50–90 % tarvittavasta määrästä, sillä niiden tarve urakan alussa on suuri. Jos kanavia tilataan liikaa, on ylimääräiset käyttämättömät kanavat hankala kuljettaa pois työmaalta, kun urakka on valmis, mutta niitä on helppo tilata lisää.

Ilmanvaihtokone tilataan työmaalle, kun on sen asentamisen aika. Kone on valmis asennettavaksi, kun tulo-, poisto-, raitis- ja jäteilmakanavat on asennettu koneen tulevalle paikalle ja pinnoitteet on tehty seiniin, eli kun tila on valmis. Useisiin malleihin on saatavissa kattoasennuslevy, joka on helppo asentaa jo kanavien asennuksen aikana. Tämä helpottaa koneen asentamista myöhemmin, kun sen voi vain nostaa omalle paikalleen kiinni.

Venttiilien tilaus tapahtuu, kun kaikki seinä- ja kattopinnat ovat valmiita. Venttiilit voi tilata kaikki samaan aikaan kiinnityskehysten kanssa. Venttiilien asennuksen, kanavien tasapainottamisen ja ilmamäärämittauksen voi suorittaa samalla kerralla.

4.2 Ilmanvaihtotuotteiden varastointi

Ilmanvaihtotuotteet on suojattava sisäpuoliselta lialta ja kastumiselta työmaalla. Kanavaosat pidetään lavoilla, joissa ne on toimitettu, ja pidetään säältä suojattuna (kuva 3). Kanavapäiden tulppausta ei saa poistaa tai rikkoa varastoinnin aikana ja rikkoutuneet suojaukset on korjattava välittömästi. Muut osat, kuten käyrät, haarat ja säätöpellit, pidetään suljetuissa pahvilaatikoissa ja jos mahdollista, ne säilytetään sisätiloissa saateelta suojattuna. (7, s. 19.)



Kuva 3. Kanavien oikea varastointi- ja säilytystyyli (8, s. 7).

4.3 Asennustavat

Asennuksen alussa on hyvä todeta, että asennus voidaan toteuttaa suunnitelmien mukaan vertaamalla asennuspiirustuksia asennuspaikkaan. Ilmanvaihtokanaviston asennuksen aikana on pyrittävä huomioimaan seuraavia tärkeitä asioita, joiden toteutuessa kanavisto pysyy puhtaana:

- Tuotteiden suojaukset poistetaan juuri ennen asennusta.
- Asennustyön aikana kanavaan ei saa päästä likaa.

- Kanavien ja kanavaosien sisäpintoihin ei saa jäädä jäysteitä, ruuveja eikä muitakaan likaa kerääviä ja puhdistustyötä vaikeuttavia epätasaisuuksia.
- Kanavien ja osien tiivistyksissä tulee välttää liian runsasta kitin käyttöä.
- Kanaviston kaikki avonaiset päät tulee tulpata aina asennustaukojen ja keskeytysten aikana käyttöönottoon asti.
- Popniittien asennusta tulee välttää vaakasuuntaisten kanavien alapuolelle. Reiästä saattaa tulla muuten kondenssivettä läpi.
- Kanavaosia ei työstetä katkaisulaikalla, vaan leikkaavalla, rautapölyä tuottamattomalla työkalulla.
- Liitosten teossa osien tiivisteet eivät saa vahingoittua. Osien yhdistäminen tehdään toisiinsa puhtaalla alustalla työntäen ja kiertäen.

Kanavistossa tulee olla tarpeeksi puhdistusluukkuja, joiden kautta kanaviston likaantuminen voidaan todeta ja puhdistaa käyttötavan edellyttämin aikavälein. Luukkujen sijoittelussa on huomioitava seuraavia seikkoja: avautuvuus, luokse päästävyys, työskentelymahdollisuudet ja puhdistusetäisyys. (9, s. 30–31.)

4.4 Kannakointi

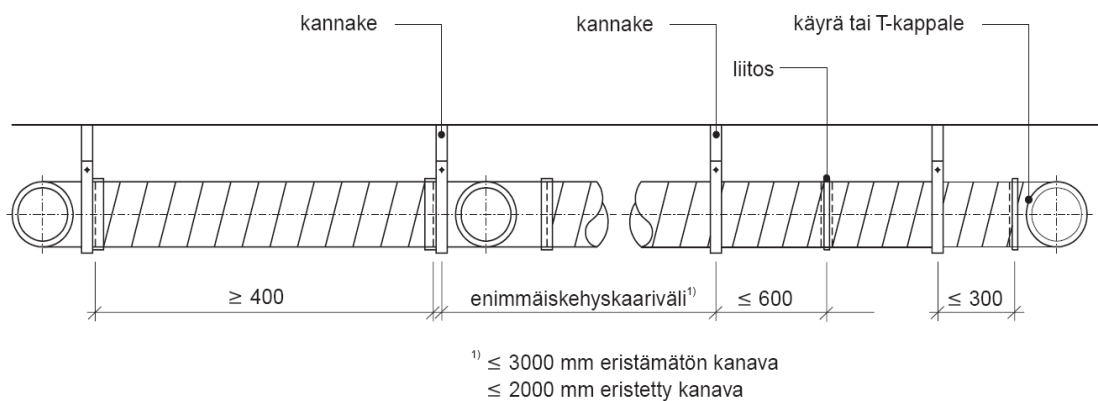
Ilmanvaihtokanavien kannakoinnin on kestettävä oman painonsa lisäksi ilmanvaihtokanavien eristeiden ja pinnoitteiden painot, värähtelyn sekä nuohouksen aiheuttamat rasitukset. Eristetty ilmanvaihtokanava kannakoidaan aina kanavasta, ei eristyksestä. Ääniteknisesti vaativissa kohteissa kannakkeiden ja ilmanvaihtokanavien väliin asennetaan ääneneristyskumit tai -muovit. Muovikanavien kannakoinnissa käytetään valmistajien ohjeiden mukaisia kannakointivälejä. (10, s. 17.)

