

Matti Rantanen

Omakotitalon ilmanvaihdon materiaalien vertailu

Opinnäytetyö
Talotekniikka

Huhtikuu 2011




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>	<p>Opinnäytetyön päivämäärä</p> <p>10.04.2011</p>
<p>Tekijä(t)</p> <p>Matti Rantanen</p>	<p>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</p> <p>Talotekniikka</p>
<p>Nimeke</p> <p>Omakotitalon ilmanvaihdon materiaalien vertailu</p>	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tässä opinnäytetyössä vertailtiin omakotitalon ilmanvaihdon materiaalin vaikutusta ilmanvaihdon toteuttamiskustannuksiin. Työssä selvitettiin, mikä materiaalivaihtoehto tulee kokonaisuudessaan rakentajalle edullisimmaksi. Materiaalit olivat kierresaumakanava, muovikanava ja Blue Sky -kanava.</p> <p>Ilmanvaihtosuunnitelmat tehtiin kahdelle mallitalolle ja niiden perusteella selvitettiin materiaalien hankintakustannukset. Ilmanvaihtojärjestelmien asentamiskustannukset määriteltiin urakointiyrityksen antaman tarjouksen perusteella. Energian kulutus määriteltiin suunnittelun pohjalta saatujen mitoitustietojen perusteella.</p> <p>Ilmanvaihdon toteuttamiskustannukset saatiin selville. Erot eivät olleet kovinkaan suuria, mutta eri osaluokkien erot korostuivat materiaalien myötä. Hankintahinnaltaan edullisin järjestelmä ei ole käyttökustannuksiltaan halvin. Erot tasoittuvat pitkällä tarkastelujaksolla.</p> <p>Voidaan todeta, ettei yksikään materiaali ole selvästi muita parempi, koska rakennukset ja monet muut asiat vaikuttavat suuresti lopputulokseen. Tämän työn lopputulosta voidaan vertailla vain kyseisten suunnitelmien ja talojen osalta.</p>	
<p>Asiasanat (avainsanat)</p> <p>ilmanvaihto, energiakustannukset, energiankulutus, materiaali, kierresaumakanava, muovikanava, Blue Sky -kanava</p>	
<p>Sivumäärä</p> <p>42+30</p>	<p>Kieli</p> <p>Suomi</p>
<p>Huomautus (huomautukset liitteistä)</p>	
<p>Ohjaavan opettajan nimi</p> <p>Mika Kuusela</p>	<p>Opinnäytetyön toimeksiantaja</p> <p>Finndomo Hartolan talotehdas</p>

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 10.04.2011
Author(s) Matti Rantanen	Degree programme and option Building services engineering	
Name of the bachelor's thesis Comparing detached house ventilation materials		
Abstract <p>In this thesis effects of ventilation materials of detached house were compared.. I examined which material option brings lowest cost to construction in total. Materials were metaltube, plastictube and Blue Sky -tube.</p> <p>Ventilation plans were done for two model houses. Using those plans procurement costs of materials were estimated. Installation costs of ventilation systems were defined by offer given by a pipeline company. Energy consumption was defined by using measurement data.</p> <p>Ventilation costs were found out. Differences were not very big but distinctions between different sections were affected by materials. System which had smallest procurement cost was not the cheapest to use. Differences stabilized in a longer review period.</p> <p>It can be concluded that none of those materials is better than other. The size and location of the house affects the result. Result of this thesis can only be used in this project.</p>		
Subject headings, (keywords) ventilation, energy consumption, metaltube, plastictube, Blue Sky -tub		
Pages 42+30	Language Finnish	URN
Remarks, notes on appendices		
Tutor Mika Kuusela	Bachelor's thesis assigned by Finndomo	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	PIENTALON ILMANVAIHTO	2
3	SUUNNITTELUN PERIAATTEET	5
3.1	Puhtausluokka.....	5
3.2	Sisäilmastoluokka.....	6
3.3	Ääni.....	6
3.4	Tiiviys	7
3.5	Ilmavirrat	7
3.6	LTO.....	8
3.7	Kanavareitit.....	9
3.8	Eristykset	10
3.9	Paloturvallisuus.....	11
3.10	Puhdistettavuus	11
3.11	Elinkaari.....	13
3.12	Kierrätettävyys.....	13
4	KÄYTETTÄVÄT MATERIAALIT	13
4.1	Kierresaumakanava.....	13
4.2	Muovikanava	15
4.3	Blue Sky -kanava.....	15
5	ILMANVAIHDON TOTEUTTAMINEN KOHTEISSA.....	17
5.1	Talo 1 ja talo 2	17
5.1.1	Sisäilmastoluokka, puhtausluokka ja tiiviys.....	18
5.1.2	Ääni.....	18
5.1.3	LTO.....	19
5.1.4	Venttiilien sijoittaminen.....	20
5.1.5	Eristykset.....	21
5.1.6	Paloturvallisuus.....	21
5.2	Talo 1	21
5.2.1	Ilmavirrat.....	21
5.2.2	Kanavareitit.....	24
5.3	Talo 2	24
5.3.1	Ilmavirrat.....	24

5.3.2	Kanavareitit.....	26
6	KUSTANNUKSET.....	26
6.1	Tuotteiden hintavertailu.....	26
6.2	Asennuksien ajankäyttö.....	28
6.2.1	Kierresaumakanava.....	29
6.2.2	Muovikanava.....	30
6.2.3	Blue Sky -kanava.....	30
6.3	Ilmanvaihdon energiankulutus.....	31
7	YHTEENVETO KUSTANNUKSISTA.....	34
8	LOPPUPÄÄTELMÄT.....	36
	LÄHTEET	
	LIITTEET	

MÄÄRITELMIÄ

ilmanvaihto huoneilman laadun ylläpitämistä ja parantamista huoneen ilmaa vaihtamalla

ilmanvaihtokerroin tunnin kuluessa huonetilaan tai tilasta virrannutta ulkoilmavirtaa huonetilan ilmatilavuutta kohti, $(\text{m}^3/\text{h})/\text{m}^3 = 1/\text{h}$;

ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho (SFP) rakennuksen koko ilmanvaihtojärjestelmän kaikkien puhaltimien yhteenlaskettu sähköverkosta ottamaa sähkötehoa jaettuna ilmanvaihtojärjestelmän koko mitoitusjäteilmavirralla tai mitoitusulkoilmavirralla

-*tuloilma* ilmaa, joka johdetaan huonetilaan.

-*poistoilma* ilmaa, joka johdetaan huonetilasta pois.

-*jäteilma* poistoilmaa, joka johdetaan rakennuksesta ulos.

-*ulkoilma* raitista ilmaa, joka johdetaan ilmanvaihtokoneelle. /1 s. 3-4/

1 JOHDANTO

Työssä tarkastellaan kahden Finndomo-omakotitalon osalta ilmanvaihdossa käytettävien materiaalien vaikutusta kokonaiskustannuksiin. Kustannuksia tarkastellaan 25 vuoden ajanjaksolla ja selvitettiin mikä materiaali tulee käyttäjälle kokonaisuudessaan edullisemmaksi. Materiaaleina käytetään kierresaumakanavaa, muovikanavaa ja Blue Sky -kanavaa.

Työn tilaaja on Finndomo-talot. Finndomo-konserni on pohjoismaiden suurin teollisesti valmistettavien talojen valmistaja. Suomessa talot myydään Omatalo- ja Finndomokoti- tuotemerkeillä. Talojen myynti ulottuu pohjoismaiden lisäksi Baltiaan ja Venäjälle. Finndomo tarjoaa asiakkailleen yksilöllisiä koteja kattavasta mallivalikoimasta. Talot voidaan toimittaa avaimet käteen -periaatteella tai asiakas voi itse koota työmaalle toimitettavat elementit.

Finndomolle työn on tarkoitus antaa lisätietoja, miten edellä mainitut kolme ilmanvaihdon materiaalia vaikuttaa talopakettien kokonaishinnoitteluun. Otin yhteyttä Finndomon Hartolan toimipisteen johtajaan Jukka Mieltiseen ja kerroin hänelle aiheesta, jota olin miettinyt jo pitkän aikaa kiinnostavaksi opinnäytetyön aiheeksi. Tämä kiinnosti myös Jukka Mieltistä. Kartoitimme tilannetta ja aikataulua ja löysimme sopivat kohteet, joihin voimme tutkimukset suorittaa. Kohteet ovat yksikerroksinen puutalo ja kaksikerroksinen puutalo. Valitsin kaksi taloa laajentaakseni tutkimusaineistoa ja samalla kartoitin vaikuttaako yhden lisäkerroksen rakentaminen ilmanvaihdon kustannuksiin. Tavoitteena on suunnitella toimiva ja määräyksien mukainen ilmanvaihto valitsemiini talokohteisiin.

Työn alussa käsitellään omakotitalon ilmanvaihdon perusteita ja suunnittelua ohjaavia määräyksiä. Tutustutaan jokaisen materiaalin etuihin ja haittoihin. Ilmanvaihtosuunnitelmia tehdään kuusi kappaletta, jokaisesta materiaalivaihtoehdosta ja molemmista talomalleista omansa. Suunnitelmien ei ole tarkoitus olla tämän työn tärkein osa, vaan tutkimusta laajennetaan kustannuksien tarkasteluun. Ilmanvaihtosuunnitelmien pohjalta laaditaan tavaralistat, joiden perusteella pyydetään tarjouspyyntö. Tämän pohjalta voidaan tarkastella eri materiaalien kustannuksien eroja.

