

Henri Korva

**1970-LUVULLA RAKENNETTUIJEN ASUINKERROSTALOJEN  
ILMANVAIHDON PARANTAMISMAHDOLLISUUDET**

# **1970-LUVULLA RAKENNETTUJEN ASUINKERROSTALOJEN ILMANVAIHDON PARANTAMISMAHDOLLISUUDET**

Henri Korva  
Opinnäytetyö  
Kevät 2014  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutusohjelma, LVI-insinööri

---

Tekijä: Henri Korva

Opinnäytetyön nimi: 1970-luvulla rakennettujen asuinkerrostalojen ilmanvaihdon parantamismahdollisuudet

Työn ohjaaja: Pirjo Kimari

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2014 Sivumäärä: 36 + 5 liitettä

---

Työn tilaajana toimi Oulun ammattikorkeakoulu. Työn aiheena oli selvittää 1970-luvulla rakennettujen asuinkerrostalojen ilmanvaihdon parantamismahdollisuuksia. Näistä valittiin parannusvaihtoehto, joka voitaisiin toteuttaa olemassa olevan kohteen ilmastointijärjestelmään.

Esimerkkikohteena käytettiin Oulussa sijaitsevaa kerrostaloa. Kohteessa oli tehty ikkunaremontti, jossa ikkunat oli vaihdettu korvausilmaventtiilillä varustettuun malliin. Tämän remontin takia parannusratkaisuksi päädyttiin valitsemaan asuntokohtainen ilmanvaihtojärjestelmä, jossa jokaiseen asuntoon asennetaan oma ilmanvaihtokone. Nykyisen ilmanvaihtojärjestelmän energiankulutuksen kustannukset laskettiin, ja näitä verrattiin asuntokohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän kustannuksiin. Tämä korjausratkaisu tuli investointikustannuksiltaan 128 093 € kalliimmaksi kuin nykyinen koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä. Tämä selittyy yli neljäkymmenen ilmanvaihtokoneen hankinnalla ja kanavien sekä kanavaosien hankinnasta johtuvista kustannuksista. Huoltokustannukset olivat 22 090 € kalliimpia asuntokohtaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä. Ero syntyi ilmanvaihtokoneiden suodattimien vaihdon kustannuksista. Käyttökustannukset asuntokohtaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä tulivat 25 150 € halvemmaksi kuin nykyinen koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä.

Laskelmien perusteella asuntokohtainen ilmanvaihto ei ollut varteenotettava vaihtoehto suunniteltaessa kyseisen kohteen ilmanvaihdon parannusta. Nykyisen koneellisen poistoilmanvaihdon kanaviston nuohous ja tasapainotus sekä huippuimureiden uusiminen oli kustannustehokkaampi ratkaisu.

---

Asiasanat: ilmanvaihto, energiatehokkuus, korjausrakentaminen

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
2 SISÄILMASTO	7
2.1 Tyypillisiä ongelmia	7
2.1.1 Veto	8
2.1.2 Hajut	8
2.1.3 Kosteus	8
2.1.4 Ulkoilmasta peräisin olevat epäpuhtaudet	9
2.1.5 Sisäilman epäpuhtaudet	9
2.1.6 Melu	11
2.2 Sisäilmaston ja ilmanvaihdon määräykset ja ohjeet	12
2.2.1 Suomen rakentamismääräyskokoelma	12
2.2.2 Asumisterveysohje	12
2.2.3 Sisäilmastoluokitus	13
3 KONEELLINEN POISTOILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ	15
3.1 Järjestelmän tyypillisiä ongelmia	15
3.2 Laitteisto	15
3.2.1 Kanavat	16
3.2.2 Poistventtiilit	16
3.2.3 Kanavapuhallin ja huippuimuri	16
3.3 Energiankulutus	16
4 ILMANVAIHDON PARANTAMISRATKAISUT	17
4.1 Järjestelmän kunnostus ja korjaus	17
4.2 Koneellinen tuloilmalaite	18
4.3 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtokone lämmöntalteenotolla	18
4.4 Koneellisen poistoilmanvaihdon tarpeenmukainen ohjaus	19
5 ESIMERKKIKOHTTEEN LUONNOSSUUNNITELMA	20
5.1 As Oy Nuoliharju	20

5.2 Järjestelmän tasapainotus, säätö ja puhdistus	21
5.3 Asuntokohtainen ilmanvaihtokone lämmöntalteenotolla	21
5.4 Investointikustannukset	22
5.5 Huoltokustannukset	23
5.6 Energiakustannukset	25
5.7 Elinkaarikustannukset	30
6 YHTEENVETO	32
LÄHTEET	33
LIITTEET	36

# 1 JOHDANTO

1970-luvulla asuinkerrostalon ilmanvaihto kulutti suuren osan rakennuksen lämmitysenergiasta. Energiatehokkuus ei ollut yhtä tärkeää kuin nykyään ja lämpöä meni paljon hukkaan. Nykyään poistoilman lämmöntalteenotto on yleistyntynyt ja määräykset kiristyneet.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 annetaan uudisrakentamisen ilmanvaihtoon ja sisäilmastoon määräyksiä ja ohjeita, joita voi myös soveltaa saneerauskohteisiin. Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että oleskeluvyöhykkeelle saadaan vedoton, terveellinen ja viihtyisä sisäilmasto. Kesällä oleskeluvyöhykkeen huonelämpötilan suunnitteluarvona käytetään 23 °C ja talvella 21 °C. (1, s. 6.) Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeessa annetaan huonelämpötilalle ohjearvo 21 °C (2, s. 13).

Tyypillisin ilmanvaihtojärjestelmä 1970-luvun asuinkerrostaloissa on koneellinen poistoilmanvaihto. Tämä järjestelmä ei ole kovin energiatehokas eikä takaa välttämättä hyviä sisäilmaoloja. Tässä järjestelmässä ilma johdetaan rakenteiden epätiivelyskohtien kautta sisälle ja ilma kulkeutuu alipaineen avulla pois liesikuvun ja likaisten tilojen poistoilmaventtiilien kautta. Vesikatolla oleva huippuimuri imee likaisen ilman pois rakennuksesta ulkoilmaan.

Tässä opinnäytetyössä on tavoitteena selvittää 1970-luvulla rakennettujen asuinkerrostalojen ilmanvaihdon erilaisia parantamismahdollisuuksia ja niiden kustannuksia. Esimerkkikohteena käytetään Oulussa sijaitsevaa asuinkerrostaloa, jonka nykyiset ilmanvaihdon kunnostus-, käyttö- sekä huoltokustannukset lasketaan. Lisäksi nykyistä koneellista ilmanvaihtojärjestelmää verrataan asuntokohtaiseen ilmanvaihtojärjestelmään, jonka ilmanvaihdon kustannukset myös lasketaan. Lopuksi valitaan suositeltava toimenpide rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmälle.

## 2 SISÄILMASTO

Suomessa ihmiset viettävät ajastaan noin 90 % sisätiloissa, joten sisäilmasto on tärkeä tekijä terveyden, hyvinvoinnin ja viihtyvyyden kannalta (3, s. 8). Ilmanvaihdon tehtävä on poistaa rakennuksessa syntyviä epäpuhtauksia ja sisäilman kosteutta sekä tuoda puhdasta ilmaa rakennukseen. Riittäväällä käyttöilmanvaiholla saadaan epäpuhtauksien pitoisuudet pidettyä ihmiselle ja rakennukselle terveellisellä tasolla. (3, s. 10.)

Ilmanvaihdon avulla estetään terveyden ja viihtyvyyden kannalta haitallisten epäpuhtauksien kertyminen sisäilmaan, hallitaan lämpöoloja ja varmistetaan rakenteiden oikea kosteustekninen toiminta. Ilmanvaihdon energiankulutus syö ison osan koko rakennuksen energiankulutuksesta, joten sen oikeanlainen käyttö on välttämätöntä energiatalouden kannalta. (3, s. 7.)

Sisäilmasto on useiden eri tekijöiden muodostama kokonaisuus. Sisäilmasto muodostuu seuraavista pääosista:

- lämpöolot (ilman ja pintojen lämpötilat sekä ilman liike)
- kosteus
- ilman laatu (epäpuhtaudet)
- sähkömagneettiset ominaisuudet
- säteilyolosuhteet
- valaistus
- melu. (5, s. 46.)

### 2.1 Tyypillisiä ongelmia

Sisäilmastolle tyypillisiä ongelmia ovat esimerkiksi veto, hajut, kosteus ja erilaiset ilman epäpuhtaudet.

### **2.1.1 Veto**

Veto eli ilman liike aistitaan, kun kehon pinnalta poistuu enemmän lämpöä mitä elintoiminnot tuottavat. Ilman liikkeessä ja kuljettaessa lämpöä pois kehon pajoilta pinnoilta syntyy vedon tunne. Ilman lämpötilalla on vaikutusta vedon tunteen syntymiseen. (3, s. 54.) Vedosta syntyy yleensä valituksia, kun huonelämpötila on liian alhainen, lämmittämätöntä korvausilmaa tulee sisään tai kun ilma tulee rakenteiden kautta vuotoina (5, s. 57).

### **2.1.2 Hajut**

Asuntoihin ei saa tulla terveydelle haitallisia epäpuhtauksia ulkoilmasta tai ympäröivistä tiloista. Epäpuhtauksien pitoisuus on ratkaiseva tekijä. Pitoisuuteen voidaan vaikuttaa asunnon ilmanvaihdolla. Epäpuhtaudet leviävät yleensä rakenteiden liitoskohdista, putkien läpivientien kohdalta, rappukäytävästä tai ilmanvaihdon kautta. Suurien korkeuserojen takia kerrostaloissa syntyy paineeroja, jotka mahdollistavat epäpuhtauksien leviämisen. Mikäli kerrostalo on epätiivis, ylimmän kerroksen tiloihin tulee helposti epäpuhtauksia alemmista tiloista. Yleisimpiä syitä epäpuhtauksien leviämiseen koneellisessa poistoilmanvaihdossa ovat puutteellinen korvausilman saaminen, tiiviyserot ja järjestelmän virheelliset tai muuttuneet säädöt. (3, s. 58.)

### **2.1.3 Kosteus**

Kosteutta muodostuu, kun rakennuksen ilmanvaihto on liian pieni suhteessa kosteuden tuottoon. Tästä tyypillinen esimerkki on ikkunoiden huurtuminen tai jäätyminen sisäpuolelta. Kosteusvaurioita alkaa muodostua, jos kosteus pääsee tiivistymään samaan paikkaan pitkäksi aikaa. Vesihöyryn saavuttaessa kastepeiteensä alkaa tiivistymistä tapahtua. Ihmisistä tulevaa kosteutta ei voida poistaa muuten kuin riittävällä ilmanvaihdolla. Kosteudentuoton kasvaessa täytyy ilmanvaihtoa tehostaa, tai kosteus voi alkaa tiivistymään rakenteisiin aiheuttaen kosteusvaurioita. Kosteuden pääseminen rakenteisiin estetään yleensä höyrynsulkumuovilla ja tekemällä rakennus alipaineiseksi. Kosteusvaurioita voi syntyä myös ilmanvaihtokanavien puutteellisen eristyksen vuoksi. (3, s. 60.)



#### **2.1.4 Ulkoilmasta peräisin olevat epäpuhtaudet**

Ulkoilmasta peräisin olevat epäpuhtaudet, kuten häkä, hiilivedyt, hiukkaset ja typen oksidit, tulevat ilmanvaihdon kautta sisäilmaan. Ainoa tehokas keino sisäilman laadun parantamiseksi on suodattaa tuleva ilma hienosuodattimilla (suodatinluokka EU7/F7). Suodatin asennetaan ilmanvaihtokoneeseen ja tulo- tai korvausilmaventtiin. Suodatin täytyy vaihtaa tarpeeksi usein, jotta sisäilma pysyy puhtaana epäpuhtauksista. (3, s. 64.)