Ilmanvaihtokanavien ja osien, joiden koko on alle 250 mm, kiinnityksessä käytetään vähintään 3 popniittiä. Taulukosta 2 selviää enimmäiskannakointiväli 200:n ja sitä pienempien kanavakokojen enimmäiskannakointiväli sekä aukkojen tekoon tarvittavat mitat.

Taulukko 2. Ilmanvaihtokanavien enimmäiskannakointivälit ja aukko-varaukset (10, s. 17).

Kanava- koko mm	Enimmäis- kannakointiväli m	Aukko- varaus mm
100	3	125
125	3	160
160	3	200
200	3	250

Kuvasta 4 käy ilmi käyrien, t-haarojen, liitososien ja eristyksen vaikutus tarvittaviin kannakeväleihin.



Kuva 4. Liitososien vaikutus kannakointiväleihin (10, s. 17).

4.5 Eristys

Eristeitä käytetään lämmön-, äänen-, palon- ja kondenssineristämiseen. Eristeillä on omat tunnuksensa, ja ne voi helposti jakaa neljään luokkaan. A: mineraalivillakourut, B: mineraalivillamatot, D: mineraalivillalevyt ja E: polyeteeni, polystyreeni ja solukumi kourut, matot ja levyt (11, s. 2–3).

Kaikissa urakkakohteissa ei välttämättä ole tehty tarpeeksi yksityiskohtaista suunnitelmaa tai niitä ei ole tehty ollenkaan. Ohjeet eri eristetyyppien sijoittelusta kanavistoon

ovat liitteessä 1 (5, s. 22–23). Siitä selviää tarkasti, minkätyyppistä eristettä ilmanvaihtokanavat tarvitsevat missäkin tilassa pitääkseen lämmöneristyksen oikeana sekä kondenssieristyksen toimivana.

Kun kanava jää kokonaan yläpohjaneristeen sisään, on eristepaksuus 50 mm. Osittain tai kokonaan yläpohjan näkyviin jääviin kanaviin ja osiin käytetään 100 mm:n paksuista eristettä.

Mineraalivillamatot sidotaan $\varnothing 0,9$ mm:n sinkityllä teräslangalla, 4 sidosta/m. Eristyksen joka kohdassa on oltava vaadittu eristyspaksuus. Kun matolla tehtyä näkyvää eristystä ei päällystetä, päällimmäinen kerros teipataan vähintään 75 mm:n levyisellä alumiiniteipillä. (11, s. 6.)

Verkkomatto leikataan eristyksen ulkopintaa vastaavan ympärysmittaan mukaan ja asennetaan niin, ettei jatkoskohtiin synny rakoja. Verkkomatot sidotaan ompelemalla verkko silmistään teräslangalla tai taivuttamalla verkkoa sidontakoukulla. Sidosten väli 50–100 mm. (11, s. 6.)

Solukumieristekourut asennetaan kanavaan sujuttamalla tai leikkaamalla pituussuunnassa kouru auki ja liimaamalla sauma kontaktiliimalla. Solukumilevyt asennetaan valmistajan asennusohjeiden mukaan. (11, s. 6.)

Kun eristettävä kanava tai putki millä tahansa eristetyypillä lävistää rakenteen, eristyksen on jatkettava yhtenäisenä rakenteen läpi. Osastoivien rakenteiden läpiviennissä palava eriste katkaistaan palamattomalla eristeellä, esimerkiksi mineraalivillalla tai palomassalla (11, s. 7).

4.6 Työnjohdolliset tehtävät

Kanaviston asentaminen ja eristäminen on hyvä aloittaa heti kattoristikoiden ja aluskatteiden asentamisen jälkeen. On hyvä ottaa selvää, milloin yläpohja suljetaan, jotta kanaviston ja eristämisen kerkeää suorittaa ennen kuin katto on ummessa. (12, s. 52.)