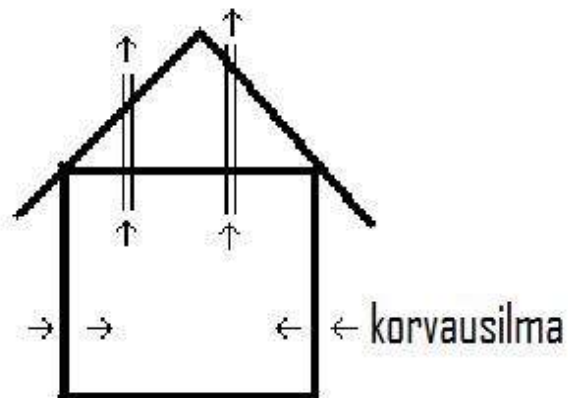
Järjestelmien asennusaika vaikuttaa myös ilmanvaihdon kustannuksiin. Pyydän asennuksia tehneeltä ilmanvaihtoyritykseltä tarjoukset jokaisen materiaalin ajankäytöstä ja kustannuksista.

Seuraavaksi arvioin ilmanvaihdon energiankulutuksen, josta selviää materiaalin vaikutus käyttökustannuksiin. Lopuksi yhteenveto talojen osalta käsitellen kokonaiskustannuksia, johon sisältyy kanavat, asennukset ja energiankulutus.

2 PIENTALON ILMANVAIHTO

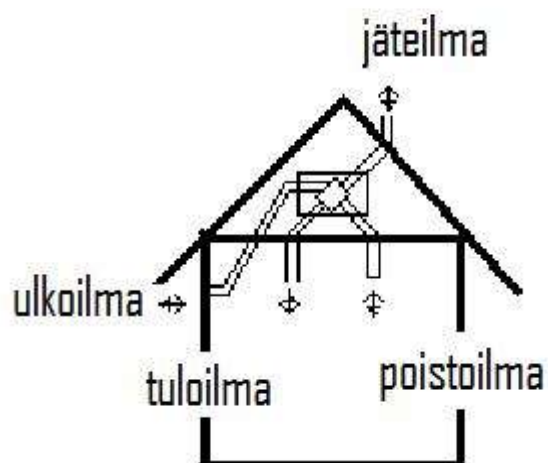
Ihmiset oleskelevat sisätiloissa suuren osan ajastaan ja näin ollen sisäilman laatu on tärkeässä osassa ihmisten hyvinvointia ja terveyttä. Jotta turvalliset ja viihtyisät olot saavutettaisiin, rakentamisessa täytyy kiinnittää erityistä huomiota ilmanvaihdon toimintaan. Ilmanvaihdon tarkoitus on poistaa epäpuhtauksia huoneilmasta ja tuoda tilalle puhdasta ilmaa hengitettäväksi. Hyvän ilmavaihdon tulee olla vedoton, meluton ja helposti säädettävissä. /1 s.5/

Tavallisimmat ilmanvaihtojärjestelmät asuinrakennuksissa ovat painovoimainen ilmanvaihto ja koneellinen ilmanvaihto. Painovoimainen ilmanvaihto toimii sananmukaisesti painovoiman avulla. Ilma vaihtuu huonetiloissa korkeus- ja lämpötilaerojen sekä tuulen vaikutuksesta. Lämmin sisäilma on kevyempää ja virtaa näin poistoilma-kanavaa pitkin ylös, pois rakennuksesta (kuva 1). Tilalle tuleva korvausilma virtaa ulkoilmalaitteiden kautta sekä rakenteiden ilmavuotoina. Rakenteiden ilmavuodot eivät ole hallittua ilmanvaihtoa ja siksi se ei ole suotava tapa hankkia korvausilmaa huoneistoon. Koneellisessa poistoilmanvaihdossa ilma poistetaan rakennuksesta poistopuhaltimien avulla ja tilalle tulee ilmaa ulkoilmalaitteiden kautta sekä rakenteiden ilmavuotoina. /2./



KUVA 1. painovoimainen ilmanvaihto

Koneellisella tulo- ja poistoilmavaihdolla ilmaa tuodaan ja poistetaan asunnosta puhaltimien avulla (kuva 2). Tuloilmapuhallin puhalttaa ottaa raikasta ulkoilmaa ilmanvaihtokoneeseen ja puhalttaa sen tuloilmana huoneeseen. Poistoilmapuhallin imee epäpuhtauksia sisältävää ”likaista” ilmaa pois rakennuksesta poistoilmakanavan kautta. Jäteilma johdetaan rakennuksen katolle. Koneellisella ilmanvaihdolla päästään helposti hyvän sisäilman kriteereihin. /2./



KUVA 2. koneellinen tulo- ja poistoilmavaihto

Nykypäivänä poikkeuksetta kaikki asuinrakennukset rakennetaan koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdoilla, koska painovoimaisella ilmanvaihdolla ei pystytä täyttämään kaikkia sisäilmaston kriteerejä eikä energiataloudellisia vaatimuksia. Epäpuhtauksien poistaminen ilmasta on tärkein ilmanvaihdon tehtävä. /2./

Tätä voidaan edesauttaa valitsemalla materiaaleja, jotka eivät luovuta ja kerää likaa itseensä tai ilmaan. Turvalliseksi testatuille tuotteille on myönnetty M1-puhtausluokitus. Kyseisiä materiaaleja käyttämällä on helpompi päästä turvalliseen ja terveelliseen sisäilmaan. M1-puhtausluokitellut ilmanvaihtotarvikkeet voi tarkistaa rakennustietosäätiön Internet-sivuilta. /3./

3 SUUNNITTELUN PERIAATTEET

Ilmanvaihdon suunnittelun lähtökohtana on luoda hyvät ja terveelliset sisäilmasto-olot jokaiseen mallitaloon. Suunnitelmia tehdessä otin huomioon kanavamateriaalin vaikutuksen lopputulokseen. Lähtökohtana oli, että suunnitelmat olisivat mahdollisimman samanlaiset, jotta vertailu olisi helpompaa ja tasavertaisempaa.

Suunnittelua ohjaavana tärkeimpänä määräyksenä on Suomen Rakentamismääräyskokoelman osa D2, joka käsittelee rakennusten sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa. Muita määräyksiä ovat Suomen rakentamismääräyskokoelma osat C1, ääneneristys ja meluntorjunta, E7 ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus, Sisäilmastoluokitus 2008, Puhtaan ilmanvaihdon suunnitteluohje ja tuotteiden tuotekortit.

3.1 Puhtausluokka

Puhtausluokkien tarkoitus on kiinnittää huomiota jo projektin alussa haluttuun lopputulokseen. Sisäilmastoyhdistyksen määrittelemiä puhtausluokkia on kaksi, P1 ja P2. /4./

Puhtausluokka P1 ilmanvaihtojärjestelmän toteutuksessa on kiinnitettävä erityistä huomiota puhtaaseen asennustapaan, kuljetukseen ja varastointiin. P1-luokan luovutusvalmiin talon ilmanvaihtokanavien sisäpinnalla ei saa olla pölykertymää enempää kuin $0,7\text{g/m}^2$. P1-luokitellun ilmanvaihtojärjestelmän tulee täyttää myös tiiviysluokka C. Jos halutaan erittäin hyvät ja yksilölliset sisäilmasto-olot (S1), täytyy rakennus rakentaa P1-puhtausluokan mukaisesti. Työmaan alkaessa on syytä pitää työmaakokous, jossa selvitetään työskentelytavat, joilla päästään haluttuun lopputulokseen. Jokaisen työmaalla asioivan henkilön on tiedettävä valittu puhtausluokka, koska jo muutamalla likaisella työvaiheella voidaan pilata hyvä lopputulos.

P2-puhtausluokan saavuttaminen on huomattavasti helpompaa, ja siksi usein omakotitalot sijoittuvat usein tähän luokkaan. P2-luokan luovutusvalmiin talon ilmanvaihtokanavien sisäpinnalla ei saa olla pölykertymää enempää kuin $2,5\text{g/m}^2$. Tähän tavoit-

teeseen päästään pitämällä kanavat tulpattuina ennen asennuksien alkamista ja tulppaamalla valmiit kanavat likaisien työvaiheiden aikana. /4./

3.2 Sisäilmastoluokka

Sisäilmastoluokkien tarkoitus on ohjata talon rakentamista jo suunnittelusta alkaen ja päättyen valmiiseen taloon, jossa on yksilöidyt sisäilmasto-olot. Sisäilmastoluokkia on kolme S1, S2 ja S3. Näiden luokkien tarkoitus on yksilöidä sisäilmasto-oloja. /4./

- S1-luokassa sisäilman laatu on erittäin hyvä ja lämpöoloja voidaan säädellä yksilöllisesti. Huonetilat ovat vedottomia ja kesällä ei tapahdu ylikuumenemista.
- S2-luokassa sisäilma on laadultaan hyvä ja suurimmalta osalta vedoton. Kesällä kuumina päivinä saattaa ilmetä ylikuumenemista.
- S3-luokassa täytetään Suomen rakentamismääräyskokoelman vähimmäisarvot.