#### **2.1.5 Sisäilman epäpuhtaudet**

##### **Ammoniakki**

Ammoniakkia vapautuu sisäilmaan maaleista, lakoista, puhdistus- ja pesuaineista sekä ihmisten ja eläinten eritteistä. Tupakointi lisää sisäilman ammoniakkipitoisuutta. Ammoniakille altistuminen aiheuttaa ahdistavaa oloa, limakalvojen ärsytystä ja toistuvia hengitystietulehduksia. Sisäilman ammoniakkipitoisuus ei saa olla yli  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . (2, s. 59; 5, s. 70.)

##### **Asbesti**

Asbesti-nimitystä käytetään eräille luonnossa esiintyville mineraalikuiduille. Asbestin käyttö rakennusmateriaaleissa on ollut suosittua 60–70-luvulla sen hyvien ominaisuuksien ansiosta. Se on hyvä lämmöneriste, palamaton ja vaimentaa tehokkaasti ääntä. Nykyään sitä ei saa enää käyttää. Purku- ja korjaustyöt asbestia sisältävissä kohteissa ovat luvanvaraisia. Asbestikuidut kulkeutuvat hengityksen kautta keuhkoihin aiheuttaen keuhkosityöpää, asbestoosia sekä erilaisia keuhkopussin sairauksia. Sisäilman asbestipitoisuus on oltava alle  $0,01$  kuitua/ $\text{cm}^3$ . (2, s. 60–61.)

##### **Formaldehydi**

Sisäilmaan formaldehydiä muodostuu yleensä liima-aineista, joita käytetään lastulevyissä ja joissain paneeleissa. Happokovetteiset lakat, maalit, pinnoitteet, itsesiliävät tekstiilit ja kokolattiamatot voivat vapauttaa myös formaldehydiä. Formaldehydi voi ärsyttää silmiä ja ylempiä hengitysteitä. Sisäilman formaldehydipitoisuus on oltava alle  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . (2, s. 62; 5, s. 69.)

## **Hiilidioksidi**

Ihminen tuottaa hiilidioksidia sisäilmaan. Pitoisuuteen vaikuttavat ihmisten määrä, oleskelun pituus sekä ilman vaihtuvuus. Liiallinen hiilidioksidipitoisuus aiheuttaa väsymystä, päänsärkyä ja työtehokkuuden laskua. Hiilidioksidipitoisuudelle ei voida ilmoittaa terveydellistä ohjearvoa, mutta pitoisuuden noustessa yli  $2\,700\text{ mg/m}^3$  ( $1\,500\text{ ppm}$ ) ilmanvaihtoa on tehostettava. Tyydyttävänä arvona pidetään  $1\,200\text{ ppm}$ . (2, s. 63; 5, s. 71.)

## **Hiilimonoksidi**

Hiilimonoksidia eli häkää muodostuu, kun hiiltä sisältävä aine palaa epätäydellisesti. Yleisimpiä hiilimonoksidilähteitä ovat pakokaasut, tulisijat, kaasuliesi ja tupakansavu. Hiilimonoksidi aiheuttaa päänsärkyä, pahoinvointia ja hengenahdistusta. Sisäilman hiilimonoksidipitoisuus saa hetkellisesti olla enintään  $8\text{ mg/m}^3$  ( $6,9\text{ ppm}$ ). (2, s. 64; 5, s. 72.)

## **Pölyt**

Sisäilmassa olevat pölyt muodostuvat orgaanisista ja epäorgaanisista partikkeleista ja kuiduista, joita tulee esimerkiksi ulkoilmasta, vaatteista, rakennus- ja sisustusmateriaaleista ja ihmisistä. Pitoisuus vaihtelee eri tekijöiden, kuten siivoamisen, ilmanvaihdon ja huoneessa olevien materiaalien mukaan. (3, s. 70.)

## **Radon**

Radonia tulee sisäilmaan rakennuksen alla olevasta maaperästä, talousvedestä ja erittymällä rakennusmateriaaleista. Suomen oloissa eniten radonia saadaan maaperästä ja täytesorasta, joista radon pääsee virtaamaan perustusten kautta rakennukseen. Olemassa olevan rakennuksen huoneilman radonpitoisuuden vuosikeskiarvo ei saa ylittää  $400\text{ Bq/m}^3$ . Uudisrakentamisessa vuosikeskiarvon raja on  $200\text{ Bq/m}^3$ . Vuosikeskiarvo tarkoittaa radonpitoisuuden keskiarvoa, joka on mitattu yhtäjaksoisesti vuoden aikana. (2, s. 27; 5, s. 74.)

## **Styreeni**

Styreeniä muodostuu sisäilmaan, kun rakennusmateriaaleissa käytetyn polyesterihartsin eri osat eivät ole reagoineet keskenään täydellisesti. Styreeni haisee

pistävälle. Styreeni aiheuttaa suurena pitoisuutena silmien sidekalvojen ja hengitysteiden limakalvojen ärsytystä. Sisäilman styreenipitoisuus on oltava alle 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . (2, s. 65.)

### **Tupakan savu**

Tupakan savua voi tulla sisäilmaan ulkoilmasta, rakenteiden vuotojen kautta tai väärin toimivan ilmastoinnin vuoksi. Savussa on yli 4 000 yhdistettä, joista yli 100 on ihmiselle haitallista ja 40 syöpää aiheuttavaa. (2, s. 68.)

### **VOC-yhdisteet (Haihtuvat orgaaniset yhdisteet)**

VOC-yhdisteiden yleisin lähde on rakennus- ja sisustusmateriaalit. Emissioita lisäävä tekijä on materiaalien väärinkäyttö. Sisäilman pitoisuuksiin vaikuttavat muun muassa ulkoilman pitoisuus, sisäilman ilmanvaihtuvuus, lämpötila sekä kosteus. (5, s. 67.)

### **2.1.6 Melu**

Ilmanvaihtojärjestelmissä yleisiä melun aiheuttajia ovat puhaltimet ja virtaava ilma. Puhaltimien äänenvaimennukseen on olemassa tehokkaat keinot, mutta jos äänenvaimentimista tai eristysmateriaaleista on tingitty, melua syntyy välttämättä. Ilman virtauksen aiheuttama melu riippuu virtauksen nopeudesta sekä kanaviston virtausteknisistä ominaisuuksista. Runkokanavan ilman nopeus on oltava alle 4 m/s ja haarakanavan alle 3 m/s, jotta melua ei syntyisi. Ilmanvaihtojärjestelmää säädetään venttiileillä ja säätöpelleillä, joista syntyy myös melua. Tasapainossa oleva järjestelmä ei tuota häiritsevää melua. Mitä enemmän säädöillä kuristetaan kanavan painetta, sitä enemmän syntyy ääntä. Lisäksi ilmanvaihtokanavat siirtävät ääntä tilojen välillä. Vanhoissa taloissa erityisesti ilmanvaihtokanavat ovat ongelmallisia. Nykyisissä venttiileissä on paremmat äänenvaimennusominaisuudet, joten melu on vähentynyt. (3, s. 63.)

## **2.2 Sisäilmaston ja ilmanvaihdon määräykset ja ohjeet**

Sisäilmastoon ja ilmanvaihtoon on annettu erilaisia määräyksiä ja ohjeita. Näistä tärkeimpiä ovat Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2, Asumisterveysohje ja Sisäilmastoluokitus 2008.

### **2.2.1 Suomen rakentamismääräyskokoelma**

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 antaa uudisrakentamisen ilmanvaihtoon ja sisäilmastoon määräyksiä ja ohjeita. Määräyksiä ja ohjeita voidaan kuitenkin soveltaa myös korjausrakentamiseen, jos toimenpiteen laatu ja laajuus tai muutettava käyttötapa sitä edellyttää. Nämä tiedot ovat suunnittelun ja rakentamisen vähimmäisvaatimustason ohjearvoja. (1, s. 5.)

Oleskeluvyöhykkeen huonelämpötilan suunnitteluarvona lämmityskaudella käytetään 21 °C:ta ja kesäkaudella 23 °C:ta. Oleskeluvyöhykkeen lämpötila ei saa olla yli 25 °C. (1, s. 6.) Sisäilman hiilidioksidipitoisuus saa olla enintään 2 160 mg/m<sup>3</sup> eli 1 200 ppm (1, s. 7). Asuntojen ilmanvaihtokerroin täytyy olla vähintään 0,5 1/h, eli koko ilmamäärän on vaihduttava kerran kahdessa tunnissa, jotta ilma on tarpeeksi puhdasta. Ilmavirtoja on voitava tehostaa kuormituksen ja ilman laadun mukaan. (1, s. 10.)

Rakennuksen on oltava alipaineinen, mutta ei enemmän kuin 30 Pa. Ilmanvaihtojärjestelmän paineet on suunniteltava siten, että ilma virtaa puhtaammista tiloista likaisempiin eli esimerkiksi makuuhuoneesta kylpyhuoneeseen. (1, s. 19.) Asuinhuoneen ulkoilmavirta on vähintään oltava henkilökuormituksen perusteella 6 (dm<sup>3</sup>/s)/hlö tai pinta-alan mukaan 0,5 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup>, joka vastaa ilmanvaihtokerrointa 0,5 1/h. (1, s. 25.) Ilmanvaihdon on asuinrakennuksissa käytävä koko ajan. Tilakohtaiset ohjeilmavirrat on esitetty liitteessä 1.

### **2.2.2 Asumisterveysohje**

Sosiaali- ja terveysministeriö antaa Asumisterveysohjeessa ohjearvoja fyysisistä, kemiallisista ja biologisista tekijöistä asunnoissa ja muissa oleskelutiloissa.

sa. Fysikaalisia tekijöitä ovat esimerkiksi sisäilman lämpötila, kosteus, melu, ilmanvaihto, säteily ja valaistus. (2, s. 9.)

Ohjearvoja on kahta tasoa. Hyvä taso tarkoittaa uudisrakentamiselle asetettujen määräysten mukaista vähimmäisvaatimustasoa. Asunnoissa on pyrittävä tähän tasoon. Välttävä taso ei ole suositeltava, ja sen alittaminen voi aiheuttaa haittaa terveydelle. (2, s. 11.) Sisäilman ohjearvoiksi annetaan 21 °C (hyvä taso) ja 18 °C (välttävä taso). Huoneen lämpötila ei saa olla kesällä yli 26 °C eikä talvella yli 24 °C. (2, s. 13.)

### **2.2.3 Sisäilmastoluokitus**

Sisäilmastoluokitus on tarkoitettu ensisijaisesti uudisrakennuskohteiden sisäilmastotavoitteiden asettamiseen, mutta soveltamalla sitä voidaan käyttää myös korjausrakennushankkeen tavoitteiden asettelussa (6, s. 3).

Sisäilmastoluokituksessa on kolme eri laatuluokkaa: S1, S2 ja S3. Luokka S1 on paras, mikä tarkoittaa laadultaan parasta sisäilmastoa. Tämä edellyttää käytännössä koneellista jäähdytystä ja huonekohtaista lämpötilan säätöä. Luokassa S3 huoneen lämpötilat saattavat kohota kesäolosuhteissa auringon ja muiden lämpökuormien takia. (6, s. 4.)

#### **Sisäilmastoluokat**

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 yllämpenemistä esiinny. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniolosuhteet ja hyviä valaistusolosuhteita tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus.” (6, s. 4.)

## 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 ylitäminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet.” (6, s. 4.)

## S3 – Tyydyttävä sisäilmasto

”Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset” (6, s. 4).