IV-asennustyön alkaessa työnjohtaja neuvottelee rakennustyömaan vastaavan johdon kanssa IV-asennustyöhön liittyvien tarpeellisten pukeutumis-, ruokailu-, työ- ja varastotilojen sekä purkutavaroiden kokoamispaikan järjestämisestä. Työnjohtaja valvoo työn alkaessa, että työmaalle saapuneet tarvikkeet toimitetaan asennuskohteitten välittömään läheisyyteen, sekä huolehtii, että tarvikkeet varastoidaan niille varattuihin paikkoihin sekä käsitellään huolellisesti.

Työnjohtaja tarkastaa saapuneet tarvikkeet hänelle luovutetun tavaraluettelon, kuormakirjan tai muiden työhön liittyvien asiakirjojen mukaan sekä epäselvyyksien sattuessa ilmoittaa viipymättä asennusliikkeeseen tai lähetyspaikkaan.

Urakan aikana työnjohtaja valvoo, että ylijäämä tarvikkeet toimitetaan asennusliikkeen varastoon ja toimittaa välittömästi rikkoutuneet ja vialliset kanavat ja osat pois asennustyömaalta, ettei niitä vahingossa asennettaisi. Työnjohtaja huolehtii siitä, että kannakkeiden ja reikien merkitseminen suoritetaan oikein ja että asennustyö suoritetaan annettujen piirustusten mukaan. (6, s. 143.)

Tärkeänä toimenpiteenä on myös lisätöiden kirjaaminen ylös sitä mukaa kuin niitä tulee. Lisätöistä on hyvä kirjata ylös päivämäärä, jona työ on suoritettu, paikka, asennetut osat sekä kuvaus tehdystä työstä. Urakan loppupuolella tilaajalle luovutetaan luovutuskansio, jossa on järjestelmän käyttö- ja huolto-ohjeet sekä tuotesertifikaatit käytetyistä asennustarvikkeista. Kohteen ollessa luovutuskunnossa annetaan tilaajalle käytönopastus ilmanvaihtokoneen toiminnasta.

5 Ilmastoinnin mittaus

5.1 Ohjearvot

Kun mitataan kohdetta, jossa ei ole piirustuksia tilakohtaisista ilmavirroista, voidaan ilmavirtojen määrä tarkistaa taulukosta 3. Tällaisia kohteita voivat olla mm. saneerauskohteet, jossa asukas ei ole erikseen mitoittanut kohdetta suunnittelijalla.

Taulukko 3. Ilmavirtojen ohjearvoja (7, s. 28).

Tila/käyttötarkoitus	Ulkoilmavirta (dm ³ /s/m ²)	Poistoilmavirta (dm ³ /s)
Asuinhuoneet	0,5	
Keittiö	#D	8#A
Vaatehuone/varasto	#D	3
Kylpyhuone	#D	10#B
WC	#D	7#B
Kodinhoitohuone	#D	8
Huoneistos sauna	2#C	2/m ² #C

(#A) Ohjearvo, kun liesikuvun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata asuntokohtaisesti. Muussa tapauksessa ohjearvo on 20 dm³/s.

(#B) Ohjearvo, kun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata asuntokohtaisesti. Muussa tapauksessa ohjearvo kylpyhuoneelle on 15 dm³/s ja WC:lle 10 dm³/s.

(#C) Kuitenkin vähintään 6 dm³/s.

(#D) Ulkoilmavirta korvataan yleensä asuinhuoneista johdettavalla siirtoilmalla.

Asuntojen ilmanvaihto mitoitetaan yleensä taulukon poistoilmavirtojen perusteella siten, että asuntojen ilmanvaihtokerroin on vähintään 0,5 1/h ja ulkoilmavirtojen riittävyys varmistetaan vähintään ohjearvojen mukaisiksi. Pienten asuntojen poistoilmavirrat mitoitetaan yleensä ohjearvoja pienemmiksi siten, että huoneiston käyttöajan ilmanvaihtokerroin on enintään 0,7 1/h ja poistoilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti tarpeen mukaan.

Jos asunnon käyttäjällä ei ole mahdollisuutta vaikuttaa poistoilmavirran tehostukseen tai sitä ei ole, voidaan pienten asuntojen poistoilmavirrat mitoittaa ohjearvoja pienemmiksi siten, että huoneiston ilmanvaihtokerroin on vähintään 1,0 1/h. Suurten

asuntojen poistoilmavirrat mitoitetaan yleensä ohjearvoja suuremmiksi, jotta tilakohtainen ulkoilmavirta olisi ohjearvon mukainen ja huoneiston ilmanvaihtokerroin olisi vähintään 0,5 1/h. (7, s. 28.)

5.2 Sisäilmastoluokitus

Sisäilmastoluokitus on kolmitasoinen, ja siihen kuuluvat laatuluokat S1, S2 ja S3, joista S1 on paras. Tavoitteen asettaminen sisäilmastolle edesauttaa eri toimijoiden yhteistyötä ja vähentää siten terveyttä ja viihtyvyyttä aiheuttavien ongelmien riskiä.

S1: Yksilöllinen sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat viihtyisät eikä vetoa tai ylläampnemistä synny. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniolosuhteet ja hyviä valaistusolosuhteita tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus.

S2: Hyvä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta ylläampneminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet.