3.3 Ääni

Ilmanvaihdon suunnittelun yhtenä tärkeänä lähtökohtana on ääneneristävyys. Suunnittelun alussa on selvitettävä, onko joitain erikoisvaatimuksia joidenkin tilojen osalta. LVIS -laitteiden valinnalla ja huonetilojen oikeanlaisella suunnittelulla voidaan vähentää suurin osa haitaksi aiheutuvasta äänestä. Ääntä aiheuttavat hissi, vesi- ja viemärlaitteet, ilmanvaihtolaitteet, lämmityslaitteet ja jäähdytyslaitteet. Omakotitalon äänitasoista on määritelty seuraavaa Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C1 osalta. Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei rakennuksessa tai sen lähellä oleskeleville aiheudu melun takia terveydellistä vaaraa ja se antaa mahdollisuuden nukkua, levätä ja työskennellä rauhassa. Rakennuksen LVIS- laitteiden aiheuttama suurin sallittu äänitaso mitoitusilanteessa on; asuintiloissa 28 dB ja keittiössä 33 dB. Jos rakennuksen ilmanvaihtoa voidaan tehostaa, voi enimmäisäänitaso ylittyä tehostuksen aikana 10 dB. Suurin sallittu äänitaso rakennuksen ulkopuolelle on 45 dB. /5./

3.4 Tiiviys

Ilmanvaihtojärjestelmän ja sen osien täytyy olla riittävän tiiviit ja lujat. Kanavien täytyy olla ilmatiiviitä, koska epätiiviyys aiheuttaa melua, ilmavuotoja ja turhan suurta pyörimisnopeutta ilmanvaihtokoneelta ja täten energian tuhlaamista.

Kanavat ja kanavaosat on jaoteltu tiiviys-luokkiin A-E, joiden avulla on helppo valita ja rakentaa tiiviitä kanavia. E-luokan kanavat ja osat ovat tiiviimpiä ja soveltuvat näin ollen vaativiin ilmanvaihtojärjestelmiin. Tavanomaisissa ilmanvaihtojärjestelmissä, kuten asuinrakennukset, riittävä tiiviys saavutetaan käyttämällä tiiviysluokan C kanavaosia. Yhden huoneiston tai yhden asunnon laajuisissa kohteissa voidaan tiiviysmittaus korvata asennustarkastuksilla edellyttäen, että käytetyt kanavat ja kanavan osat ovat tiiviysluokkaa C tai parempia. Jos ilmanvaihtokanavat rakennetaan luokan C mukaisista kanavista ja osista voidaan tiiveyskoe suorittaa pistokokein, jotka kattavat 20 % kanavien pinta-alasta. Tarvittaessa tiiviysmittaus suoritetaan Standardin 3542 mukaisesti. /1 s.16.; 6./

3.5 Ilmavirrat

Oleskelutiloissa täytyy olla riittävä ilmanvaihto. Tarkoituksena on taata terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilman laatu. Asuinrakennuksen ilmavirtojen mitoittamiseen käytetään ensisijaisesti Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2, Liitteen 1, taululukon 1 mukaisia tilakohtaisia arvoja asuinrakennukselle. Ulkoilmavirta mitoituksen lähtökohtana on henkilöperusteinen mitoittaminen ja vasta tämän jälkeen pintaalaan perustuva mitoittamista. Ulkoilmavirran tulee olla 6 l/s/hlö ja/tai 0,35 l/s/m². Rakennus mitoitetaan aina alipaineiseksi, jolla pystytään estämään epäpuhtauksien leviäminen oleskeluvyöhykkeelle.

Asuinrakennuksen ilman täytyy vaihtua 0,5 kertaa yhden tunnin aikana. Yksikkö 1/h. Ilmanvaihtuvuuden raja-arvoina pidetään 0,5-0,7 1/h.

Ilmavirtojen päätelaitteiden tulee olla ilmavirraltaan sellaisia, etteivät ne aiheuta ääntä tai vedon tunnetta oleskeluvyöhykkeellä. Sijoittelussa täytyy ottaa huomioon ilmavirtojen suunta ja heittopituus. Tuloilma pyritään tuomaan koko oleskeluvyöhykkeelle ja epäpuhtaudet pyritään johtamaan suoraan poistoilman päätelaitteisiin. /1 s.10./

3.6 LTO

LTO eli lämmön talteenotto tarkoittaa sitä, että ilmanvaihtokone ottaa energiaa talteen ja palauttaa sen uudelleen käyttöön. Ilmanvaihtokoneen on otettava poistoilmasta talteen 45 % siitä energiasta, jonka ilmanvaihto on kuluttanut lämmittäessään ilmaa. Tätä voidaan kompensoida parantamalla seinien lämmöneristävyyttä, pienentämällä ilma-voutoja tai vähentämällä ilmanvaihdon lämmityksen määrää jollakin muulla tavalla. Tämän tarkoituksena on ohjeistaa rakentamista energiatehokkaampaan suuntaan. /1 s.25./

Omakotitalojen lämmön talteenottolaitteita (LTO) löytyy kahta perustyyppiä, levylämmönsiirrin ja pyörivä lämmönsiirrin. Molemmissa järjestelmissä poistoilmasta otetaan lämpöä talteen ja se siirretään ulkoa tulevaan kylmempään ilmaan. Ilmanvaihdon lämmitykseen tarvittava energia pienenee, koska poistoilma lämmittää kylmää ulkoilmaa. Levylämmönsiirtimessä on ohuita metallilevyjä, joissa joka toisessa virtaa viileä ulkoilma ja joka toisessa lämmin poistoilma. Lämpö siirtyy lämpimämmästä kylmempään ja energia saadaan talteen ja uudelleen käyttöön.



KUVA 3 Levylämmönsiirrin /7/

Pyörivässä lämmönsiirrin on jatkuvasti pyörivä kennosto, joka varaa puolen kierroksen ajaksi itseensä poistoilman lämpöenergiaa ja vapauttaa sen kylmään ulkoilmaan, joka lämpiää tullessaan sisälle.



KUVA 4 Pyörivä lämmönsiirrin /8/

3.7 Kanavareitit

Ilmanvaihtokanavat pyritään mitoittamaan mahdollisimman väljiksi, jotta painehäviöt eivät kasvaisi liian suuriksi. Ilmanvaihtokoneen puhaltimien täytyy tuottaa riittävä paineenkorotus, jotta huonetiloihin saadaan suunnitellut ilmavirrat. Talon rakenteet rajaavat kanavien reittejä ja kokoa. Perinteiset omakotitalon kanavien halkaisijat ovat 100-160 mm. Näillä kanavilla voidaan pääasiassa suorittaa kanavoinnit painehäviöiden, äänen ja energiankulutuksen osalta rakentamismääräyksien mukaisesti.

Ilmanvaihtokone asennetaan usein tekniseen tilaan tai mahdollisesti kodinhoitohuoneeseen. Sijoittelun kannalta on tärkeää jättää tilaa myös muillekin laitteille, esim. lämminvesivaraaja, vesimittari ja sähkökeskus. Riittävän suuri tekninen tila takaa myös laitteille helpon huollettavuuden. Suodattimien vaihtoon täytyy olla esteetön pääsy. Ilmanvaihtokoneen synnyttämän melun takia sijoituspaikaksi suositellaan toissijaisia huone tiloja. Tilan tulisi sijaita mahdollisimman kaukana makuuhuoneista. Suurimmat tilaa vievät kanavat alkavat ilmanvaihtokoneelta ja kanavat kulkeutuvat venttiilien sijoituspaikkojen mukaisesti.

Talon rakennusmateriaali, koko, kerrosmäärä ja huoneiden sijainti vaikuttavat kanavoinnin reititykseen. Kanavia voidaan kuljettaa ullakolla, alas lasketussa sisäkatossa, koteloissa ja välipohjassa. Ullakolla kanavien kuljettaminen on helppoa, mutta kattorakenteet saattavat aiheuttaa joskus kanaviin suuriakin mutkia, jotka lisäävät painehäviöitä. Kylmässä ullakkotilassa kanavia täytyy eristää (Eristykset 3.8) ja tämä lisää työtä ja reikien määrää talon höyrystyksen osalta. Alas lasketun sisäkaton ja pienen kotelon sisällä kanavien kuljettaminen jättää eristystyön pois, mutta alas laskettu katto ja kotelot pienentävät rakennuksen oleskelutiloja. Tämän vaikutus on suurempi visuaaliselta osalta kuin fyysiseltä.

Kanavien asentaminen höyrynsulkumuovin sisäpuolelle tarkoituksena on vähentää eristämistyötä, koska kanavat ovat lämpimässä tilassa. Höyrynsulkumuoviin ei tehdä turhia reikiä / lävistyksiä, jotka aiheuttavat tiiviyden heikentymistä ja tätä kautta hallitsemattomien ilmapuotojen lisääntymistä.

Jäte- ja ulkoilmakanavan paikan määrittämiseen on tiedettävä talon sijainti tontilla. Ilmanvaihtokoneeseen tuleva ulkoilma (raitisilma) pyritään ottamaan talon itäpohjoispuolelta taloa, koska ilma on viileämpää ja raikkaampaa. Jäteilmakanava vietään vesikaton lävitse katolle. Jäteilma täytyy sijoittaa siten, ettei se aiheuta terveydelle haittaa tai pääse kulkeutumaan takaisin rakennukseen. /1 s.13./

3.8 Eristykset

Ilmanvaihtokanavia voidaan lämpöeristää, paloeristää ja kondenssieristää johtuen siitä, missä olosuhteissa kanava kulkee ja mitkä ovat sitä ympäröivät lämpöolot.

Ilmanvaihtokanavia lämpöeristetään siksi, ettei synny turhaa energiankulutusta johtuen kanavan sisä- ja ulkopuolen ilman lämpötilaeroista. Lämpöeristyksen tarkoitus on estää talvella kanavassa kulkevan ilman jäähtyminen kylmässä tilassa ja kesällä taas puolestaan viileän ilman turha lämpeneminen.