### Sisäilmaston tavoitearvoja

Tavoitearvot koskevat huonetilan oleskeluvyöhykettä. Oleskeluvyöhykkeellä tarkoitetaan aluetta, joka alkaa lattiasta ja ulottuu 1,8 metrin korkeuteen sekä 0,6 metrin päähän seinistä. Äänitasot mitataan joko 1,2 metrin tai 1,5 korkeudella lattiasta. (6, s. 5.) Tavoitearvojen toteutuminen todetaan riittävän kattavilla sekä luotettavilla mittauksilla rakennuksen käyttöaikana (6, s. 8). Taulukossa 1 on esitetty Sisäilmastoluokituksen tavoite- ja ohjearvoja.

TAULUKKO 1. Sisäilmastoluokituksen tavoite- ja ohjearvoja (6)

	S1	S2	S3
Lämpötila kesäaikana	24–25 °C	23,5–25,5 °C	24–26 °C
Lämpötila talviaikana	21–22 °C	20,5–22,5 °C	20–22 °C
Ulkoilmavirta	12 dm <sup>3</sup> /s, hlö	8 dm <sup>3</sup> /s, hlö	6 dm <sup>3</sup> /s, hlö
Radonpitoisuus	100 Bq/m <sup>3</sup>	100 Bq/m <sup>3</sup>	200 Bq/m <sup>3</sup>
Hiilidioksidipitoisuus	750 ppm	900 ppm	1 200 ppm
LVIS-laitteiden äänitaso asuinhuoneissa	≤24	≤28	≤28
LVIS-laitteiden äänitaso keittiössä	≤33	≤33	≤33
Puhtausluokka	P1	P1	P2
Suodatusluokka	F8	F7	F6

### **3 KONEELLINEN POISTOILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ**

Koneellisessa poistoilmanvaihdossa käytetään puhaltimia ilman poistamiseen rakennuksesta. Rakennukseen imetään puhaltimella alipaine, jonka vaikutuksesta ilma virtaa rakennuksen läpi. Edellytyksenä on riittävä korvausilman saanti pois imetyn ilman tilalle. Ilma virtaa suuremmasta paineesta pienempään päin ja virtausreiteistä helpoimman kautta. (3, s. 18–19.) Ulkoilma otetaan rakennukseen yleensä satunnaisista epätiiviykskohdista. Ulkoilmaventtiilien käyttö ilman sisäänottoon on ollut harvinaista 1980-luvun lopulle saakka. Kun ulkoilma otetaan rakennukseen sisään suunnittelemattomasti, on ilman jako huoneistossa sattumanvaraista. Huoneiston muoto ja huonejärjestelyt vaikuttavat siihen, tulee ulkoilma lainkaan esimerkiksi makuuhuoneisiin. (4, s. 15.)

#### **3.1 Järjestelmän tyypillisiä ongelmia**

Tyypillisiä koneellisen poistoilmanvaihdon ongelmia ovat

- ilmavirtojen säätämättömyys
- venttiilien ja kanavien likaantuminen
- huonot siirtoilmareitit
- asunto on liian alipaineinen
- riittämätön korvausilman saanti
- korvausilman aiheuttama veto lämmityskaudella
- korvausilman suodattamattomuus
- korvausilmaelinten ja poistoilmajärjestelmän aiheuttama melu
- äänen kulkeutuminen asuntojen välillä poistoilmakanavassa (5, s. 31).

#### **3.2 Laitteisto**

Koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän laitteistoon kuuluvat kanavisto, poistoilmaventtiilit ja puhallin.

### **3.2.1 Kanavat**

Ilmanvaihtokanavisto on tehty yleensä pyöreillä kanavilla. Yleisesti käytössä on yhteiskanavajärjestelmä, jossa päällekkäisten tilojen poistot on yhdistetty samaan poistokanavaan. Esimerkiksi keittiöiden ja kylpyhuoneiden kanavat voidaan yhdistää.

### **3.2.2 Poistoventtiilit**

Asuinhuoneiston poistoilmaventtiilit sijoitetaan keittiöön, kylpyhuoneisiin, WC-tiloihin, vaatehuoneisiin ja saunaan. Saunoissa käytetään yleensä erityisesti saunaan tarkoitettuja venttiileitä, joissa on säätömahdollisuus. Venttiiliä säätämällä saadaan suunniteltu paine-ero ja ilmavirta. Liesikupu on poistokanavaan asennettu laite, jossa ei ole omaa puhallinta.

### **3.2.3 Kanavapuhallin ja huippuimuri**

Koneellisen poiston puhaltimet ovat yleensä kaksinopeuspuhaltimia, jotka pyöriävät normaalisti puolella teholla, mutta tehostuksen aikana täydellä teholla. Yleisin puhallin on huippuimuri tai kanavapuhallin. Huippuimuri on rakennuksen vesikatolla sijaitseva poistoilmapuhallin, joka imee käytettyä ilmaa pois rakennuksesta. Huippuimuri ei saa aiheuttaa melua ympäristöön, joten sen äänitekni-  
nen suunnittelu on tärkeää.

## **3.3 Energiankulutus**

Ilmanvaihto kuluttaa rakennuksesta riippuen jopa 20–80 % koko rakennuksen lämmittämiseen tarvittavasta energiasta. Liian suuri ilmanvaihto kuluttaa turhaan energiaa, joten ilmanvaihdon tarpeenmukainen ohjaus on energiataloudellista. Lämmöntalteenoton asentamalla voidaan saada hyödyksi 40–50 % ilman lämmittämiseen kuluva energiasta. (3, s. 14.)



## 4 ILMANVAIHDON PARANTAMISRATKAISUT

Lukuisat ilmanvaihdon toiminnan puutteet voidaan korjata oikealla käytöllä, huollolla ja kunnossapidolla. Yleensä puhdistamalla ja perussäädöllä saavutetaan alkuperäisten suunnitelmien taso. Tämä taso on tosin nykyisten määräysten mukaan vaatimaton. Parempi laatutaso saavutetaan ilmanvaihdon perusrannuksella. (3, s. 83.) Ilmanvaihdon korjausratkaisuja suunniteltaessa on valittava koko järjestelmän uusimisen tai kunnostamisen ja korjauksen väliltä (7, s. 14).

### 4.1 Järjestelmän kunnostus ja korjaus

Minimivaihtoehtona pidetään olemassa olevan järjestelmän kunnostamista, johon lukeutuvat kanaviston ja venttiilien puhdistus, puhaltimien tarkistus ja perussäätö. Keittiön ilmanvaihtoa voidaan kunnostaa asentamalla poistokanaviin kytkeytyvä liesikupu ajastinohjauksella tai ilman. Tämä helpottaa ruoan käryjen ja hajujen poistumista asunnosta. (3, s. 88.)

Seinään tai ikkunakarmin asennettavalla korvausilmaventtiilillä saadaan ulkoilma tuotua hallitusti sisään oleskeluhuoneisiin. Seinään asennettu ulkoilmaventtiili varustetaan suodattimella, säätimellä ja mahdollisesti myös äänenvaimentimella. Ikkunakarmin asennettu rakoventtiili voi olla joko käsisäätöinen tai termostaattilla ohjattu. Termostaatti reagoi kylmään ulkoilmaan ja tuuleen pienentämällä venttiilin rakoa. (3, s. 88.)

Jos radiaattorit vaihdetaan, voidaan ulkoilman sisäänottoon käyttää ulkoilmapattereita tai ikkunapenkkiratkaisua. Raitisilmaradiaattorilla varmistetaan vedoton korvausilman saanti sekä lämmitetään ja suodatetaan korvausilma. Vanhat radiaattorit vaihdetaan raitisilmaradiaattoreihin. Ulkoilma otetaan sisään joko pyöreällä kanavalla radiaattorin takaa tai radiaattorin keskeltä ikkunakarmin virtausraosta. Tällä ratkaisulla saavutetaan tehokas suodatus (EU7). (7, s. 26.)

Jos ikkunat on tarkoitus uusia, samalla voidaan miettiä korvausilmaikkunoiden asennusta, jotka varmistavat riittävän korvausilman saannin asuntoon sekä esilämmittävät tulevan ilman (7, s. 28).

Tarvittaessa suoritetaan poistoilmajärjestelmän puhdistus ja perussäätö. Tähän lukeutuu esimerkiksi kanaviston nuohous, venttiilien ilmamäärien säätö ja asuntojen ilmanvaihtokertoimien tarkistukset. (7, s. 16) Koneellinen poistoilmakanavisto puhdistetaan yleensä mekaanisesti harjaamalla. Kanavisto alipaineistetaan joko ilmanvaihtojärjestelmän omalla poistoilmapuhaltimella tai erillisellä alipaineyksiköllä. Päätelaitteet pestään käsin puhtaaksi. Puhaltimet puhdistetaan harjaamalla, imuroimalla tai paineilmalla. (8, s. 64.)

#### **4.2 Koneellinen tuloilmalaite**

Asentamalla huoneistoon tuloilmalaite saadaan vedoton, lämmitetty ja tehokkaasti suodatettu (EU7/8) vakiotuloilmavirta. Olemassa oleva yhteiskanavapois- tojärjestelmä säilytetään. Tuloilmalaite on järkevin asentaa porrashuoneeseen, jotta sen huoltaminen olisi helppoa. Tarvittaessa myös huoneistoon asennus onnistuu. Asuntoon kanavat viedään pinta-asennuksena tai koteloituna. (7, s. 34.)

#### **4.3 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtokone lämmöntalteenotolla**

Koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä voidaan muuttaa tarvittaessa koneelliseksi tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmäksi. Tässä tapauksessa on järkevää asentaa lämmöntalteenotto poistoilmaan, jolloin ilmanvaihtoa voidaan ohjata huoneistokohtaisesti kello-ohjauksen sijaan. Koneellinen tulo- ja poistojärjestelmä on vaivaton toteuttaa asentamalla huoneistoihin ilmanvaihtokoneet, joissa on tulo- ja poistoilmapuhaltimet sekä myös lämmöntalteenottokenno. Kone voidaan asentaa keittiöön, kylpyhuoneeseen, vaatehuoneeseen tai porraskäytävään. Koneen tuloilma tuodaan asunnon ulkoseinästä ja jäteilma johdetaan katolle. Saneerattavissa kohteissa on muutamia ongelmia verrattuna uudiskohteisiin. Kanavien veto pitää suunnitella jo olemassa olevaan rakennukseen. Vanhoja hormeja voi käyttää hyväksi poistoilman kanavoinnissa. Tuloilmakanavien

sijoitus voi taas tuottaa ongelmia. Rakennuksen tiiviys on tärkeää, kun ollaan asentamassa tulo- ja poistojärjestelmää. Sisätilojen tulee olla aina alipaineisia ulkoilmaan verrattuna. Epätiivis rakennus lisää riskiä ylipaineisuuteen, joka aiheuttaa muun muassa kosteusvaurioita. Myöskään lämmöntalteenotosta saata-va hyöty ei ole yhtä suuri kuin tiiviissä rakennuksessa, ja energiankulutus voi jopa kasvaa. (3, s. 92.)

Asuntokohtaisella ilmanvaihtokoneella saadaan vedoton, lämmitetty ja tehokkaasti suodatettu (EU7/8) vakiotuloilmavirta sekä lämmöntalteenotto poistoilmavirrasta. Koneen jäteilma voidaan yleensä puhaltaa ulkoseinän kautta ulos, kun huolehditaan riittävästä etäisyyksistä esimerkiksi muihin ikkunoihin ja ulkoilmalaitteisiin. Keittiössä täytyy olla tehostuksellinen liesikupu. Ilmanvaihto toteutetaan ilmanvaihtokertoimella 0,5 1/h ja poissaoloilmanvaihto ilmanvaihtokertoimella 0,2 1/h. Ääni ei saa ylittää 28 dB(A) käyttötilanteessa. (7, s. 36–37.)