S3: Tyydyttävä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset. (9, s. 8.)

5.3 Tiiviyden tarkistus

Ilmanvaihtojärjestelmän kanavisto on yleensä riittävän tiivis, kun se on tiiviydeltään vähintään tiiviysluokkaa B. Tavanomaisissa ilmanvaihtojärjestelmissä saavutetaan kanaviston tiiviysluokka B yleensä, kun käytettävien ilmanvaihtokanavien ja kanavanosien tiiviysluokka on C. (7, s. 16.)

Ilmanvaihtojärjestelmän ja sen osien suurimmat sallitut vuotoilmavirrat vaipan pinta-alaa kohti q_{VIA} ($\text{dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$) eri tiiviysluokissa esitetään taulukossa 4. Vuotoyhtälö on muotoa:

$$q_{VIA} = k p_s^{0,65},$$

jossa k on tiiviysluokkakohtainen kerroin ($\text{dm}^3/\text{s}/\text{m}^2/\text{Pa}^{0,65}$) ja p_s on koepaine (Pa).

Taulukko 4. Suurimmat sallitut vuotoilmavirrat eri tiiviysluokissa (7, s. 16).

Tiiviysluokka	Sallittu vuotoilma q_{VIA} $\text{dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$
A	$0,027 \times p_s^{0,65}$
B	$0,009 \times p_s^{0,65}$
C	$0,003 \times p_s^{0,65}$
D	$0,001 \times p_s^{0,65}$
E	$0,0003 \times p_s^{0,65}$

Jos kanavisto on tehty kanavista ja kanavaosista, joiden tiiviysluokka on vähintään C, voidaan tiiviys mitata pistokokein. Pistokokeiden laajuus on 20 % kanaviston pinta-alasta, ja jos kanaviston tiiviysluokka on parempi kuin C, riittää testattavaksi alueeksi 10 % kanaviston pinta-alasta. (7, s. 25.)

Yhtä asuntoa koskevassa ilmanvaihtojärjestelmässä voidaan tiiviyskoe korvata asennustarkastuksella, jos kanavisto on tehty kokonaan tiiviysluokan C kanavilla ja kanavaosilla (7, s. 25).

5.4 Kanaviston tasapainotus

Kun kanavisto on säädetty oikein, kaikki säätöpellit puhaltimen ja epäedullisimmin sijaitsevan venttiilin välillä ovat auki. Kanavistossa ei ole silloin "turhaa" kuristusta. Puhaltimen kokonaisilmavirta säädetään kohdalleen moottorin ja juoksupyörän välitystä muuttamalla, ei säätöpelleillä. Jos säätö tehdään muulla tavalla, pääte-elinten lähellä olevia säätöpeltejä joudutaan kuristamaan liikaa, jolloin syntyy ääniongelmia.

Suhteellisen tasapainotuksen menetelmällä tasapainotettavan runkokanavan haarakanavien ilmavirrat mitataan ja tasapainotus aloitetaan siitä haarakanavasta ns. referenssihaarasta (vaikeimmasta linjasta), jossa on mittauksen jälkeen suurin ilmavirta verrattuna muihin haarakanaviin. Kanaviston virtaussäätimet ja päätelaitteet asetetaan

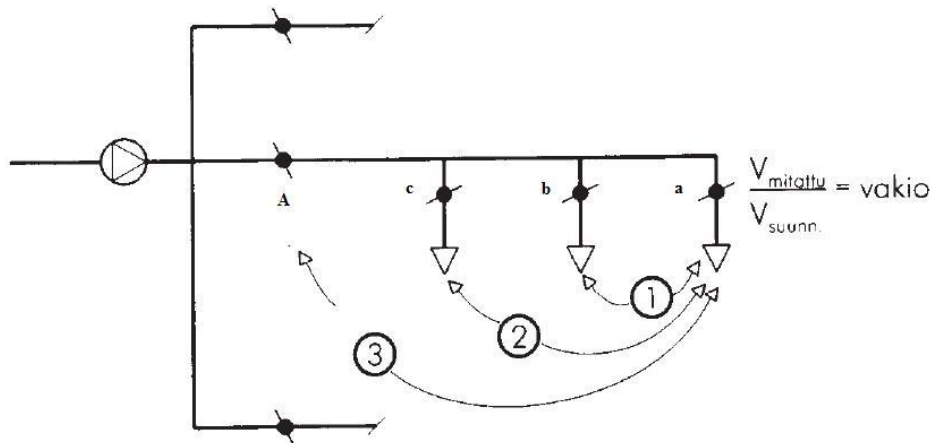
täysin auki ja puhaltimien ilmavirta asetetaan 10 % vaadittua kokonaisilmavirtaa suuremmaksi.

Mikäli referenssihaarassa on päätelaite ns. indeksiventtiili, jossa ilmavirtojen suhde on pienempi kuin referenssihaaran kauimmaisessa päätelaitteessa ns. referenssiventtiilissä, asetetaan referenssiventtiilin ilmavirtojen suhde samaksi kuin indeksiventtiilissä. Tämän jälkeen päätelaitteiden ja virtaussäätimien ilmavirrat asetetaan järjestyksessä siten, että mitatun ja suunnitelman mukaisten ilmavirtojen suhde on kaikissa sama.