Paloeristyksen tarkoitus on estää ja hidastaa palon leviäminen muihin rakenteisiin. Liesituulettimen kanava on kuljetettava omana paloeristettynä kanavana katolle asti eikä sitä saa yhdistää ilmanvaihtokoneen poistokanavaan.

Kondenssieristyksen tarkoitus on estää kosteuden tiivistyminen, jota tapahtuu, kun kylmä ja lämmin ilma kohtaavat ja kosteus alkaa tiivistyä vesipisaroiksi. Tämä näkyy kanavien pinnalla ”hikoiluna”.

Pääsääntöisesti kylmässä tilassa kanavat lämpöeristetään aina. Lämpimässä tilassa olevat ulkoilma- ja jäteilmakanavat eristetään aina lisäksi kondenssieristeellä hikoilun estämiseksi. Lämpimässä tilassa olevia tuloilma- ja poistoilmakanavia ei tarvitse eristää, jos taloon ei tule jäähdytystä. /1 s.23./

3.9 Paloturvallisuus

Paloturvallisuuden tärkeimpänä tarkoituksena on taata tulipalon sattuessa riittävä aika turvalliselle poistumiselle rakennuksesta. Ilmanvaihdon paloturvallisuudella on tarkoitus hidastaa palon leviämistä. Kanavien seinämäpaksuudet valitaan siten, että ne kestävät niihin kohdistuvan kuumuuden ja rasituksen.

Omakotitalo voidaan jakaa erillisiin palo-osastoihin riippuen tilojen käyttötarkoituksesta. Omakotitaloissa erillisiä palo-osastoja ovat usein vain autotalli ja poltinhuone. Palonrajoittimia joudutaan asentamaan kanaviin silloin, kun kanava lävistää palo-osaston rajan. Palonrajoittimen tarkoitus on hidastaa palon kulkua tilasta toiseen. Toisena vaihtoehtona tällaisessa tapauksessa on paloeristää koko kanava lävistyksen jälkeiseltä osalta. Tämä on useimmiten kallista ja aikaa vievää, joten useimmin käytetään palonrajoittimia. /9;10./

3.10 Puhdistettavuus

Ilmanvaihtokanavat täytyy suunnitella ja rakentaa siten, että se on ennen käyttöönottoa puhdas ja sen puhtautta on helppo ylläpitää. Kanavat pidetään työmaalla tulpattuihin ja valmiit kanavat tulpataan myös likaisten työvaiheiden ajaksi. Kanaviin asennetaan puhdistusluukkuja, joiden kautta puhdistaminen voidaan suorittaa helposti ja turvallisesti. Kahden puhdistusluukun välissä voi olla enintään kaksi yli 45° käyrää tai matkaa yli 10 m. Päätelaitteiden kautta voidaan puhdistaa lyhyitä kanava osuuksia. Ilmanvaihtokanaviin ja päätelaitteisiin kerääntyy käytön aikana pölyä, joka aiheuttaa terveyshaittojen lisäksi myös turvallisuusriskejä. Kun kanaviin on kerääntynyt likaa,

pölyä ja nokea, täytyy ne puhdistaa. Lika ei saa kulkeutua käyttäjien hengitettäväksi. Ilmanvaihdon tarkoitus on parantaa ilmanlaatua eikä levittää likaa sen kautta. Puhdistuksen tarkoitus on välttää tulipalon syttyminen ja leviäminen kanavissa. Likaantuneet kanavat lisäävät myös painehäviöitä ja täten ilmanvirtaukset eivät välttämättä ole enää suunnitelmien mukaiset. /1 s.20;2./

Kaikkien materiaalien kanssa puhdistaminen on hyvin samanlaista. Kanaviin on asennettu puhdistusluukut, joiden kautta kanavat voidaan puhdistaa harjaamalla. Puhdistus voidaan suorittaa myös päätelaitteen kautta, irrottamalla päätelaite ja tätä kautta puhdistaa kanava. Varsinaista puhdistuksen tarvetta ei laki velvoita pientaloille, mutta ohjeistus pientalossa on 10 vuoden välein.

Kierresaumakanavoinnissa on tärkeää, ettei liitoksia tehdä ruuveilla, koska terävät ruuvipäät rikkovat puhdistusharjaksen harjat. Muovikanavoinnissa liitoksia voidaan avata puhdistuksen ajaksi. Purkaminen helpottaa ja nopeuttaa puhdistusta.

Blue Sky -kanavat voidaan irrottaa jakolaatikoista ja puhdistaa koko kanava kerralla. Jakolaatikot ovat myös avattavia ja ne päästään puhdistamaan myös sisältä. Ilmanvaihdon puhdistuksien yhteydessä kannattaa myös ilmanvaihtokoneen suodattimet vaihtaa. Suositeltava vaihtoväli suodattimille olisi kerran vuodessa.

3.11 Elinkaari

Omakotitalon elinkaareksi määritellään noin 50 vuotta. Ilmanvaihtojärjestelmän koneille arvioitu käyttöikä on noin 25 vuotta. Kanaville arvioitu käyttöikä on 50 vuotta, päätelaitteet 25 vuotta ja automatiikka 15 vuotta.

Tämän ajan järjestelmän on oltava toimintakuntoinen ja turvallinen.

Elinkaareen voidaan vaikuttaa säännöllisellä huollolla ja oikeanlaisella käytöllä. Tärkeintä onkin, että talon lopulliset käyttäjät saavat perehdytyksen. Väärällä käytöllä voidaan aiheuttaa paljon tuhoa tietämättä. Kanavien puhdistus säännöllisesti ja suodattimien vaihto riittävän usein takaavat pitkän elinkaaren koko järjestelmälle.

3.12 Kierrätettävyys

Nykyaikana täytyy miettiä myös ympäristöasioita. Kanavamateriaalien kierrätettävyys on myös otettava huomioon ja kuinka ympäristöystävällisesti ne on tuotettu. Käytön jälkeen materiaalit ovat kierrätettävissä. Kierresaumakanavat voidaan kierrättää metallin kierrätykseen. Käytön jälkeen metalli sulatetaan ja käytetään uudelleen jossakin muussa muodossa. Muovikanavien raaka-aineena olevat polypropeeni ja polyeteeni ovat kierrätettävissä ja uudelleen käytettävissä. /11;13;15./

4 KÄYTETTÄVÄT MATERIAALIT

Ilmanvaihdon materiaalivaihtoehtoja on useita, mutta tämän työn tarkoitus on tutustua perinteiseen kierresaumakanavaan, paljon yleistyneeseen muovikanavaan ja täysin uuteen Blue Sky -kanavaan.

4.1 Kierresaumakanava

Kierresaumakanava on kansankielellä paremmin tunnettu ”peltikanavana”. Kierresaumakanava on yleisin materiaali omakotitalon ilmanvaihtoa toteutettaessa. Kanava valmistetaan peltisoirosta, joka kierretään koneella yhtenäiseksi kierresaumalla olevaksi putkeksi. Kanavaan syntyvä sauma muodostuu kanavan ulkopinnalle ja sisäpinta jää sileäksi, joka helpottaa puhdistusta. Kanavan hyviä puolia ovat kestävyys,

edullisuus ja paloturvallisuus. Kierresaumakanavavalmistajia on markkinoilla useita. Tässä työssä käytin Fläktwoodsien M1-puhtausluokiteltua Ecoduct-kierresaumakanavaa. /11./

Kanavan nimellishalkaisijat ovat 100 mm, 125 mm, 160 mm ja 200 mm. Isompiakin kokoja löytyy, mutta omakotitalon ilmavirroilla niille on harvemmin käyttöä. Kanavia valmistetaan 3 metrin ja 6 metrin pituisina. Kanavien materiaalipaksuus on normaalisti 0,5 mm. Kanavakoon kasvaessa seinämäpaksuus kasvaa myös 0,7 mm. Erikoistapauksissa voidaan joutua käyttämään paksumpiseinäistä kanavaa. Kun kanavissa kuljetetaan jotain myrkyllistä tai syövyttävää materiaalin on oltava kestävämpää esim. haponkestävää teräskanavaa. /11./

Kanavia voidaan katkaista niitä varten tehdyillä leikkureilla, joita kutsutaan nakertajiksi. Valmiita liitososia löytyy (Kuva 5) mukaisesti; t-kappale, lähtökaulus, muuntoyhde ja käyrä. Liitososien päissä on kumirengas, jonka tarkoituksena on varmistaa liitoksen tiiviys. Liitososat yhdistetään toisiinsa työntämällä ne sisäkkäin ja poraamalla reikä vetoniitille, jolla liitos lukitaan. Vetoniittejä tulee liitokseen 2-4 kpl riippuen liitettävän kanavan halkaisijasta. Ruuviliitokset ovat kiellettyjä, koska puhdistettaessa kanavia ne vaurioittavat puhdistusharjaksia. Liitoksia tehdessä on syytä olla tarkkana, jotta liitoksista tulee tiiviitä ja pitäviä. /11./



Kuva 5. Kierresaumakanava ja liitososia /12/

4.2 Muovikanava

Muovikanava on toinen vaihtoehto ilmanvaihdon toteutukselle. Muovikanava jota tässä työssä käytin on Uponor Suomen valmistamaa. Kanava valmistetaan polypropeenimuovista ja se on Allergia- ja Astmaliiton hyväksymä. Kanava on saanut myös M1-puhtausluokan hyväksynnän. Muovikanavan suurimpana etuna on kevyt kuljettaa ja se on helpompi työstää työmaalla esim. rautasahalla eikä tulitöitä tai meteliä synny. Kanavien nimellishalkaisijat ovat 100 mm, 125 mm, 160 mm ja 200 mm. Kanavia valmistetaan 3m ja 6 m pituisina. Valmiita osia löytyy yhtä kattavasti kuin kierresaumakanavoinnissa: t-kappale, lähtökaulus, muuntoyhde ja käyrä (kuva 6). /13./