#### **4.4 Koneellisen poistoilmanvaihdon tarpeenmukainen ohjaus**

Yleisin ongelma keskitetyssä koneellisessa poistoilmanvaihdossa on, että ennalta määrätyt tehostusajat eivät enää vastaa nykypäivän asukkaiden tarpeita. Tämä kello-ohjaus tulisi korvata yksilöllisemmin ohjattavalla järjestelmällä. Helpoimmin ohjaus voidaan liittää liesikuvun yhteyteen, mutta tehostusmahdollisuus voidaan järjestää myös muihinkin tiloihin kuin keittiöön. Tehostusta voidaan säätää manuaalisesti, ajastimella tai automaattisesti esimerkiksi kosteuden tai hiilidioksidin määrän perusteella. Todellisuudessa ilmanvaihdon tehostusta ei tarvita kuitenkaan kuin 1–2 tuntia päivässä, joten kello-ohjattu järjestelmä kuluttaa enemmän energiaa verrattuna tarpeenmukaiseen ohjaukseen. Venttiiliohjausta käytettäessä käytetyt ilmavirrat mitoitetaan todellisen käyttötarpeen mukaan. Asuintilojen ilmanvaihtokertoimeksi valitaan 0,5 1/h ja keittiön ilmanvaihtoa tehostetaan liesikuvusta tarpeen mukaan. Tehostusventtiileitä asennetaan yleensä yksiöiden kylpyhuoneisiin ja suurten asuntojen erillisiin WC-tiloihin. (3, s. 90.)

## 5 ESIMERKKIKOHTTEEN LUONNOSSUUNNITELMA

Tämän opinnäytetyön esimerkkikohteena käytetään kerrostaloa, joka sijaitsee Oulussa, Kaukovainion kaupunginosassa, osoitteessa Nuolihaukantie 1, 90250 Oulu.

### 5.1 As Oy Nuoliharju

Rakennus on vuonna 1973 valmistunut kerrostalo, jossa on 42 asuntoa. Asuntojen koko vaihtelee välillä 36–128 m<sup>2</sup>. Näistä asunnoista 14 on yksiöitä, 14 kaksioita, 7 kolmiota ja 7 neliötä. Käytössä olevana ilmanvaihtojärjestelmänä toimii aikakaudelle tyypillinen koneellinen poistoilmanvaihto. Kohteen lämmitysjärjestelmä on kaukolämpö. Kerroksia talossa on 8, joista asuinkerroksia on 7. Rakennusmateriaalina on käytetty pääasiassa betonia. Huoneistoala on 2 555 m<sup>2</sup>, ja rakennustilavuus on 11 107 m<sup>3</sup>.

Rakennukseen on suoritettu peruskorjauksia vuosina 1998, 1999, 2004, 2011 ja 2013. Vuonna 2011 tehtiin ikkunaremontti, jossa kaikki ikkunat uusittiin. Uusissa ikkunoissa on korvausilmaventtiilit, joten korvausilma saadaan tuotua paremmin asuntoon. Tämän johdosta ilmanvaihdon parannusratkaisuina voidaan pitää olemassa olevan ilmanvaihtojärjestelmän tasapainotusta, säätöä ja puhdistusta tai asuntokohtaisia ilmanvaihtokoneita, jolloin ilmanvaihtoa saadaan ohjattua entistä yksilöllisemmin.

Rakennuksessa on yhteiskanavajärjestelmä. Huippuimureita on kaksi ja ne ovat kaksinopeuksisia. Ensimmäinen huippuimuri, PP1, toimii kahdella nopeudella. Täydellä teholla se imee ilmaa 5 500 m<sup>3</sup>/h eli noin 1,53 m<sup>3</sup>/s ja puoliteholla 2 500 m<sup>3</sup>/h eli noin 0,64 m<sup>3</sup>/s. PP1 palvelee B-rapun asuntoja, kellarikerroksen väestönsuojaa ja varastotiloja sekä pohjakerroksen sauna-, pesu- ja uima-allastiloja. Toinen huippuimuri, PP2, imee ilmaa täydellä teholla 4 800 m<sup>3</sup>/h eli noin 1,33 m<sup>3</sup>/s ja puoliteholla 2 400 m<sup>3</sup>/h eli noin 0,67 m<sup>3</sup>/s. PP2 palvelee A-rapun asuntoja, pohjakerroksen varastotiloja sekä teknisiä tiloja. Poistoilmaventtiileinä on käytetty Fläktwoods Oy:n mallia KSO.

## 5.2 Järjestelmän tasapainotus, säätö ja puhdistus

Kanavistoa ei ole puhdistettu eikä tasapainotettu moneen vuoteen, joten se täytyy suorittaa. Järjestelmän ilmavirrat tasapainotetaan ja säädetään kohdilleen poistoilmaventtiileitä säätämällä. Kanavat ja pääte-elimet puhdistetaan sekä ilmanvaihtokanavat nuohotaan. Huippuimurit uusitaan energiatehokkaammiksi.

## 5.3 Asuntokohtainen ilmanvaihtokone lämmöntalteenotolla

Ilmanvaihtokoneiksi yksiöihin ja kaksioihin on valittu Vallox 75 Silent ja suurempiin Vallox 95 Silent. Kyseiset mallit on tarkoitettu juuri asuntokohtaiseen ilmanvaihtoon, koska ne ovat tehokkaasti äänieristettyjä ja kattoasennuksen takia äänet eivät kulkeudu asunnon seinärakenteisiin. Koneissa on tulo- ja poistoilmapuhallin, levylämmönsiirrin, kesä-/talvi -vaihtopelti, sähköinen jälkilämmityspatteri ja suodattimet ulko- ja jäteilmalle. Ilmanvaihtoa voidaan ohjata suoraan liesikuvusta tai erillisellä ohjauskeskuksella. Liesikuvuksi on valittu Vallox Slim-Line PTX -sädinkuvut. Koneet sijoitetaan kylpyhuoneen seinään katonrajaan.

Asuntojen ilmavirrat on mitoitettu Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2, liitteen 1, taulukon 1 mukaisesti (liite 1). Poistoilmavirrat on määritetty noin 10 % suuremmiksi kuin tuloilmavirrat, jotta huoneisto pysyy alipaineisena. Rakennuksen pienempien asuntojen eli yksiöiden ja kaksioiden poistoilmavirrat on mitoitettu ohjearvoja pienemmiksi siten, että ilmanvaihtokertoimena on enintään 0,7 1/h. Kolmioiden ja neliöiden poistoilmavirrat on mitoitettu siten, että ilmanvaihtokertoimena on vähintään 0,5 1/h.

Ilmavirtoja voidaan ohjata liesikuvun kautta neljällä tehoalueella. Pienin asetus on poissaolokäyttöön, jolloin asunto on tyhjillään. Tällöin ilmavirrat ovat noin 50 % pienemmät kuin käytön ajan ilmavirrat. Nopeus 2 on tarkoitettu normaaliin käyttöön, jota käytetään, kun tehostuksen tarvetta ei ole. Nopeudet 3 ja 4 ovat tarkoitettu tehostuskäyttöön, joita käytetään esimerkiksi ruoanlaiton, suihkun, saunomisen tai pyykinkuivauksen yhteydessä. Nopeutta 4 käytetään, kun halutaan nopeutta 3 tehokkaampaa tehostusta.

## 5.4 Investointikustannukset

Ilmanvaihtokanavat on suositeltavaa puhdistaa kymmenen vuoden välein. Ilmanvaihtokanaviston viimeisintä nuohousajankohtaa ei ole tiedossa, joten nykyisen järjestelmän investointeihin voidaan lukea järjestelmän tasapainotus, säätö ja puhdistus. Ilmanvaihtokanavien puhdistuksen, mittauksen ja säädön hintana on käytetty paikallisen Tmi Turvatarkastus Mika Pääkkö -nimisen yrityksen hintaa, joka on 4,25 €/m<sup>2</sup> (9). Tämä hinta kerrottu kerrostalon huoneistoalalla 2 555 m<sup>2</sup> on saatu hinta 4,25 €/m<sup>2</sup> \* 2 555 m<sup>2</sup> ≈ 10 859 €.

Puhaltimen eli tässä tapauksessa huippuimurin tekninen elinikä on noin 10–15 vuotta, kun ilmanvaihto toimii jatkuvasti (19). Nykyisten huippuimurien iät eivät ole tiedossa, joten huippuimurit on vaihdettava kymmenen vuoden aikana. Uusiksi huippuimureiksi on valittu FläktWoods Oy:n Roofmaster STEF, ilmavirroilla 0,80 m<sup>3</sup>/s ja 0,75 m<sup>3</sup>/s. Ilmavirtojen perusteella huippuimurin tarkempi malli on STEF-4-004-2-1-5. FläktWoods Oy:n tuotehinnaston mukaan yhden kyseisen huippuimurin hinta on 1 348 €/kpl (19). Asennuksen hintana on käytetty 0,50 €/brm<sup>2</sup> (12).

TAULUKKO 2. Huippuimurien uusimiskustannukset

	Hinta [€/kpl]	Määrä [kpl]	Yhteensä [€]
FläktWoods Roofmaster STEF	1 348	2	2 696
Asennus			1 278
Yhteensä			3 974

Taulukossa 3 on esitetty asuntokohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän investointikustannuksia. Asuntokohtaisten ilmanvaihtokoneiden hintana on käytetty Vallox

Oy:n tuotehinnastosta löytyviä hintoja 1 215 € ja 1 240 € (11). IV-koneiden asennuksen hintana on käytetty 1,36 €/brm<sup>2</sup> (12). Tämä hinta on kerrottu talon huoneistoalalla, josta on saatu hinta noin 3 475 €. Kanavien ja kanavaosien hintana on käytetty Klara.net-verkkosivun tilastollista keskiarvohintaa 34,47 €/brm<sup>2</sup> (12). Tämä hinta on kerrottu talon huoneistoalalla, josta on saatu hinta noin 88 071 €.

*TAULUKKO 3. Asuntokohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän investointikustannukset*

	Hinta [€/kpl]	Lukumäärä [kpl]	Hinta yhteensä [€]
Vallox 75 Silent	1 215	28	34 020
Vallox 95 Silent	1 240	14	17 360
IV-koneiden asennus			3 475
Kanavat ja kanavaosat ja niiden asennus			88 071
Yhteensä			142 926

Nykyisen järjestelmän investointikustannuksiksi on saatu yhteensä noin 14 833 € ja asuntokohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän investointikustannuksiksi on saatu yhteensä 142 926 €.

### **5.5 Huoltokustannukset**

Asuntokohtaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä suodattimet olisi hyvä vaihtaa kaksi kertaa vuodessa, mutta kerran vuodessa on minimivaihtoehto. Oletetaan, että suodattimet vaihdetaan kerran vuodessa. Suodatinsarja 12 sisältää Valloxin alkuperäisen tuloilmasuodattimen (luokka G4), poistoilmasuodattimen (luok-

ka G4) ja hienosuodattimen (luokka F7). Suodatinsarja 12 maksaa 32,24 € (15), josta saadaan hinta:  $32,24\text{€} \cdot 42 \text{ asuntoa} \approx 1\,354 \text{ €/vuosi}$ . Tämän lisäksi tulevat myös huoltokäyntien kustannukset, joiksi on arvioitu  $45 \text{ €/h} \cdot 42 \text{ asuntoa} \cdot 0,5 \text{ h/kk} = 945 \text{ €/v}$ . Vuotuisiksi huoltokustannuksiksi on saatu 2 299 €.