Kuvassa 5 on esitetty suhteellisen tasapainotuksen periaate. Jos oletetaan, että jokaisen venttiilin tuloilmavirta tulee olla $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Ennen tasapainotusta ilmavirrat ovat a:ssa $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$, b:ssä $0,09 \text{ m}^3/\text{s}$ ja c:ssä $0,12 \text{ m}^3/\text{s}$. Ilmavirtojen tasapainotus tehdään seuraavasti:

1. Säädetään peltiä **b**, kunnes ilmavirran suhde haluttuun ilmavirtaan on sama kuin referenssihaarassa **a**. Oletetaan, että ilmavirrat ovat tällöin $0,07 \text{ m}^3/\text{s}$ ja ilma-virta haaran **c** kautta on muuttunut arvoon $0,13 \text{ m}^3/\text{s}$.
2. Säädetään peltiä **c**, kunnes sen ja referenssihaaran **a** ilmavirtojen suhteelliset arvot ovat samat (vähintään 80 %:n suhteessa toisiinsa). Tällöin suhteellisuusperiaatteen mukaan referenssihaaran **a** ja haaran **b** suhde säilyy ennallaan, ts. niiden suhteelliset ilmavirrat ovat edelleen samat.
3. Säädetään peltiä **A** (tai puhaltimen pyörimisnopeutta), kunnes referenssihaaran **a** ilmavirta on $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$, ts. kokonaisilmamäärä on $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Mikäli tasapainotettavassa kanaviston haarassa on indeksiventtiili, jossa ilmavirtojen suhde on pienempi kuin referenssiventtiilissä, asetetaan referenssiventtiilin ilmavirtojen suhde ensin samaksi kuin indeksiventtiilissä. Tämän jälkeen ilmavirrat asetetaan yllä esitetyn mukaisesti. Kuvassa 5 oleva referenssiventtiili **a** on kuvan esimerkkitapauksessa myös indeksiventtiili.



Kuva 5. Tasapainotuksen periaate (3, s. 81).

5.5 Ilmavirtojen mittaus

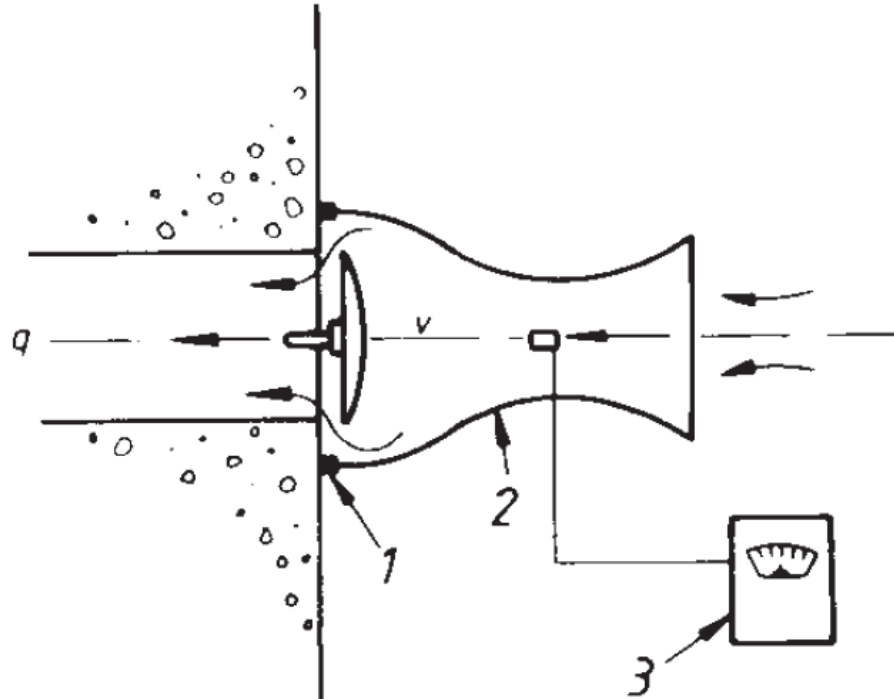
Ilmavirtamittauksen tavoitteena on selvittää ilmanvaihtojärjestelmän kautta kulkevan ilman suuruus. Ilmanvaihdon mittaukset tehdään asunnon käyttöä vastaavissa sää- ja käyttöoloissa. Mittausta tulee välttää, jos ulkoilma on poikkeuksellisen kylmä (-20 °C), kuuma ($+22\text{ °C}$) tai kun tuulen nopeus on yli 10 m/s . (3, s. 74.)

Koekäyttö on suositeltavaa tehdä vasta loppusiivouksen jälkeen. Mikäli ilmanvaihtolaitteita käytetään tätä ennen, huolehditaan siitä, että ilmanvaihtokone on varustettu suodattimilla.