Liitoksissa ei tarvita mitään erillisiä ruuveja tai niittejä, vaan liitokset tehdään työntämällä kanava ja osat vastakkain. Osat liukuvat toistensa sisälle ja liitos on valmis. Patentoidun rakenteen avulla onnistutaan tekemään tiiviitä liitoksia ilman aikaisempaa kokemusta ja näin ollen omakotitalorakentaja voi itsekin asentaa kanavat ja säästää jonkin verran kustannuksissa. Muovikanavan elastisuuden takia kanavia joudutaan kannattamaan hieman enemmän kuin kierresaumakanavaa. Muovikanavaa löytyy myös esieristettynä, joka vähentää eristystyötä ahtaissa paikoissa. Esieristys lisää hieman kanavan ja osien hintaa, mutta silloin erillinen eristystyö jää kokonaan pois. /13./



Kuva 6. Muovikanava ja liitososa /14/

4.3 Blue Sky -kanava

Blue Sky on uusi tuote, jota markkinoi Vallox Oy. Se on polyeteeniputkea, joka on ulkohalkaisijaltaan 75 mm ja sisähalkaisijaltaan 63 mm. Putki toimitetaan 50 metrin kiepissä työmaalle. Putki on hajuton, antistaattinen ja sileä sisäpinnaltaan. Tuote on luokiteltu M1-puhtausluokkaan. Elastiset putket voidaan asentaa huomattavasti pienempään tilaan, kuin aikaisemmin esitellyissä järjestelmissä. Asennuksia voidaan tehdä myös väliseinien sisälle, välipohjiin ja alas laskettuihin kattoihin. Erillisiä käyriä tai haaroja ei tarvitse, koska kanava on taipuisa. Kanava voidaan katkaista puukolla. Hukkapätkien välttämiseksi on olemassa erillisiä liitososia, joilla voidaan jatkaa kanavaa. /15./

Jokaiselle venttiilille tulee oma putkensa ja tarvittaessa putkia voidaan asentaa kaksi, jotta ilmavirta saadaan suuremmaksi. Ilmanvaihtokoneelta alkavat tulo- ja poistoilmakanavat tehdään kierresaumakanavasta. Tämän jälkeen asennetaan äänenvaimentimet, jonka jälkeen tulevat jakolaatikot, joihin varsinainen Blue Sky -kanavat kytketään (kuva 7.) Jokainen kanava asennetaan omaksi kanavaksi jakolaatikon ja venttiiliyhteen välille. Yhdellä putkella voidaan kuljettaa 8,3 l/s ilmaa venttiilille, joka on riittävä ilmavirta omakotitalo käytössä useaan huonetilaan. Kytettäessä kaksi putkea samaan venttiiliyhteeseen saadaan ilmavirraksi 16,7 l/s, joka varmasti riittää omakotitalon venttiilikohtaiseksi ilmavirraksi. Venttiiliyhteitä on olemassa kahta tyyppiä: pohjasta kytkettäviä ja sivustakytkettävää mallia. Venttiiliyhteitä löytyy ainoastaan 125 mm kokoisina, joten kaikkien venttiilien täytyy olla 125mm halkaisijaltaan. /15./



Kuva 7. Blue Sky -kanava, jakolaatikko ja venttiiliyhde /16/

5 ILMANVAIHDON TOTEUTTAMINEN KOHTEISSA

5.1 Talo 1 ja talo 2

Tämän tutkimuksen kohteina olevat talot valikoituivat Finndomon-valmistalo valikoimasta. Taloja käsitellään termein talo 1 ja talo 2.

Talo 1 tarkoittaa yksikerroksista pinta-alaltaan 102 m² puutaloa (kuva 8), jonka ilmanvaihdosta huolehtii poistoilmalämpöpumppu. Talo 2 on kaksikerroksinen, asuinpinta-alaltaan 132 m² puutalo (kuva 9), jossa on myös poistoilmalämpöpumppu. Talot ovat molemmat suurelementtirakenteisia, jotka rakennetaan pääasiassa tehtaalla valvoituissa olosuhteissa. Kyseisiä talomalleja on toteutettu jo useita ja näiden ilmanvaihdon materiaalina on käytetty kierresauma- ja muovikanavointia. Tämän työn ohella tehtaalla valmistetaan molempia talomalleja Blue Sky –kanavoinnilla, jotka menevät asiakkaille tämän kevään aikana.

Suunnittelussa käytettiin samoja pääperiaatteita sisäilmasto- ja puhtausluokkien valinnan osalta. Äänitasot, ilmanvaihtokoneen valinta, eristykset, paloturvallisuus ja puhdistettavuus suunniteltiin molempiin talomalleihin samalla tavalla.



KUVA 8. Talo 1 /17/



KUVA 9. Talo 2 /18/

5.1.1 Sisäilmastoluokka, puhtausluokka ja tiiviys

Talojen sisäilmastoluokaksi valittiin S3, koska asukkaille ei ollut tarvetta yksilölliselle sisäilmastolle, vaan tyydyttiin rakentamismääräyksiensä minimivaatimukseen. Puhtausluokaksi valikoitui tämän jälkeen P2-luokka. Tässä projektissa kierresaumakanava on tiiviysluokaltaan C, muovikanava luokkaa D ja Blue Sky -kanavan tiiviysluokkaa ei oltu määritelty saman asteikon mukaisesti. /11;13/

5.1.2 Ääni

Äänilähteiden osalta täytettiin myös rakentamismääräyksiensä mukaiset arvot makuuhuoneiden ja muiden tilojen osalta. Venttiileiksi valittiin tuotteet, joita on helppo säätää ja ne ovat äänitasoltaan hiljaisia.

Suunnittelun alkuvaiheessa on syytä pitää huolta ääniteknisten vaatimuksien täyttymisestä. Toimiminen yhteistyössä muiden suunnittelijoiden kanssa helpottaa pääsyä haluttuun äänitasoon. Laitevalinnoilla on suuri vaikutus äänenkehitykseen. Suurimpana äänilähteenä ilmanvaihdon osalta on ilmanvaihtokone, jonka puhaltimet aiheuttavat ääntä. Ääni kulkeutuu kanavia pitkin, jossa säätölaitteiden aiheuttama paineen muutos

aiheuttaa myös ääntä. Äänen muodostumista tapahtuu kaikissa kanavan osissa, kuten käyrissä ja t-kappaleissa. Äänen tuottoa tapahtuu myös virtausnopeuden muuttuessa äkillisesti, esim. muuntoyhteet, jossa virtauspinta-ala muuttuu huomattavasti. Pääte-laitteet saattavat antaa ääntä huonetilaan, jos ne ovat säädetty väärin. Liian suuret venttiilikohtaiset ilmavirrat aiheuttavat viheltävää häiritsevää ääntä. Tämä voidaan välttää mitoittamalla kanavat väljän mitoitusmukaisesti ja jakamalla haluttu ilmavirta useammalle venttiilille. /19./

Ääni kulkeutuu myös rakenteita pitkin. Ilmanvaihtokoneen asentamista makuuhuoneen seinää vasten täytyy erityisesti välttää tai asennuksessa täytyy käyttää tä- rinävaimentimia, jotka vähentävät äänen kulkeutumista.

Ilmanvaihtokoneen jälkeen asennetaan äänenvaimentimet tulo- ja poistoilmakanavaan mahdollisimman lähelle konetta ja näin ollen puhallinääni saadaan eliminoitua jo al- kuvaiheessa. Tarkoituksena on vähentää puhaltimien äänen kulkeutumista huoneisiin ja muihin tiloihin. Lisä-ääneneristystä tarvittaessa voidaan tuloilmakanaviin asentaa erillisiä huonekohtaisia äänenvaimentimia esim. makuuhuoneiden tuloilmakanavat.

Kierresaumaj- ja muovikanavoinnissa etenkin tulopuolella ei tuloilmaventtiilejä saa ottaa suoraan runkokanavan pohjasta, vaan erillisen t-haaran jälkeen, jolloin puhall- linääni ei kantaudu niin herkästi huonetilaan ja huoneissa syntyvät äänet eivät kulje kanavaa pitkin toisiin huoneisiin.

Blue Sky -kanavan sileä sisäpinta ja erillisten kanavaosien puuttumien vähentävät äänen syntyä. Toisista huoneista kulkeutuvaan ääntä Blue Sky -kanavissa ei pitäisi niin herkästi syntyä, koska kanavat ovat erillisiä eivätkä ole yhteydessä toisiinsa.

5.1.3 LTO

Tässä työssä valittiin Nibe Fighter 410P poistoilmalämpöpumppu huolehtimaan mo- lempien talojen ilmanvaihdosta. Poistoilmalämpöpumppu huolehtii rakennuksen lämmityksestä, ilmanvaihdosta ja lämpimän käyttöveden tuotosta. Valintaan vaikutta- vana tekijänä on rakennuksiin tuleva lattialämmitys. Lattialämmityksen menoveden matalalämpötila sopii mainiosti poistoilmalämpöpumpun toiminnan kanssa yhteen.