Taulukossa 4 on esitetty arvio vuotuisesta huoltokustannuksesta asuntokohtaisessa ilmanvaihdossa.

*TAULUKKO 4. Huoltokustannukset asuntokohtaisessa ilmanvaihdossa*

	Hinta [€/kpl]	Määrä [kpl]	Kustannus [€/v]
Suodatinsarja	32,24	42	1 354
Huoltokäynnit	45	21	945
Yhteensä			2 299

Ilmanvaihtokoneen puhaltimet kestävät keskimäärin 10–15 vuotta jatkuvalla käytöllä (18). Oletetaan, että ilmanvaihtokoneiden puhaltimet kestävät tämän oletetun ajan, joten puhaltimien vaihtoa ei oteta huomioon tässä laskelmassa.

Huoltoyhtiö tarkastaa nykyisten huippuimurien toiminnan kerran vuodessa. Tästä voidaan laskea kustannukseksi  $1 \text{ krt/v} \cdot 45 \text{ €/h} \cdot 1 \text{ h/krt} = 45 \text{ €/v}$ . Yleisien tilojen pääte-elimien kunto, äänitaso, kiinnitys ja ilmavirran esteettömyys tarkastetaan myös kerran vuodessa. Tästä saadaan kustannukseksi  $1 \text{ krt/v} \cdot 45 \text{ €/h} \cdot 1 \text{ h/krt} = 45 \text{ €/v}$ .

Asuntokohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän huoltokustannuksiksi on saatu yhteensä 2 299 €, joka muodostuu suodattimien vaihdosta. Nykyisten huippuimurien toiminnan sekä pääte-elimien kunnon tarkkailun kustannukseksi tulee yhteensä 90 € vuodessa.



## 5.6 Energiakustannukset

Sähköenergian hintana on käytetty Oulun Energia Oy:n sähkön hintaa. Sähkön hinta koostuu sähkönsiirto hinnasta 3,05 snt/kWh ja yleissähkö 1:n hinnasta 6,74 snt/kWh (15; 16). Tästä saadaan sähköenergian hinnaksi  $(0,0305 \text{ €/kWh} + 0,0674 \text{ €/kWh}) * 1000 = 97,90 \text{ €/MWh}$ . Kaukolämmön hintana on käytetty Oulun Energia Oy:n kaukolämmön energiamaksua, joka on 47,08 MWh (10).

Asuntokohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän energiakustannukset on laskettu liitteessä 5. Käyttöenergiat on laskettu vuoden ajalle kuukausitasolla. Kokonaistuloilmavirraksi on laskettu  $1,38 \text{ m}^3/\text{s}$  ja kokonaispoistoilmavirraksi  $1,54 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Asuntokohtaisissa ilmanvaihtokoneissa on vakiona sähköinen jälkilämmityspatteri, joten energialaskelmassa on laskettu jälkilämmityspatterin käyttämä sähköenergia, josta saadaan asuntokohtaisten ilmanvaihtokoneiden lämmitysenergian tarve. Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve  $Q_{iv}$  on laskettu kaavalla 1 (14, s. 21).

$$Q_{iv} = t_d * t_v * \rho_i * c_{\rho i} * q_{v,tulo} * (T_{sp} - T_{lto}) * \Delta t / 1000 \quad \text{KAAVA 1}$$

$Q_{iv}$  = ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve, kWh

$t_d$  = ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h

$t_v$  = ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7vrk

$\rho_i$  = ilman tiheys,  $1,2 \text{ kg/m}^3$

$c_{\rho i}$  = ilman ominaislämpökapasiteetti,  $1000 \text{ J/(kg K)}$

$q_{v,tulo}$  = tuloilmavirta,  $\text{m}^3/\text{s}$

$T_{sp}$  = sisäänpuhalluslämpötila, °C

$T_{lto}$  = lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C

$\Delta t$  = ajanjakson pituus, h

1000 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

Ilmanvaihtolaitoksen keskimääräisenä vuorokautisen käyntiaikasuhteena ja viikoittaisena käyntiaikasuhteena on käytetty arvoa 1 (24h/24h ja 7vrk/7vrk) eli ilmanvaihto käy koko ajan (13, taulukko 3). Tuloilmavirtana on käytetty huoneiston ilmanvaihtokoneen tuloilmavirtaa, joka on  $0,5 \text{ dm}^3/(\text{sm}^2)$  eli 0,5 l/s kertaa asunnon pinta-ala. Tuloilman sisäänpuhalluslämpötilana on käytetty 18 °C, kun tarkempaa tietoa ei ole saatavilla (14, s. 22). Ajanjakson pituutena on käytetty kunkin kuukauden koko tuntimäärää, joka saadaan, kun kerrotaan kyseisen kuukauden päivien lukumäärä 24 tunnilla.

Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila  $T_{lto}$  on laskettu kaavalla 2 (14, s. 21).

$$T_{lto} = T_u + (\eta_{a,ivkone} * (T_{poisto} - T_u))$$

KAAVA 2

$T_{lto}$  = lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C

$\eta_{a,ivkone}$  = ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton poistoilman vuosihyötysuhde

$T_u$  = ulkolämpötila, °C

$T_{poisto}$  = poistoilman lämpötila, °C.

Ulkolämpötiloina on käytetty jokaisen kuukauden keskimääräistä ulkoilman lämpötilaa säävyöhykkeellä 1 (13, s. 30). Ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton poistoilman vuosihyötysuhde on saatu kyseisen ilmanvaihtokoneen tuotesertifikaatista (liite 2 ja 3). Poistoilman lämpötilana voidaan käyttää sisälämpötilaa, joka on 21 °C.

Kerrostalon asuntokohtaisen ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve vuodessa on noin 64 862 kWh. Tämä kerrotaan sähkön hinnalla, jolloin saadaan kustannukseksi noin 6 350 €/v. Tuloilman tilassa lämpenemisen energiaksi on saatu laskettua noin 43 488 kWh. Tämä kerrotaan kaukolämmön hinnalla, josta saadaan kustannukseksi noin 2 047 €/v.

Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergiatarve  $Q_{iv,tuloilma}$  on laskettu kaavalla 3 (14, s. 23).

$$Q_{iv,tuloilma} = t_d * t_v * \rho_i * c_{\rho i} * q_{v,tulo} * (T_s - T_{sp}) * \Delta t / 1000 \quad \text{KAAVA 3}$$

$Q_{iv,tuloilma}$  = tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh

$t_d$  = ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h

$t_v$  = ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7vrk

$\rho_i$  = ilman tiheys, 1,2 kg/m<sup>3</sup>

$c_{\rho i}$  = ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)

$q_{v,tulo}$  = tuloilmavirta, m<sup>3</sup>/s

$T_s$  = sisälämpötila, °C

$T_{sp}$  = sisäänpuhalluslämpötila, °C

$\Delta t$  = ajanjakson pituus, h

1000 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

Kaavasta 3 saadaan lämpöenergian tarve tuloilman lämmittämiseen sisäänpuhalluslämpötilasta huonelämpötilaan. Ilman lämmittäminen tapahtuu tilassa kaukolämmöllä. Kaavaan on sijoitettu muuten samat arvot kuin kaavaan 1, mutta lämpötilaerona on tässä käytetty sisäilman lämpötilaa ja sisäänpuhalluslämpötilaa.

Puhaltimien tai ilmanvaihtokoneiden sähkönkulutus on laskettu kaavalla 4 (14, s. 52).

$$W_{ilmanvaihto} = SFP * q_v * \Delta t$$

KAAVA 4

$W_{ilmanvaihto}$  = ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh

$SFP$  = puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m<sup>3</sup>/s)

$q_v$  = puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m<sup>3</sup>/s

$\Delta t$  = puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen käyttöaika laskentajaksolla, h.

Ilmanvaihtokoneen SFP-luku eli se, kuinka paljon ilmanvaihtokoneen puhaltimet tarvitsevat sähköä ilman siirtämiseen, on saatu selville kyseisen ilmanvaihtokoneen tuotesertifikaatista (liite 2 ja 3). Ilmanvaihtokoneen ilmavirtana on käytetty

huoneiston poistoilmavirtaa. Käyttöaikana laskentajaksolla on käytetty vuoden tuntien lukumäärää 8760 h. Kaikkien asuntokohtaisten ilmanvaihtokoneiden puhaltimien vuosittaiseksi sähkönkulutukseksi on saatu laskettua noin 21 756 kWh. Kulutus kerrotaan sähkön hinnalla, josta saadaan kustannukseksi noin 2 130 €/v.

Nykyisen eli koneellisen poistoilmanvaihdon energiankulutus on laskettu korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarpeena kaavalla 5 (14, s. 23).

$$Q_{iv,korvausilma} = \rho_i * c_{\rho i} * q_{v,korvausilma} * (T_s - T_u) * \Delta t / 1000 \quad \text{KAAVA 5}$$

$\rho_i$  = ilman tiheys, 1,2 kg/m<sup>3</sup>

$c_{\rho i}$  = ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)

$q_{v,korvausilma}$  = korvausilmavirta, m<sup>3</sup>/s

$T_s$  = sisälämpötila, °C

$T_u$  = ulkolämpötila, °C

$\Delta t$  = ajanjakson pituus, h

1000 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

Huippuimurien sähköenergian kulutus vuoden aikana on laskettu kaavalla 4. Huippuimurien SFP-lukuja ei ole tiedossa, joten niiden on oletettu olevan 1,0 kW/(m<sup>3</sup>/s), joka on suunnitteluarvo koneelliselle poistoilmanvaihtojärjestelmälle (14, s. 52). Ilmavirtana on käytetty arvoa 1,55 m<sup>3</sup>/s. Tämä arvo on saatu oletuksella, että huippuimurit käyvät täydellä teholla 3 tuntia päivästä ja 21 tuntia puolella teholla. Huippuimuri PP1 käy täydellä teholla ilmavirralla 5 500 m<sup>3</sup>/h ja puo-

lella teholla 2 500 m<sup>3</sup>/h. Huippuimuri PP2:n ilmavirta täydellä teholla on 4 800 m<sup>3</sup>/h ja puolella teholla ilmavirta on 2 400 m<sup>3</sup>/h. Näistä on laskettu yhteen ilmavirrat päivää kohti ja siitä edelleen tuntia kohti, joista on saatu nykyisen ilmastointijärjestelmän kokonaisilmavirraksi yhteensä 5 575 m<sup>3</sup>/h, joka on noin 1,55 m<sup>3</sup>/s.

Vuosittainen energialaskenta on esitetty liitteessä 5. Vuotuiseksi kerrostalon ilmanvaihdon lämmitysenergiankulutukseksi on laskettu 248,79 MWh. Kertomalla kulutus kaukolämmön hinnalla saadaan kustannukseksi noin 11 713 €/v. Kulutus muodostuu siitä, kun sisään tuleva lämmittämätön ulkoilma lämmitetään asunnon lämpöpattereilla eli kaukolämmöllä huonelämpötilaan eli 21 °C:seen. Kahden huippuimurin vuosittaiseksi sähköenergiakulutukseksi on laskettu 13,58 MWh. Kertomalla kulutus sähkön hinnalla saadaan kustannukseksi noin 1 329 €/v.

Vuotuiseksi kustannukseksi asuntokohtaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä on saatu noin 10 527 € vuodessa. Nykyisen koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän vuosittaiseksi energiakulutuksen kustannukseksi on saatu noin 13 042 € vuodessa. Asuntokohtaiset ilmanvaihtokoneet tulevat siis vuodessa noin 2 515 € halvemmaksi kuin nykyinen järjestelmä.