Hyväksyttävät poikkeamat mitoitusarvoista ovat yleensä seuraavat:

1. Ilmavirta järjestelmäkohtaisesti $\pm 10\%$
2. Ilmavirta huonekohtaisesti $\pm 20\%$
3. Ilman nopeus oleskeluvyöhykkeellä $+0,05\text{ m/s}$
4. Sähköteho $+10\%$
5. Lämmitysteho -10% .

Ilmavirtojen mittaus tapahtuu anemometritorvella, joka asetetaan venttiilin päälle (kuva 6). Mittalaitteen pitää olla tyyppihyväksytty tai standardissa SFS 5511 selostettujen vaatimusten mukaisesti kalibroitu (13, s. 3).



Kuva 6. Anemometritorvella mittaus. Kuvassa esiintyy numerolla 1 tiiviste, 2 anemometritorvi ja 3 nopeusmittari (13, s. 7).

Menetelmän epätarkkuus on poistoilmaelimestä mitattaessa vähintään $\pm 5\%$, tuloilmaelimestä mitattaessa suotuisissakin tapauksissa $\pm 10\%$, yleensä huomattavasti suurempi (13, s. 8). Venttiiliä avataan tai suljetaan kiertämällä sen mukaan, miten ilmavirta poikkeaa suunnitelluista ilmavirroista. Kun oikea ilmavirta on saatu, mitataan venttiilin avauma siihen tarkoitettulla työkalulla. Lopuksi venttiilin muutokset estetään kiertämällä venttiili irti kiinnityskehyksestä ja kiristämällä mutteri tiukasti kiinni. Lopuksi venttiili kierretään takaisin kiinni. Anemometritorven on peitettävä mitattava venttiili täysin, eikä se saa huomattavasti kuristaa ilmavirtaa.

Mittaustulokset siirretään lopuksi ilmavirtojen mittauspöytäkirjaan (liite 6), johon kirjoitetaan

- mittausajankohta

- mittauspaikka (huonetilojen, koneiden tms. paikantamisissa voidaan viitata esim. suunnitelmiin)
- mittaajat ja mittauksen valvoja
- käytetyt mittausmenetelmät ja -laitteet sekä selvitys niiden kalibroinnista
- sääolosuhteet
- mitattavan ilmavirran lämpötila ja tarvittaessa kosteus
- selvitys mittauksiin vaikuttavista häiriöistä
- varsinaiset mittaustulokset. (13, s. 9.)

6 Yhteenveto

Opinnäytetyö luotiin työnjohtajien avuksi ilmastointiurakan toteutukseen. Vaikka työssä käsitellään aiheita, joista on hyötyä Putkityö Kolehmaisella, on siinä opettavaa ja hyödyllistä aineistoa muillekin kiinnostuneille.

Aiheet sisäilman tehtävistä ja ongelmista olivat yleishyödyllistä tietoa, ja ne auttoivat käsittämään ilmaston toimivuuden kannalta tärkeitä seikkoja. Näitä asioita tulisi kaikkien alalla toimivien tietää, ja tästä kappaleesta jäi minunkin mieleeni asioita, joita ei koulussa ole opetettu ja joista on varmasti hyötyä työelämässä.

Tarjouslaskentaan on eri yrityksissä erilaiset menetöt. Tässä työssä esiintyvä tyyli on hyväksi havaittu, vaikka siihen keksii aina uusia ja innovatiivisia tyyliä, joiden avulla tarjouksien laskeminen kehittyy. Useiden kohteiden laskemisen tuloksena ovat listan sisältämät osat vakiinnuttaneet paikkansa siinä, sillä ne ovat yleisimmät osat, joita omakotitaloihin menee. Ohessa luotiin myös valmis Excel-pohja, jonka avulla tarjousten laskeminen käsin tulee olemaan entistäkin nopeampaa.

Työssä laskettiin kokeellisesti, kuinka suuri ero ajallisesti on tarjouksen laskeminen mahdollisimman tarkasti osa kerrallaan, verrattuna nopeaan tapaan. Lisäksi tarkasteltiin tarjousten välille jäänyttä hintaeroa. Lopputuloksista ilmeni, että nopealla tavalla saa yhtä tarkan summan urakkaosien hinnaksi. Selvityksestä oli hyötyä Putkityö Kolehmaiselle, sillä tällaista testiä ei ole aikaisemmin toteutettu.

Koska käytännön töissä on monia asioita, joita työnjohtajan tulee valvoa ja hoitaa, on toteutusvaihe osion tekeminen ollut todella palkitsevaa ja opettavaa. Siinä kiteytyy kaikkia asioita, joita minulle on tullut työmailla vastaan ja jotka ovat aiheuttaneet ongelmia. Kun asentajat esittävät kysymyksen, olisi hyvä osata myös vastata siihen ja näiden tietolähteiden avulla on moni ilmastointialaan liittyvä seikka selkiytynyt. Ohjeiden avulla työnjohtajan työnkuva selkiytyy, ja niistä saa irti tietoa niin kannakoinnista, eristyksestä kuin asennustavoistakin.