Poistoilmalämpöpumppu ottaa poistoilmasta energiaa talteen ja siirtää sen lämmitysveteen, ilmanvaihdon tuloilmaan ja käyttöveden lämmittämisen. Lisäksi laitteesta löytyy sähkövastus, joka auttaa kovilla pakkasilla. Energiankulutuksen vähentämiseksi molemmista taloista löytyy takat, jotka on sijoitettu hyvin keskeiselle paikalle, jotta lämpö pääsee leviämään joka puolelle. Tuloilmaventtiilien sijoitus lähelle takkaa tehostaa lämmön siirtymistä muihin tiloihin.

5.1.4 Venttiilien sijoittaminen

Seuraavaksi määritin venttiilien paikat molemmille talomalleille. Venttiileiksi valitsin Fläkt Woodsin KTS-sarjan tuloilmaventtiilit ja poistoilmaventtiileiksi KSO-venttiilit. Lisäksi työssä tarvittiin saman valmistajan STQA seinämällisiä venttiilejä ja saunaan tarkoitettuja erikoismalleja. Asennuspaikan määrittämisessä apuna käytin Fläkt Woodsin Exselair-ohjelmaa, jolla mallinsin huonetiloja. Mallinsin kaksi makuuhuonetta, koska venttiilin oikealla sijoittelulla on suuri merkitys ilmanvaihtuvuuteen huonetilassa.

Makuuhuone 1 (liite 4 (1)) on tuloilmavirraltaan +12 l/s ja makuuhuone 2 (liite 4(2)) tuloilmavirraltaan +6 l/s. Mallintamisen avulla voidaan tarkastella heittopituutta, joka kuvastaa kuinka pitkälle ilma virtaa venttiilistä. Venttiilien paikan valinta vaikuttaa suuresti siitä saatavaan tehokkuuteen. Tuloilman johtaminen koko oleskeluyöhykkeelle aiheuttamatta vedon tunnetta takaa ilman hyvän vaihtuvuuden. Oikealla tavalla valittujen asennuspaikkojen avulla voidaan maksimoida hyöty. Yleisin sijoituspaikka makuuhuoneissa on oven lähetyville. Venttiilin puhallussuunta voidaan säätää. Venttiilejä ei pidä sijoittaa makuuhuoneissa sängyn päälle, koska jos tuloilma on talvella viileää, saattaa se aiheuttaa vedon tunnetta.

Tärkeää on, että puhdas tuloilma sekoittuu tehokkaasti. Poistoilmaventtiilit sijoitetaan huonetiloihin, joissa epäpuhtauksia syntyy esim. wc- ja pesuhuonetilat. Rakennuksen alipaineisuus (10 %) huolehtii myös osaltaan siitä ettei, likainen ilma virtaa puhtaisiin huonetiloihin. Tulo- ja poistoilmaventtiilien lähekkäistä sijoittelua tulee välttää, koska tuloilma virtaa herkästi suoraan poistoilmaventtiiliin ja oleskeluyöhykkeellä oleva ilma ei vaihdu ollenkaan.

5.1.5 Eristykset

Molemmissa taloissa kanavoinnit pyritään suorittamaan lämpimissä tiloissa, jotta säästytään aikaa vievältä eristämistyöltä. Muovikanavoinnissa ei valittu esieristettyjä kanavia, koska eristettäviä kanavia ja osia on niin vähän, ettei sillä koettu saatavan vastaavaa hyötyä.

Blue Sky -kanavoinnissa kanavat asennetaan Talo 1:n yläpohjan eristeeseen, jonka päälle tulee puhallusvilla, joka pitää huolen riittävästä eristämisestä.

5.1.6 Paloturvallisuus

Kyseisissä taloissa ei ole varsinaisia eri palo-osastoja, joten paloturvallisuus ei tule vaikuttamaan suunnittelun kulkuun. Liesituulettimen tai liesikuvun kanavointia ei voida liittää poistoilmakanavaan, vaan se täytyy viedä katolle omana paloa rajoittavana teräskanavana, joka täytyy paloeristää.

Kierresaumakanava on palotilanteen kannalta turvallisempi, koska metalli ei pala. Kierresaumakanavoinnilla voidaan kulkea erillisten palo-osastojen lävitse edellyttäen palopeltien käyttöä läpäisevässä tasossa. Kanava on testattu palotilanteen osalta, jotta se pitää muotonsa.

Muovi- ja Blue Sky -kanavilla ei voida toimia erillisten palo-osastojen välillä, koska materiaali ei ole palamaton. Palotilanteessa materiaalin paloa hidastava vaikutus on testattu VTT:llä. Tulipalon kasvaessa riittävän suureksi ja lämpötilan noustessa todella korkeaksi molemmat kanavat sulavat. Liesituulettimen tai liesikuvun kanavointia ei voida suorittaa muovikanavalla vaan sen täytyy olla metallista. /13;15/

5.2 Talo 1

5.2.1 Ilmavirrat

Aloitin suunnittelun määrittelemällä talon 1 ilmatilavuuden Standardin 2460:n mukaisesti.

Talo 1 ilmatilavuus $V = 266 \text{ m}^3$

Suomen rakentamismääräyskokoelma velvoittaa, että asuinhuoneiston ilman täytyy vaihtua 0,5 kertaa yhden tunnin aikana./1./

Laskin ilmanvaihdon poistoilman minimimäärän talolle 1 yhtälöllä 1.

$$\frac{\text{ilmatilavuus (m}^3\text{)} * 0,5 \left(\frac{1}{h}\right) * 1000 \text{ dm}^3/\text{s}}{3600 \text{ s/h}} \quad (1)$$

$$\text{Talo 1} \quad \frac{266 \text{ m}^3 * 0,5 \left(\frac{1}{h}\right) * 1000 \text{ dm}^3/\text{m}^3}{3600 \text{ s/h}} = 36,9 \text{ dm}^3/\text{s} \sim 37 \text{ l/s}$$

Tämä on poistoilman minimimäärä, jonka täytyy vaihtua jatkuvasti, kun asunnossa oleskellaan. Ilmatilavuuteen ei ole laskettu saunan tilavuutta, koska saunan tulo- ja poistoilmavirrat ovat yhtä suuret. Tilaa ei tarvitse ottaa huomioon silloin, kun siellä on tulo- ja poistoilmaventtiilit. Saunan pinta-ala on alle $3,0 \text{ m}^2$, joten D2:n taulukon 1 mukainen minimi-ilmavirta $\pm 6 \text{ l/s}$ valitaan saunan ilmavirraksi.

Poistoilmavirran avulla voin määrittää tuloilmavirran määrän. Talon täytyy olla noin 10 % alipaineinen siksi, että epäpuhtaudet poistuvat eivätkä ne leviä puhtaalle osalle taloa. /1/.

Määritin tuloilmavirran talolle 1 yhtälön 2 avulla.

$$\text{poistoilmavirta} * 0,9 = \text{tuloilmavirta} \quad (2)$$

$$\text{Talo 1} \quad 37 \text{ l/s} * 0,9 = 33,3 \text{ l/s} \quad (2)$$

Näiden tietojen jälkeen voin jakaa alustavat ilmamäärät. Jaan kokonaisilmamäärän huonetiloille niiden käyttötarkoituksen mukaisesti. D2 liite 1 taulukon 1 mukaisesti.

TAULUKKO 1. Ilmavirtojen jakaminen Talo 1

Tila	mitoitusilmavirta (l/s)		tehostusilmavirta (l/s)		poissa-olo ilmavirta (l/s)	
	tulo	poisto	tulo	poisto	tulo	poisto
MH 1	+6		+8		+3	
MH 2	+12		+15		+6	
MH 3	+6		+8		+3	
OH	+6		+8		+3	
OH	+6		+8		+3	
WC		-7		-10		-3
ET		-3		-4		-2
K		-8		-11		-4
KHH		-12		-15		-6
PH		-12		-15		-6
S	+6	-6	+8	-8	+3	-3
yht.	+42	-48	+55	-63	+21	-24

Jaetut ilmavirrat ovat yhteensä Talo 1:ssä tuloilmaa +42 l/s ja poistoilmaa -48 l/s. Suoritettun esivalinnan jälkeen ilmavirtoja voidaan vielä kasvattaa. Esivalinnan jälkeen tarkistan ilmanvaihtuvuuden yhtälöllä 3. Laskentaan ei oteta mukaan saunan ilmanvaihtoa, koska siellä on tulo- ja poistoilmavirta on yhtä suuri.

$$\frac{\text{poistoilmavirta-saunan ilmavirta (m}^3\text{/s)}}{\text{rakennuksen ilmatilavuus (m}^3\text{)}} * 3600\text{s/h} = \text{ilmanvaihtuvuus}\left(\frac{1}{\text{h}}\right) \quad (3)$$

$$\text{Talo 1} \quad \frac{0,042-0,006 \text{ (m}^3\text{/s)}}{266 \text{ (m}^3\text{)}} * 3600\text{s/h} = 0,57\left(\frac{1}{\text{h}}\right) \quad (3)$$

Ilmanvaihtuvuus Talossa 1 on riittävä, koska se asettuu 0,5-0,7 1/h väliin. Liian suuret ilmavirrat saattavat aiheuttaa vedon tunnetta. Energiankulutus kasvaa myös, kun ilmanvaihtokonetta joudutaan käyttämään suuremmalla teholla, mitä olisi tarvetta.