## **5.7 Elinkaarikustannukset**

Tässä luvussa summataan kustannukset pidemmältä ajalta eli tässä tapauksessa kymmenen vuoden ajalta, joista saadaan elinkaarikustannuksien summat selville. Nykyisen ilmanvaihtojärjestelmän kokonaisilmavirta on 1,55 m<sup>3</sup>/s. Asuntokohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän kokonaistuloilmavirta on 1,38 m<sup>3</sup>/s ja kokonaispoistoilmavirta 1,54 m<sup>3</sup>/s. Taulukossa 5 on summattu yhteen järjestelmien elinkaarikustannukset.

Nykyisen ilmanvaihtojärjestelmän investointikustannukset ovat kymmenen vuoden aikana 14 833 €, joka tulee kanavien nuohouksesta ja tasapainotuksesta sekä huippuimurien uusimisesta. Asuntokohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän in-

vestointikustannuksiksi on saatu yhteensä 142 926 €, joka tulee asuntokohtaisista ilmanvaihtokoneista, päätelaitteista, kanavista ja niiden asennuksista.

Nykyisen järjestelmän ilmanvaihdon huoltokustannuksiksi vuodessa on laskettu 90 €. Kymmenen vuoden aikana summa on yhteensä 900 €. Asuntokohtaisten ilmanvaihtokoneiden suodattimien vaihdosta tulee kymmenen vuoden aikana kustannuksia yhteensä 22 990 €.

Nykyisen koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän käyttökustannukset ovat noin 13 042 €. Kymmenen vuoden käyttökustannuksiksi saadaan siis näin ollen 130 420 €. Asuntokohtaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä vuotuinen käyttökustannus on noin 10 527 €. Kymmenen vuoden käyttökustannuksiksi saadaan siis 105 270 €. Tästä saadaan laskettua, että asuntokohtainen ilmanvaihtojärjestelmä tulee kymmenen vuoden aikana 25 150 € halvemmaksi kuin nykyinen koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä.

#### *TAULUKKO 5. Elinkaarikustannukset*

	Nykyinen ilmanvaihtojärjestelmä	Asuntokohtainen ilmanvaihtojärjestelmä
Investointikustannukset	14 833 €	142 926 €
Huoltokustannukset	900 €	22 990 €
Energiakustannukset	130 420 €	105 270 €
Yhteensä	146 153 €	271 186 €

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää 1970-luvulla rakennettujen asuinkerrostalojen ilmanvaihdon parantamismahdollisuuksia. Työssä käytiin läpi mahdollisia vaihtoehtoja ja valittiin järkevin ratkaisu.

Esimerkkikohteena käytettiin Oulussa sijaitsevaa kerrostaloa. Kyseiseen kerrostaloon suunniteltiin ilmanvaihdon perusparannusratkaisua. Ratkaisuina käytettiin joko olemassa olevan ilmastointijärjestelmän puhdistusta, tasapainotusta ja säätöä tai asuntokohtaista ilmanvaihtojärjestelmää, jossa jokaiseen asuntoon asennetaan oma asuntokohtainen ilmanvaihtokone.

Asuntokohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän investointikustannukset tulevat kymmenen vuoden aikana 128 093 € kalliimmaksi kuin nykyinen ilmanvaihtojärjestelmä. Tämä johtuu muun muassa asuntokohtaisten ilmanvaihtokoneiden sekä uusien ilmanvaihtokanavien asennusten kustannuksista. Huoltokustannukset asuntokohtaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä tulevat 22 900 € kalliimmiksi kuin nykyisessä ilmanvaihtojärjestelmässä. Energiakustannukset taas tulevat asuntokohtaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä 25 150 € halvemmaksi kuin nykyisessä ilmanvaihtojärjestelmässä. Tämä selittyy poistoilman lämmöntalteenotolla, joka säästää energiaa. Kymmenen vuoden aikana nykyisen ilmanvaihtojärjestelmän elinkaarikustannukset ovat yhteensä 146 153 € ja asuntokohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän elinkaarikustannukset 271 186 €. Asuntokohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän kustannukset ovat lähes kaksinkertaiset verrattuna nykyiseen järjestelmään.

Järkevimpänä eli kustannustehokkaimpana ratkaisuna voidaan pitää olemassa olevan ilmanvaihtojärjestelmän perusteellista nuohousta ja kanaviston tasapainotusta, jotta saadaan ilmavirrat kohdalleen. Huippuimureiden uusiminen energiatehokkaimmiksi tuo säästöä myös käyttökustannuksiin.



## LÄHTEET

1. D2 (2012). 2011. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf). Hakupäivä 19.4.2014.
2. Asumisterveysohje. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. 2003. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/14951-asumisterveysohje\\_pdf.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/14951-asumisterveysohje_pdf.pdf). Hakupäivä 19.4.2014.
3. Säteri, Jorma 2001. Käytännön ilmanvaihto. Opas ilmanvaihdon oikeaan käyttöön ja ylläpitoon. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
4. Kovanen, Keijo – Pallari, Marja-Liisa – Säteri, Jorma 1999. Kerrostalojen sisäilmaston ja energiatalouden parantaminen. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1999/T1945.pdf>. Hakupäivä 19.4.2014.
5. Jokiranta Kai – Palonen, Jari – Ruotsalainen, Risto – Seppänen, Olli 1997. Sisäilmaston kuntotutkimus. Helsinki: Cosmoprint Oy.
6. LVI 05-10440. 2008. Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Rakennustietosäätiö RTS.
7. Jokiranta, Kai – Kurnitski, Jarek – Palonen, Jari – Seppänen, Olli 2001. Asuntoilmanvaihdon korjauskonseptit. Vantaa: Tummavuoren Kirjapaino Oy.
8. Holopainen, Rauno – Pasanen, Pertti – Railio, Jorma – Säteri, Jorma – Virranta, Petteri 2012. Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus ja tasapainotus. Tavoitteeva hyvä ja energiataloudellinen sisäilmasto. JuvenesPrint.
9. Ilmanvaihtokanavien puhdistus. 2014. Turvatarkastus.com. Saatavissa: <http://www.turvatarkastus.com/tarjous>. Hakupäivä 19.4.2014.

10. Kaukolämmön energiamaksu. 2014. Oulun Energia Oy. Saatavissa:  
[http://www.oulunenergia.fi/kaukolampo/hinnastot/kaukolammon\\_hinnastot](http://www.oulunenergia.fi/kaukolampo/hinnastot/kaukolammon_hinnastot).  
Hakupäivä 19.4.2014.
11. Vallox -tuotehinnasto. 2014. Vallox. Saatavissa:  
[http://www.vallox.com/tiedostot/4/documents/Esitteet\\_FI/TUOTEHINNASTO\\_2014.pdf](http://www.vallox.com/tiedostot/4/documents/Esitteet_FI/TUOTEHINNASTO_2014.pdf). Hakupäivä 19.4.2014
12. Klara.net. 2014. Rakennustieto. Saatavissa:  
<https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/klaranet.html>. Hakupäivä  
19.4.2014.
13. D3 (2012). 2011. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet  
2012. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöminis-  
teriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa:  
[http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf). Hakupäivä  
19.4.2014.
14. D5 (2012). 2013. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontar-  
peen laskenta. Ohjeet 2012. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Hel-  
sinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa:  
<http://www.finlex.fi/data/normit/41189-D5-17-5-2013-final-su.pdf>. Hakupäivä  
19.4.2014.
15. Sähkösiirtohintaa. 2014. Oulun Energia Oy. Saatavissa:  
[http://www.oulunenergia.fi/sahkonsiirto/hinnastot/sahkon\\_siirtohinasto](http://www.oulunenergia.fi/sahkonsiirto/hinnastot/sahkon_siirtohinasto). Ha-  
kupäivä 19.4.2014.
16. Yleissähkön hinta. 2014. Oulun Energia Oy. Saatavissa:  
<http://www.pohjoistavoimaa.fi/sahkosopimus/varmavirta>. Hakupäivä  
19.4.2014.
17. Vallox -suodatintilaus. 2014. Vallox. Saatavissa:  
<http://valloxsuodattimet.fi/sopivuus/vallox-95-75/>. Hakupäivä 19.4.2014.

18. KH 90-00403. 2008. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot. Rakennustietosäätiö RTS.
19. FläktWoods -hinnasto. 2013. FläktWoods. Saatavissa:  
<http://www.flaktwoods.fi/2f21ee43-880f-467b-9ec0-5d3d48018034>. Hakupäivä 19.4.2014.
20. Vallox 75 -tuotesertifikaatti. 2012. Vallox. Saatavissa:  
[http://www.vallox.com/tiedostot/4/documents/Sertifikaatit\\_FI/Vallox75\\_VTT\\_C\\_843\\_21\\_06\\_paivitys2012.pdf](http://www.vallox.com/tiedostot/4/documents/Sertifikaatit_FI/Vallox75_VTT_C_843_21_06_paivitys2012.pdf). Hakupäivä 19.4.2014.
21. Vallox 95 -tuotesertifikaatti. 2012. Vallox. Saatavissa:  
[http://www.vallox.com/tiedostot/4/documents/Sertifikaatit\\_FI/Vallox95\\_VTT\\_C\\_844\\_21\\_06\\_paivitys2012.pdf](http://www.vallox.com/tiedostot/4/documents/Sertifikaatit_FI/Vallox95_VTT_C_844_21_06_paivitys2012.pdf). Hakupäivä 19.4.2014.

## **LIITTEET**

Liite 1 Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2, taulukko 1 (5)

Liite 2 Vallox 75 Silent -ilmanvaihtokoneen VTT:n tuotesertifikaatti (20)

Liite 3 Vallox 95 Silent -ilmanvaihtokoneen VTT:n tuotesertifikaatti (21)

Liite 4 Nykyisen ilmanvaihtojärjestelmän energialaskenta

Liite 5 Asuntokohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän energialaskenta

Taulukko 1. Asuinrakennukset

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 käyttäjän ilmanvaihtokerroin on enintään 0,7 1/h ja poistoilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti tarpeen mukaan. Jos poistoilmavirran tehostusta voidaan ohjata vain rakennuskohtaisesti, voidaan pienten asuntojen poistoilmavirrat mitoitaa 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.						
Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Poistoilma- virta dm <sup>3</sup> /s	Äämitaso L <sub>A,eq,T</sub> / L <sub>A,max</sub> dB	Ilman nopeus talvi m/s	Huom!
<b>Asuintilat:</b>	<b>6</b>					
Asuinhuoneet		0,5		<b>28 / 33 *</b>	0,20	*C1 määräys
Keittiö		#S	8 #A	<b>33 / 38 *</b>	0,20	*C1 määräys
- käyttöajan tehostus		#S	25	33 / 38	0,20	
Vaatehuone, varasto		#S	3	33 / 38		
Kylpyhuone		#S	10 #B	38 / 43	0,20	
- käyttöajan tehostus		#S	15	38 / 43	0,20	
WC		#S	7 #B	33 / 38		
- käyttöajan tehostus		#S	10	33 / 38		
Kodinhuoltohuone		#S	8	33 / 38	0,30	
- käyttöajan tehostus		#S	15	33 / 38	0,30	
Huoneistosauuna		2 #C	2/m <sup>2</sup> #C	33 / 38		
<b>Yhteistilat:</b>						
Porrashuone		0,5 1/h	0,5 1/h	38 / 43		
Varastot		0,35	0,35 /m <sup>2</sup>	43 / 48		
Kylmäkellari (myös asuntokylmiö, jos pinta-ala > 4m <sup>2</sup> )		0,2	0,2 / m <sup>2</sup>	43 / 48		
Pukuhuone		2	2 / m <sup>2</sup>	33 / 38	0,20	
Pesuhuone		3	3 / m <sup>2</sup>	43 / 48	0,20	
Saunan löylyhuone		2	2 / m <sup>2</sup>	33 / 38		
Talopesula		1	1 / m <sup>2</sup>	43 / 48		
Kuivaushuone		2 #D	2 / m <sup>2</sup> #D	43 / 48		
Askarteluhuone, kerhohuone		1 #E	1 / m <sup>2</sup> #E	33 / 38	0,20	
<p># A Ohjearvo, kun liesikuvun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa on liesikuvun ohjearvo 20 dm<sup>3</sup>/s.</p> <p># B Ohjearvo, kun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa ilmavirran ohjearvo on käyttöajan tehostuksen mukainen.</p> <p># C Kuitenkin vähintään 6 dm<sup>3</sup>/s. Saunan ilmavirtaa ei oteta huomioon laskettaessa asunnon ilmanvaihtokerrointa, jos saunan ulkoilmavirta on yhtä suuri kuin poistoilmavirta.</p> <p># D Voidaan mitoitaa pienemmäksi kun käytetään ilmankuivainta.</p> <p># E Edellyttää tuuletusmahdollisuutta; muuten 1,5 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup>.</p> <p># S Ulkoilmavirta korvataan yleensä asuinhuoneista johdettavalla siirtoilmavirralla.</p>						