Koska työnkuvani yrityksessä on erittäin laaja, liittyy siihen monien muiden töiden lisäksi ilmanvaihdon mittaustakin. Siitä syntyi idea hakea lisäinformaatiota mittauksista

ja niiden suorittamisesta. Työssä käsitellyt ilmavirtojen ohjeavot auttavat havainnollistamaan asuntoon tarvittavia ilmavirtoja ja sisäilmaluokitukset tuovat ilmi ilmanvaihdon laatua.

Kokonaisuudessaan työn tekeminen on auttanut havainnollistamaan ilmastointialaa entistä enemmän koulun oppien sekä käytännön työn lisäksi. Samantyyppisen opuksen voisi tehdä monesta muustakin LVI-alan asennuskohteista, mutta ilmanvaihto on silti ollut minulle se mielenkiintoisin.

Lähteet

- 1 Puhakka, Eija ym. 1996. Terveellinen sisäilma. Jyväskylä: Suomen Sisäilmaston Mittauspalvelu Oy.
- 2 Sisäilmaohje: asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät 1997. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö.
- 3 Säteri, Jorma 1998. Käytännön ilmanvaihto. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino oy.
- 4 Radon-järjestelmä uusiin taloihin 2011. Verkkodokumentti. Uponor Suomi oy. <<http://www.uponor.fi/Ratkaisut/Talotekniikka/Radon/Radon-uusiintaloihin.aspx>>. Luettu 13.4.2011
- 5 Talotekniikan eristykset asennusopas 2011. Verkkodokumentti. Paroc oy <http://www.paroc.com/SPPS/Finland/TI_attachments/FI_3-2_5_TI_fi.pdf>. Luettu 13.4.2011
- 6 LVI-toimialan työehtosopimus 2010–2012. Sastamala: Rakennusliitto ry
- 7 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto 2008. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 8 Ilmanvaihdon asennusohje 2011. Verkkodokumentti. Teknillinen korkeakoulu <<http://hvac.tkk.fi/ptiv/files/asennusohje.pdf>>. Luettu 3.3.2011
- 9 LVI-kortti 05-10440. Sisäilmastoluokitus 2008.
- 10 LVI-kortti 12–10370. Putkistojen ja kanavien kannakointi.
- 11 LVI-kortti 50–10344. Talotekniikassa yleisesti käytettävät eristysmateriaalit ja niiden asennus.

- 12 Ripatti, Harri ym. 2002. Puhtaan ilmanvaihdon suunnitteluohje. Sisäilmayhdistys, julkaisu 16.
- 13 LVI-kortti 014-10190, Ilmavirtojen ja painesuhteiden mittaus ilmastointilaitoksissa.
- 14 LVI-hinnasto 2011. Verkkodokumentti. Ahlsell <http://www.ahlsell.fi/folder___8144.aspx>. Luettu 23.5.2011

Liite 1. Pientalon ilmanvaihdon eristyskohteet

Kanava	Kanavassa virtaava ilma	Kanavan sijainti	Miksi eristetään ?	Mikä eristys ?	Eristepaksuus mm
Ulkoilmakanava Ulkoäikeiköitä ulkoilma koneelle	Käsittelemätön ulkoilma	Ullakolla (kylmä tila) Sisällä (lämmitetty tila)	Ulkoilman ylälämpötila (kesä) Ulkopinta hikoilee	Lämmöneristys Lämmöneristys + höyrynsulku, teippaus	100 50
Tuloilmakanava Koneelta huoneeseen	Lämmitetty ilma Jäähdytetty ilma	Ullakolla (kylmä tila) Sisällä (lämmitetty/kylmä tila)	Maksettua energiaa, sisäänpuhalluslämpötila Pinta hikoilee, jäähdytysteho, energia	Lämmöneristys Hikoilueristys + höyrynsulku, teippaus	100 50
Poistoilma-kanava	Lämmin, kostea poistoilma huoneesta ITO:lle Kostea, jäähdytynyt jäteilma ITO:lta ulos	Ullakolla (kylmä tila) Ullakolla, katolla (kylmä tila) Sisällä (lämmitetty tila)	Energiaa kiertäytykseen huoneesta ITO:lle, sisäpinta hikoilee Sisäpinta hikoilee, huurtuu Ulkopinta hikoilee	Lämmöneristys, EI höyrynsulkua Lämmöneristys, EI höyrynsulkua Lämmöneristys + höyrynsulku, teippaus	100 100 50
Liesirulettimen poistoilmakanava	Lämmin, kostea ja rasvainen	Ullakolla (kylmä tila)	Rasvapalovaaran torjuminen	Paloberistys, paloluokka EI 30, EI höyrynsulkua	50
Alustan tuuletuskanava	Radon-kaasu	Sisällä (lämmitetty tila) (talvi, kylmä tila)	Ulkopinta hikoilee (kesä) Sisäpinta hikoilee	Hikoilueristys + höyrynsulku, teippaus	50