Taulukkoon 1 on laskettu myös tehostetun ilmanvaihdon ilmavirrat yhtälöllä 4.

$$\text{mitoitusilmavirta (l/s)} * 1,3 = \text{tehostusilmavirta (l/s)} \quad (4)$$

$$\text{Talo 1} \quad -48 \text{ l/s} * 1,3 = -62,3 \text{ l/s}$$

Poissaolo ilmavirran määritin yhtälöllä 5.

$$(\text{mitoitusilmavirta}(l/s) * 0,5 = \text{poissaoloilmavirta}(l/s) \quad (5)$$

$$\text{Talo 1} \quad -48 \text{ l/s} * 0,5 = -24 \text{ l/s}$$

Poistoilmalämpöpumpun käyttöohjeessa todetaan, että kyseisen laitteen ilmavirtaa ei saa säätää poissa ollessakaan pienemmäksi kuin 31 l/s. Joten laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti talon 1 poistoilmavirraksi poissaoloasennossa asetetaan 31 l/s.

5.2.2 Kanavareitit

Talon 1 kanavareitit kierresauma- ja muovikanavalla suoritetaan kodinhoito- ja pesutiloissa alaslasketussa katossa. Tämän tarkoitus on välttää läpivientien tekemistä, koska ne huonontavat rakennuksen ilmatiiveyttä. Keittiön ja olohuoneen osalta kanavointi suoritetaan pienen kotelon sisällä. Kanavoimalla lämpimän tilan puolella eristäminen jää kokonaan pois. Ulkoilmakanava ja jäteilmakanava täytyy eristää koska ne kulkevat kylmässä tilassa.

5.3 Talo 2

5.3.1 Ilmavirrat

Määritin talon 2 ilmatilavuuden standardin 2460 mukaisesti.

$$\text{Talo 2 ilmatilavuus } V = 407 \text{ m}^3$$

Laskin ilmanvaihdon poistoilman minimimäärän talolle 2 yhtälöllä 1.

$$\text{Talo 2} \quad \frac{407 \text{ m}^3 * 0,5 \left(\frac{1}{h}\right) * 1000 \text{ dm}^3/\text{m}^3}{3600 \text{ s/h}} = 56,5 \text{ dm}^3/\text{s} \sim 57 \text{ l/s} \quad (1)$$

Määritin tuloilmavirran talolle 2 yhtälön 2 avulla.

$$\text{Talo 2} \quad 57 \text{ l/s} * 0,9 = 51,3 \text{ /s} \quad (2)$$

Näiden tietojen jälkeen voin jakaa alustavat ilmamäärät. Jaan kokonaisilmamäärän huonetiloille niiden käyttötarkoituksen mukaisesti. D2 liite 1 taulukon 1 mukaisesti.

Taulukko 2 ilmavirtojen jakaminen Talo 2

Tila	mitoitusilmavirta (l/s)		tehostusilmavirta (l/s)		poissaoloilmavirta (l/s)	
	tulo	poisto	tulo	poisto	tulo	poisto
PH		-12		-15		-6
S	+6	-6	+8	-8	+3	-3
TEKN. TILA	+3	-4	+4	-6	+2	-2
K		-10		-13		-5
OH	+20		+26		+10	
WC		-7		-10		-4
KHH		-12		-15		-6
MH1	+6		+8		+3	
MH2	+12		+15		+6	
VH		-3		-6		-2
MH 3	+6		+8		+3	
KPH		-12		-15		-6
OH 2	+7		+10		+3	
yht	+60	-66	+79	-86	+30	-34

Talon 2 ilmavirrat ovat valinnan jälkeen tuloilmaa +60 l/s ja poistoilmaa -66 l/s. Esi- valinnan jälkeen tarkistan ilmanvaihtuvuuden yhtälöllä 3. Laskentaan ei oteta mukaan saunan ilmanvaihtoa, koska siellä on tulo- ja poistoilmavirta yhtä suuri.

$$\text{Talo 2} \quad \frac{0,066-0,006 (m^3/s)}{407 (m^3)} * 3600s/h = 0,53\left(\frac{1}{h}\right) \quad (3)$$

Ilmanvaihtuvuus Talossa 1 on riittävä, koska se asettuu 0,5-0,7 1/h väliin.

Taulukkoon 2 on määritelty talon 2 tehostetut ilmavirrat yhtälöllä 4.

$$\text{Talo 2} \quad -66\text{l/s} * 1,3 = -85,6\text{ l/s} \quad (4)$$

Poissaoloilmavirta on määritetty yhtälöllä 5.

$$\text{Talo 2} \quad -66\text{l/s} * 0,5 = -33\text{ l/s} \quad (5)$$

5.3.2 Kanavareitit

Huonetilojen ilmavirtojen ja venttiilien paikkojen määrittämisen jälkeen voidaan alkaa suunnitella kanavareittejä. Kanava pyritään mitoittamaan mahdollisimman väljäksi, jotta energian kulutus pysyy alhaisena ja ääniongelmia ei syntyisi.

Talo 2:n ensimmäisessä kerroksessa kierresauma- ja muovikanavoinnit tehdään samalla tavalla alaslasketussa sisäkatossa ja pienessä kotelossa kuin Talo 1:ssä. Toiseen kerrokseen siirrytään hormin avulla, joka sijoittuu teknisen tilan yläpuolelle. Toisessa kerroksessa kanavoinnit toteutetaan myös kotelossa.

Kanavien asentaminen höyrynsulkumuovin sisäpuolelle tarkoituksena on vähentää eristämistyötä, koska kanavat ovat lämpimässä tilassa. Muoviin ei tehdä turhia reikiä / lävistyksiä, jotka aiheuttavat tiiviuden heikentymistä ja tätä kautta hallitsemattomien ilmavuotojen lisääntymistä.

6 KUSTANNUKSET

6.1 Tuotteiden hintavertailu

Hintavertailun suoritin suunnittelun pohjalta saadun osaluettelon perusteella. Tarjoukseen sisältyi liitteen 2 mukaiset tuotteet: poistoilmalämpöpumppu, kanavat, liitoskappaleet, venttiilit ja säleiköt. Eristykset eivät sisältyneet tarjoukseen, koska niiden osuus oli hyvin pieni. Tarjouspyynnöt pyysin paikalliselta tukkurilta, joka pystyi määrittämään tuotteille hinnan, jolla omakotitalorakentaja saisi hankittua tuotteet omalle työmaalleen.

Osaluettelon (liite 2) perusteella kierresauma- ja muovikanavointi ovat melkein samanlaiset, koska kanavien reititykset voidaan tehdä samalla tavalla ja tarvittavia osia löytyy molemmilla materiaalivaihtoehdoilla samanlaiset.

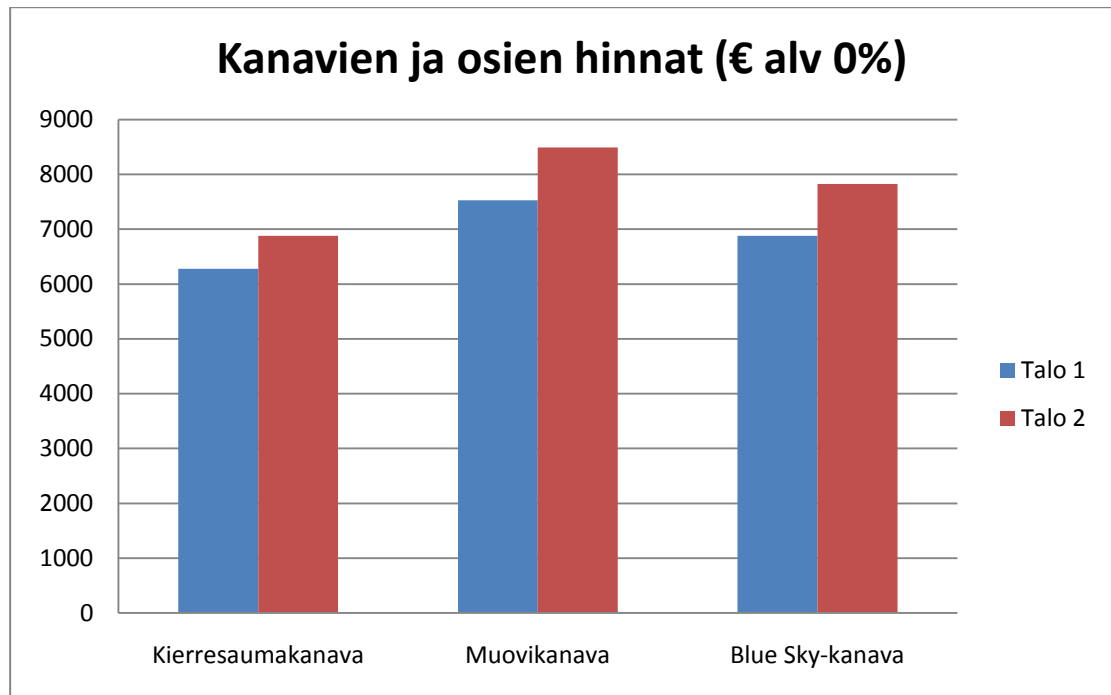
Blue Sky -osaluettelossa huomaa selvän eron kanavan metrimäärän osalta. Kanavaa on vain yhtä kokoa ja sitä on huomattavasti enemmän johtuen siitä, että jokainen kanava on yksittäinen jakolaatikon ja venttiiliyhteen välillä. Osaluettelossa on myös kierresaumakanavaa, koska kanaviston alku tehdään kierresaumakanavalla jakolaatikkoihin asti, josta varsinainen Blue Sky –kanavointi alkaa.

Liitteen 3 mukaisesti hinnat olivat seuraavat. Kokonaishinnaltaan Talo 1 edullisin ilmavaihdon toteuttamismateriaali oli kierresaumakanavointi 6275,49 € (alv 0 %). Seuraavana oli Blue Sky -kanavointi 6879,18 € (alv 0 %) ja kalleimpana muovikanava 7525,93 € (alv 0 %).