# TUOTESERTIFIKAATTI

Sertifikaatti Nro VTT-C-843-21-06

Myönnetty 22.8.2006

Päivitetty 17.2.2012

1 (2)

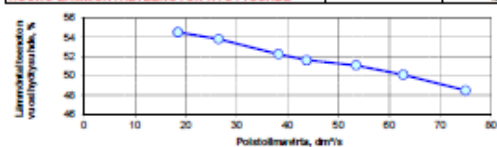
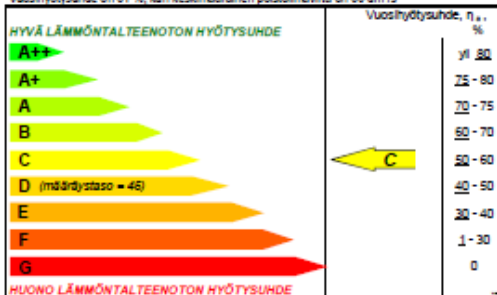
## Vallox Oy

valmistaa

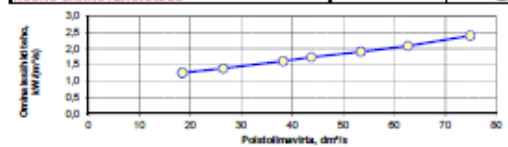
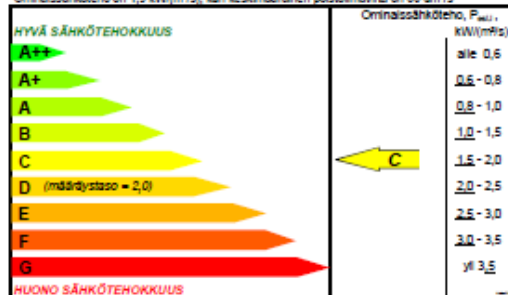
### ilmanvaihtokoneita Vallox 75

Vallox 75 on tarkoitettu käytettäväksi asunnon ilmanvaihtokoneena ja sen lämmöntalteenoton hyötysuhde ja ominais sähköteho sekä lämpö-, virtaus- ja äänitekniset ominaisuudet on määritetty sertifiointiperusteiden VTT SERT R018-04: *Asunnon ilmanvaihtokone* mukaisesti. Yhteenveto ilmanvaihtokoneen lasketusta energiatehokkuudesta Etelä-Suomen sääoloissa on esitetty seuraavassa:

#### POISTOILMAN LÄMMÖNTALTEENOTON VUOSIHYÖTYSUHDE, $\eta_v$

Vuosihyötysuhde on 51 %, kun keskimääräinen poistilmanvirta on 50 dm<sup>3</sup>/s

#### ILMANVAIHTOKONEEN OMINAISÄHKÖTEHO, $P_{\text{net}}$

Ominais sähköteho on 1,9 kW/(m<sup>3</sup>/s), kun keskimääräinen poistilmanvirta on 50 dm<sup>3</sup>/s

Ilmanvaihtokone täyttää sivulla 2 esitetyt vaatimukset. Ilmanvaihtokoneen tuotetiedot, energiatehokkuuden laskennan lähtötiedot ja tulokset on esitetty sertifikaatin liitteessä.

Tämä sertifikaatti on voimassa 16.2.2017 saakka sillä edellytyksellä, että tuotteessa ei tapahdu oleellisia muutoksia ja että valmistajalla on voimassa oleva laadunvalvontasopimus VTT Expert Services Oyn kanssa. Sertifikaatin voimassaolon voi tarkistaa VTT Expert Services Oy:stä tai Internet-osoitteesta <http://www.vttexpertservices.fi/certifications/>. Muut ehdot on esitetty sertifikaatin lopussa.

Espoossa 17.2.2012

Liisa Rautiainen  
Arviointipäällikkö

Mikko Saari  
Arvioija

VTT EXPERT SERVICES OY  
PL 1001, 02044 VTT  
Puh. 020 722 111, Faksi 020 722 7003

Copyright © VTT Expert Services Oy 2012



# TUOTESERTIFIKAATTI

Sertifikaatti Nro VTT-C-844-21-06

Myönnetty 22.8.2006

Päivitetty 17.2.2012

1 (2)

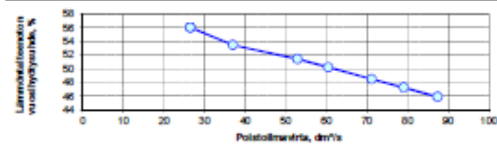
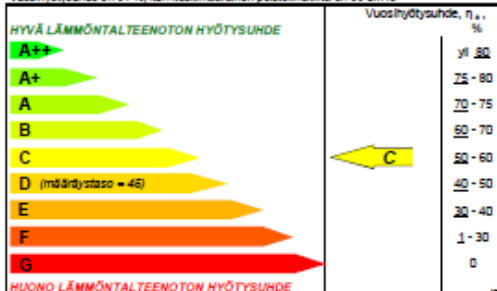
## Vallox Oy

valmistaa

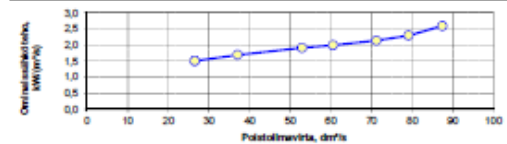
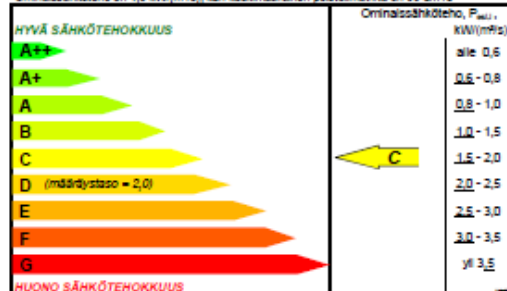
### ilmanvaihtokoneita Vallox 95

Vallox 95 on tarkoitettu käytettäväksi asunnon ilmanvaihtokoneena ja sen lämmöntalteenoton hyötysuhde ja ominais sähköteho sekä lämpö-, virtaus- ja äänitekniset ominaisuudet on määritetty sertifiointiperusteiden VTT SERT R018-04: *Asunnon ilmanvaihtokone* mukaisesti. Yhteenvedo ilmanvaihtokoneen lasketusta energiatehokkuudesta Etelä-Suomen sääoloissa on esitetty seuraavassa:

#### POISTOILMAN LÄMMÖNTALTEENOTON VUOSIHYÖTYSUHDE, $\eta_{s,l}$

Vuosihyötysuhde on 51 %, kun keskimääräinen poistolmavirta on 50 dm<sup>3</sup>/s

#### ILMANVAIHTOKONEEN OMINAISÄHKÖTEHO, $P_{e,el}$

Ominais sähköteho on 1,9 kW/(m<sup>3</sup>/s), kun keskimääräinen poistolmavirta on 50 dm<sup>3</sup>/s

Ilmanvaihtokone täyttää sivulla 2 esitetyt vaatimukset. Ilmanvaihtokoneen tuotetiedot, energiatehokkuuden laskennan lähtötiedot ja tulokset on esitetty sertifikaatin liitteessä.

Tämä sertifikaatti on voimassa 16.2.2017 saakka sillä edellytyksellä, että tuotteessa ei tapahdu oleellisia muutoksia ja että valmistajalla on voimassa oleva laadunvalvontasopimus VTT Expert Services Oyn kanssa. Sertifikaatin voimassaolon voi tarkistaa VTT Expert Services Oy:stä tai Internet-osoitteesta <http://www.vttexpertservices.fi/certifications/>. Muut ehdot on esitetty sertifikaatin lopussa.

Espoossa 17.2.2012

Liisa Rautiainen  
Arviointipäällikkö

Copyright © VTT Expert Services Oy 2012

Mikko Saari  
Arvioija

VTT EXPERT SERVICES OY  
PL 1001, 02044 VTT  
Puh. 020 722 111, Faksi 020 722 7003

Yksiöt	1h+kk	T <sub>s</sub> [°C]	SFP [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	q <sub>v,poisto</sub> [m <sup>3</sup> /s]
14 kpl	36 m <sup>2</sup>	21	1,0	0,023

Kuukausi	T <sub>u</sub> [°C]	T <sub>s</sub> -T <sub>u</sub> [°C]	Δt [h/kk]	Q <sub>iv, ei Itoa</sub> [kWh]
Tammikuu	-3,97	24,97	744	512,74
Helmikuu	-4,50	25,50	672	472,95
Maaliskuu	-2,58	23,58	744	484,20
Huhtikuu	4,50	16,50	720	327,89
Toukokuu	10,76	10,24	744	210,27
Kesäkuu	14,23	6,77	720	134,53
Heinäkuu	17,30	3,70	744	75,98
Elokuu	16,05	4,95	744	101,65
Syyskuu	10,53	10,47	720	208,06
Lokakuu	6,20	14,80	744	303,91
Marraskuu	0,50	20,50	720	407,38
Joulukuu	-2,19	23,19	744	476,19
<b>Σ 1 asunto</b>				<b>3715,75</b>
<b>Σ 14 asuntoa</b>				<b>52020,54</b>

Kaksiot	2h+kk	T <sub>s</sub> [°C]	SFP [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	q <sub>v,poisto</sub> [m <sup>3</sup> /s]
14 kpl	61,5 m <sup>2</sup>	21	1,0	0,038

Kuukausi	T <sub>u</sub> [°C]	T <sub>s</sub> -T <sub>u</sub> [°C]	Δt [h/kk]	Q <sub>iv, ei Itoa</sub> [kWh]
Tammikuu	-3,97	24,97	744	847,14
Helmikuu	-4,50	25,50	672	781,40
Maaliskuu	-2,58	23,58	744	799,98
Huhtikuu	4,50	16,50	720	541,73
Toukokuu	10,76	10,24	744	347,41
Kesäkuu	14,23	6,77	720	222,27
Heinäkuu	17,30	3,70	744	125,53
Elokuu	16,05	4,95	744	167,94
Syyskuu	10,53	10,47	720	343,75
Lokakuu	6,20	14,80	744	502,11
Marraskuu	0,50	20,50	720	673,06
Joulukuu	-2,19	23,19	744	786,75
<b>Σ 1 asunto</b>				<b>6139,07</b>
<b>Σ 14 asuntoa</b>				<b>85946,97</b>



<b>Kolmiot</b>	<b>3h+k</b>	$T_s$ [°C]	SFP [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	$q_{v,poisto}$ [m <sup>3</sup> /s]
<b>7 kpl</b>	<b>85 m<sup>2</sup></b>	21	1,0	0,047