Liite 2. Nopean laskutavan esimerkki

Kohde	Esimerkki nopea lasku
Päivämäärä	xx.xx.xxxx
Laji	Ilmanvaihto

Osa	Malli	Määrä	Kpl. hinta	Yht. hinta
Kanava		50	10	500
Käyrä		12	10,5	126
T-kappale		11	20	220
Tulppa		4	6	24
Supistus		1	12	12
Äänenvaimennin	125-1000	2	186,7	373,4
Tuloventtiili+ kehys		3	22	66
Poistoventtiili+kehys		6	21	126
Saunakanava		1	138,4	138,4
Ulkosäleikkö	US-AV 160	1	6,49	6,49
LTO-koje	Vallox 95	1	1100	1100
Huippuimuri	vallox 15-2-1	1	191,99	191,99
Kattoläpivientiyksikkö		2	62	124
Poistoputki		1	96,6	96,6

Yhteensä: **3104,88**

Liite 3. Tarkan laskun esimerkki

Kohde	Esimerkki tarkka lasku
Päivämäärä	xx.xx.xxxx
Laji	Ilmanvaihto

Osa	Koko	Malli	Määrä	Kpl. hinta	Yht. hinta
Kanava	100		11	8,82	97,02
	125		39	9,92	386,88
	160				0
Käyrä 90°	100		5	10,32	51,6
	125		7	12,53	87,71
	160				0
Käyrä 45	100				0
	125				0
	160				0
T-kappale	100x100		1	19,04	19,04
	125x100		5	20,04	100,2
	125x125		5	20,54	102,7
	160x100				0
	160x125				0
	160x160				0
Tulppa	100-160		4	6	24
Muuntoliitin	100x125		1	9,12	9,12
	125x160				0
	160x200				0
Puhdistusluukku	100-160				0
Säätöpelti	100-160				0
Äänenvaimennin	125	1000	2	186,7	373,4
Tuloventtiili	100	kts	1	15,3	15,3
	125	kts	2	17,03	34,06
	160				0
Poistovenntiili	100	kso	5	15,53	77,65
	125	kso	1	19,55	19,55
	160				0
Kiinnityskehys	100-160		6	5,3	31,8
Saunakanava			1	138,4	138,4
Ulkosäleikkö	160	US-AV 160	1	6,49	6,49
LTO-koje		Vallox 95	1	1100	1100
Huippuimuri	125	vallox 15-2-1	1	191,99	191,99
Poistoputki	160		1	96,6	96,6
Kattoläpivientiyksikkö			2	62	124

Yhteensä: **3087,51**

Liite 4. Ilmanvaihdon tarjouslaskentapohja

Kohde							
Päivämäärä							
Laji	Ilmanvaihto					Tuntihinta	0
Osa	Koko	Malli	Määrä	Kpl. hinta	Yht. hinta	NH kerroin	Tunnit
Kanava	100				0	0,18	0
	125				0	0,18	0
	160				0	0,21	0
Käyrä 90°	100				0	0,18	0
	125				0	0,18	0
	160				0	0,3	0
Käyrä 45	100				0	0,18	0
	125				0	0,18	0
	160				0	0,3	0
T-kappale	100x100				0	0,28	0
	125x100				0	0,28	0
	125x125				0	0,28	0
	160x100				0	0,3	0
	160x125				0	0,3	0
	160x160				0	0,3	0
Tulppa	100-160				0	0,3	0
Muuntoliitin	100x125				0	0,18	0
	125x160				0	0,18	0
	160x200				0	0,3	0
Puhdistusluukku	100-160				0	0,43	0
Säätöpelti	100-160				0	0,3	0
Äänenvaimennin					0	0,4	0
Tuloventtiili	100				0	0,3	0
	125				0	0,3	0
	160				0	0,32	0
Poistovenntiili	100				0	0,3	0
	125				0	0,3	0
	160				0	0,32	0
Kiinnityskehys	100-160				0		0
Saunakanava					0	0,45	0
Ulkosäleikkö					0	0,48	0
LTO-koje					0	5	0
Huippuimuri					0	1,92	0
Poistoputki					0	1,92	0
Kattoläpivientiyksikkö					0		0
						Tunnit	0
Yhteensä :					0		0

Liite 5. Ilmanvaihdon eristyksen tarjouslaskentapohja

Kohde							
Päivämäärä							
Laji	IV-Eristys				Tuntihinta	0	
Eriste	Paksuus	Metriä	m ² /m	Kpl. hinta	Yht. hinta	NH kerroin	Tunnit
Lämpöeriste	(Kulma ja haara +1m)						
100 Ø	50mm		0,63		0,00	0,79	0
125 Ø	50mm		0,71		0,00	0,81	0
160 Ø	50mm		0,82		0,00	0,83	0
100 Ø	100mm		0,94		0,00	1,03	0
125 Ø	100mm		1,02		0,00	1,05	0
160 Ø	100mm		1,13		0,00	1,07	0
Kondenssieriste							
100 Ø	10mm				0,00	0,72	0
125 Ø	10mm				0,00	0,72	0
160 Ø	10mm				0,00	0,83	0
Paloeriste 80mm							
125 Ø	50mm		0,71		0,00	0,81	0
						Tunnit	0
						Osat	Työt
Yhteensä :						0,00	0