Kuukausi	$T_u$ [°C]	$T_s - T_u$ [°C]	$\Delta t$ [h/kk]	$Q_{iv, ei Itoa}$ [kWh]
Tammikuu	-3,97	24,97	744	1047,78
Helmikuu	-4,50	25,50	672	966,47
Maaliskuu	-2,58	23,58	744	989,45
Huhtikuu	4,50	16,50	720	670,03
Toukokuu	10,76	10,24	744	429,69
Kesäkuu	14,23	6,77	720	274,92
Heinäkuu	17,30	3,70	744	155,26
Elokuu	16,05	4,95	744	207,71
Syyskuu	10,53	10,47	720	425,17
Lokakuu	6,20	14,80	744	621,03
Marraskuu	0,50	20,50	720	832,46
Joulukuu	-2,19	23,19	744	973,09
<b>Σ 1 asunto</b>				<b>7593,06</b>
<b>Σ 7 asuntoa</b>				<b>53151,42</b>

<b>Neliöt</b>	<b>4h+k</b>	$T_s$ [°C]	SFP [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	$q_{v,poisto}$ [m <sup>3</sup> /s]
<b>7 kpl</b>	<b>92 m<sup>2</sup></b>	21	1,0	0,051

Kuukausi	$T_u$ [°C]	$T_s - T_u$ [°C]	$\Delta t$ [h/kk]	$Q_{iv, ei Itoa}$ [kWh]
Tammikuu	-3,97	24,97	744	1136,95
Helmikuu	-4,50	25,50	672	1048,72
Maaliskuu	-2,58	23,58	744	1073,66
Huhtikuu	4,50	16,50	720	727,06
Toukokuu	10,76	10,24	744	466,26
Kesäkuu	14,23	6,77	720	298,31
Heinäkuu	17,30	3,70	744	168,47
Elokuu	16,05	4,95	744	225,39
Syyskuu	10,53	10,47	720	461,35
Lokakuu	6,20	14,80	744	673,89
Marraskuu	0,50	20,50	720	903,31
Joulukuu	-2,19	23,19	744	1055,91
<b>Σ 1 asunto</b>				<b>8239,28</b>
<b>Σ 7 asuntoa</b>				<b>57674,94</b>

**Nykyinen järjestelmä eli koneellinen poistoilmanvaihto**

Kerrostalon ilmanvaihdon korvausilman lämmitysenergian tarve vuodessa:	248793,87 kWh/v 248,79 MWh/v
Kahden huippuimurin sähköenergian kulutus vuodessa:	13578,00 kWh/v 13,58 MWh/v
Kaukolämmön hinta:	47,08 €/MWh
Sähkön hinta:	97,90 €/MWh
Kaukolämmön osuus kustannuksista:	11713,22 €/v
Sähkön osuus kustannuksista:	1329,29 €/v
<b>Vuotuinen kustannus:</b>	<b>13042,50 €/v</b>

Yksiöt (36 m <sup>2</sup> )	T <sub>sp</sub> [°C]	η <sub>a, ivkone</sub>	T <sub>s</sub> [°C]	SFP [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	q <sub>v,tulo</sub> [m <sup>3</sup> /s]	q <sub>v,poisto</sub> [m <sup>3</sup> /s]
<b>14 kpl</b>	18	0,54	21	1,4	0,02	0,023

Kuukausi	T <sub>u</sub> [°C]	T <sub>s</sub> -T <sub>u</sub> [°C]	Δt [h/kk]	T <sub>Lto</sub> [°C]	Q <sub>iv,JLP</sub> [kWh]	Q <sub>iv,tuloilma</sub> [kWh]
Tammikuu	-3,97	24,97	744	9,51	151,53	53,57
Helmikuu	-4,50	25,50	672	9,27	140,80	48,38
Maaliskuu	-2,58	23,58	744	10,15	140,11	53,57
Huhtikuu	4,50	16,50	720	13,41	79,32	51,84
Toukokuu	10,76	10,24	744	16,29	30,54	53,57
Kesäkuu	14,23	6,77	720	17,89	1,97	51,84
Heinäkuu	17,30	3,70	744	19,30	0,00	53,57
Elokuu	16,05	4,95	744	18,72	0,00	53,57
Syyskuu	10,53	10,47	720	16,18	31,38	51,84
Lokakuu	6,20	14,80	744	14,19	68,00	53,57
Marraskuu	0,50	20,50	720	11,57	111,11	51,84
Joulukuu	-2,19	23,19	744	10,33	136,91	53,57
<b>Σ 1 asunto</b>					<b>891,67</b>	<b>630,72</b>
<b>Σ 14 asuntoa</b>					<b>12483,35</b>	<b>8830,08</b>

Yhden koneen puhaltimien sähköenergian kulutus vuodessa [kWh/v]:

282,07

Kaikkien yksiiöiden koneiden puhaltimien sähköenergian kulutus vuodessa [kWh]:

3949,01

Kaksiot (61,5 m <sup>2</sup> )	T <sub>sp</sub> [°C]	η <sub>a, ivkone</sub>	T <sub>s</sub> [°C]	SFP [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	q <sub>v,tulo</sub> [m <sup>3</sup> /s]	q <sub>v,poisto</sub> [m <sup>3</sup> /s]
<b>14 kpl</b>	18	0,52	21	1,5	0,034	0,038

Kuukausi	T <sub>u</sub> [°C]	T <sub>s</sub> -T <sub>u</sub> [°C]	Δt [h/kk]	T <sub>ito</sub> [°C]	Q <sub>iv</sub> [kWh]	Q <sub>iv,tuloilma</sub> [kWh]
Tammikuu	-3,97	24,97	744	9,01	272,76	91,07
Helmikuu	-4,50	25,50	672	8,76	253,34	82,25
Maaliskuu	-2,58	23,58	744	9,68	252,51	91,07
Huhtikuu	4,50	16,50	720	13,08	144,53	88,13
Toukokuu	10,76	10,24	744	16,08	58,14	91,07
Kesäkuu	14,23	6,77	720	17,75	7,33	88,13
Heinäkuu	17,30	3,70	744	19,22	0,00	91,07
Elokuu	16,05	4,95	744	18,62	0,00	91,07
Syyskuu	10,53	10,47	720	15,97	59,50	88,13
Lokakuu	6,20	14,80	744	13,90	124,58	91,07
Marraskuu	0,50	20,50	720	11,16	200,93	88,13
Joulukuu	-2,19	23,19	744	9,87	246,82	91,07
<b>Σ 1 asunto</b>					<b>1620,44</b>	<b>1072,22</b>
<b>Σ 14 asuntoa</b>					<b>22686,18</b>	<b>15011,14</b>

Yhden koneen puhaltimien sähköenergian kulutus vuodessa [kWh]:

499,32

Kaikkien kaksiiöiden koneiden puhaltimien sähköenergian kulutus vuodessa [kWh]:

6990,48

Kolmiot (85 m <sup>2</sup> )	T <sub>sp</sub> [°C]	η <sub>a, ivkone</sub>	T <sub>s</sub> [°C]	SFP [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	q <sub>v,tulo</sub> [m <sup>3</sup> /s]	q <sub>v,poisto</sub> [m <sup>3</sup> /s]
7 kpl	18	0,52	21	1,8	0,043	0,047

Kuukausi	T <sub>u</sub> [°C]	T <sub>s</sub> -T <sub>u</sub> [°C]	Δt [h/kk]	T <sub>ito</sub> [°C]	Q <sub>iv</sub> [kWh]	Q <sub>iv, tuloilma</sub> [kWh]
Tammikuu	-3,97	24,97	744	9,01	344,96	115,17
Helmikuu	-4,50	25,50	672	8,76	320,40	104,03
Maaliskuu	-2,58	23,58	744	9,68	319,35	115,17
Huhtikuu	4,50	16,50	720	13,08	182,79	111,46
Toukokuu	10,76	10,24	744	16,08	73,53	115,17
Kesäkuu	14,23	6,77	720	17,75	9,27	111,46
Heinäkuu	17,30	3,70	744	19,22	0,00	115,17
Elokuu	16,05	4,95	744	18,62	0,00	115,17
Syyskuu	10,53	10,47	720	15,97	75,26	111,46
Lokakuu	6,20	14,80	744	13,90	157,55	115,17
Marraskuu	0,50	20,50	720	11,16	254,12	111,46
Joulukuu	-2,19	23,19	744	9,87	312,16	115,17
<b>Σ 1 asunto</b>					<b>2049,38</b>	<b>1356,05</b>
<b>Σ 7 asuntoa</b>					<b>14345,67</b>	<b>9492,34</b>

Yhden koneen puhaltimien sähköenergian kulutus vuodessa [kWh]: 741,10  
 Kaikkien kolmioiden koneiden puhaltimien sähköenergian kulutus vuodessa [kWh]: 5187,67

Neliöt (92 m <sup>2</sup> )	T <sub>sp</sub> [°C]	η <sub>a, ivkone</sub>	T <sub>s</sub> [°C]	SFP [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	q <sub>v,tulo</sub> [m <sup>3</sup> /s]	q <sub>v,poisto</sub> [m <sup>3</sup> /s]
7 kpl	18	0,52	21	1,8	0,046	0,051

Kuukausi	T <sub>u</sub> [°C]	T <sub>s</sub> -T <sub>u</sub> [°C]	Δt [h/kk]	T <sub>ito</sub> [°C]	Q <sub>iv</sub> [kWh]	Q <sub>iv, tuloilma</sub> [kWh]
Tammikuu	-3,97	24,97	744	9,01	369,03	123,21
Helmikuu	-4,50	25,50	672	8,76	342,75	111,28
Maaliskuu	-2,58	23,58	744	9,68	341,63	123,21
Huhtikuu	4,50	16,50	720	13,08	195,54	119,23
Toukokuu	10,76	10,24	744	16,08	78,65	123,21
Kesäkuu	14,23	6,77	720	17,75	9,92	119,23
Heinäkuu	17,30	3,70	744	19,22	0,00	123,21
Elokuu	16,05	4,95	744	18,62	0,00	123,21
Syyskuu	10,53	10,47	720	15,97	80,51	119,23
Lokakuu	6,20	14,80	744	13,90	168,55	123,21
Marraskuu	0,50	20,50	720	11,16	271,85	119,23
Joulukuu	-2,19	23,19	744	9,87	333,94	123,21
<b>Σ 1 asunto</b>					<b>2192,36</b>	<b>1450,66</b>
<b>Σ 7 asuntoa</b>					<b>15346,53</b>	<b>10154,59</b>

Yhden koneen puhaltimien sähköenergian kulutus vuodessa [kWh]: 804,17  
 Kaikkien neliöiden koneiden puhaltimien sähköenergian kulutus vuodessa [kWh]: 5629,18

**Huoneistokohtainen ilmanvaihto**

Kerrostalon ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve vuodessa:	64861,73 kWh/v 64,86 MWh/v
Tuloilman tilassa lämpenemiseen kuluva energia vuodessa:	43488,14 kWh/v 43,49 MWh/v
Kaikkien ilmanvaihtokoneiden puhaltimien sähköenergian kulutus vuodessa:	21756,34 kWh/v 21,76 MWh/v
Kaukolämmön hinta:	47,08 €/MWh
Sähkön hinta:	97,90 €/MWh
Kaukolämmön osuus kustannuksista:	2047,42 €/v
Sähkön osuus kustannuksista:	8479,91 €/v
<b>Vuotuinen kustannus:</b>	<b>10527,33 €/v</b>

<b>Vuotuinen säästö nykyiseen järjestelmään verrattuna:</b>	<b>2515,17 €/v</b>
---	--------------------