Kokonaishinnaltaan Talo 2:n edullisin ilmavaihdon toteuttamismateriaali oli kierresaumakanavointi 6878,78 € (alv 0 %). Seuraavana oli Blue Sky -kanavointi 7826,75 € (alv 0 %) ja kalleimpana muovikanava 8490,83 € (alv 0 %).

Tuotteiden hinnat ovat melko vakiintuneita, mutta Blue Sky osalta voidaan odottaa hinnan alenemista sen jälkeen, kun tuote yleistyy rakentajien keskuudessa ja käyttökokemukset lisääntyvät.

Talo 2 osien hinta oli kierresaumakanavalla 10 % enemmän kuin talo 1. Blue Sky –kanavalla ja muovikanavalla vastaava kasvu oli 13 %.



KUVA 10. Kanavien ja osien hankintahinnat

6.2 Asennuksien ajankäyttö

Asennuksien ajankäytön arvioinnin tarkoitus on selvittää, kuinka paljon aikaa kuluu koko järjestelmän asentamiseen ja onko jokin näistä järjestelmistä huomattavasti muita nopeampi. Nopean ja helpon asennustavan myötä voidaan saavuttaa suuria säästöjä.

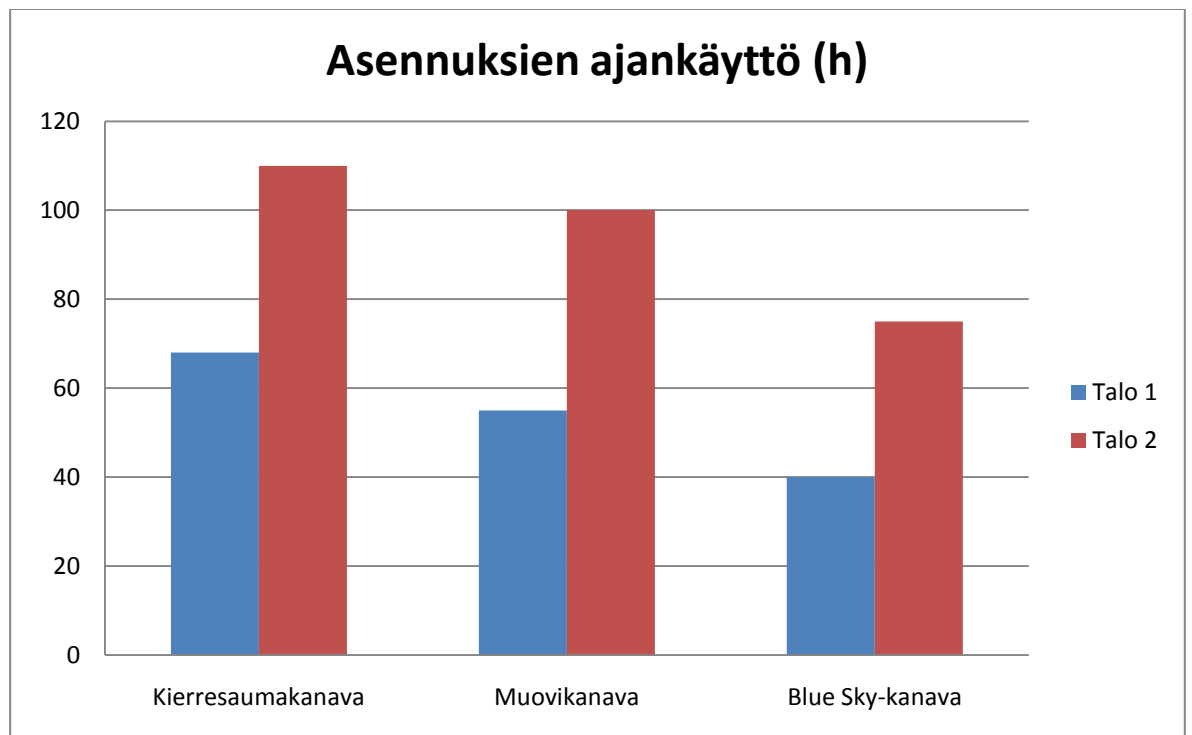
Asennuksien ajankäyttöä arvioitiin tarjouspyyntöjen perusteella, jotka Optimisäätö Oy arvioi suunnitelmien pohjalta. Yritys oli suorittanut asennuksia jokaisella materiaalilla ja näin ollen kokemusta vastaavista projekteista oli.

Omakotitalorakentajalla on myös mahdollista asentaa kanavia itse ja tätä kautta saada säästöä omalla työllään. Syytä on muistaa turvalliset ja puhtaat työskentelytavat. Liitoksien tulisi olla tiiviitä ja sileitä, jotta painehäviöt ja lian kerääntyminen olisi mahdollisimman vähäistä.

Liitteenä 5 olevan asennusaikojen tarjouspyynnön perusteella Talo 1:ssä asennusajaltaan nopein on Blue Sky –kanava, 40 työtuntia. Seuraavaksi nopein on muovikanava, 55 työtuntia. Eniten aikaa vei kierresaumakanavan asentaminen, 68 tuntia. Suu-

rimman eron aiheuttaa kierresaumakanavoinnissa katkaiseminen ja liitoksien tekeminen. Työskennellessä joudutaan poraamaan vetoniiteille reikiä ja niittien kiinnittäminen käsittää useampia työvaiheita kuin muovikanavan patentoitu liitos tai Blue Sky -kanavan yksittäiskanavointi.

Talo 2:n osalta asennusajat kulkevat melko samalla tapaa. Eniten aikaa vie kierresaumakanavointi, 110 työtuntia ja vähiten Blue Sky –kanava, 75 tuntia. Muovikanavavointi asettuu tähän väliin 100 työtunnilla.



KUVA 11. Asennuksien ajankäyttö materiaaleittain

6.2.1 Kierresaumakanava

Kierresaumakanavat toimitetaan tilauksen jälkeen työmaalle tulpattuina, jossa ne täytyy varastoida asianmukaisesti. Kanavat kannattaa peittää sateelta tai varastoida sisälle.

Kanavien asentaminen aloitetaan poistamalla suojatulpat kanavan päästä, jota työstehtään. Kanavien katkaisu sopivaan mittaan suoritetaan nakertajalla, jolloin kipinöitä ei synny ja työ voidaan suorittaa sisätiloissa. Kulmahiomakoneen käyttö on vaarallista

kipinöiden takia ja se levittää metallipölyä ja siksi sitä ei saisi käyttää. Katkaisun jälkeen on tärkeää tarkastaa katkaisukohta. Epätasaisuudet tulee poistaa. Epätasaisuuksiin saattaa alkaa kerääntyä likaa ja ne vaikeuttavat puhdistamista.

Kierresaumakanavan asentamisessa kanavat kootaan valmiiden osien avulla yhtenäiseksi kokonaisuudeksi. Liitokset kasataan vetoniiteillä. Kanavia ei saa kasata ruuveilla, koska kanavia puhdistettaessa terävät kärjet rikkovat harjakset. Kanavia kasatessa on tärkeää huomata, että tuloilmaventtiilejä ei asenneta koskaan runkokanavan pohjasta vaan ne asennetaan erilliseen t-haaraan, jonka jälkeen venttiili asennetaan. Tämän tarkoitus on lisätä päätevaimennusta ja välttää puhaltimien äänen kulkeutuminen huoneeseen, jossa tuloilmaventtiili sijaitsee.

6.2.2 Muovikanava

Muovikanavan asentaminen on melko helppoa, koska kaikki osat ovat valmiita ja liitokset tapahtuvat patentoidulla liitoksella, joka on varmasti tiivis ja pitävä. Omakotitalorakentajalla on mahdollisuus asentaa kanavia itse, koska epätiivin liitoksen tekeminen on melko mahdotonta.

Kanavat toimitetaan työmaalle tulpattuina, jotta ne eivät likaantuisi. Liitososat toimitetaan pusseihin pakattuina, jotta ne pysyvät puhtaina asennuksen alkamiseen asti. Kanavien kokoaminen tapahtuu samalla tavalla kuin peltikanavassa, mutta ilman vetoniittejä. Kanava työnnetään liitososan sisään niin pitkälle, että se pysähtyy. Kanavaa voidaan katkaista hienohampaisella sahalla. Sahausjäysteet täytyy poistaa kanavan sisäpinnalta esim. puukolla.

Kanavat täytyy kannattaa 1,5 m välein. Liitokset täytyy kannakoida liitoksen molemmilta puolilta ja alaspäin lähtevä kanava täytyy kiinnittää siten ettei se jää roikkumaan ainoastaan liitoksen varaan. /13./

6.2.3 Blue Sky -kanava

Blue Sky -kanava toimitetaan työmaalle 50 metrin kiepissä. Asennus aloitetaan sijoittamalla venttiiliyhteet suunnitelmiin merkityille paikoille. Venttiiliyhteitä on olemassa

kahdenlaisia: pohjasta kytkettäviä ja sivusta kytkettäviä. Ilmanjakolaatikot asennetaan paikoilleen suunnitelmiin merkittyihin paikkoihin. Jakolaatikoista yhdistetään yksittäiskanavoinnilla Blue Sky -kanava venttiilille ja asennus on valmis. Liitos suoritetaan Blue Sky tiivisterenkaan avulla. Kanavista ei synny hukka pätkiä kuten muissa materiaaleissa, vaan kanavaa voidaan jatkaa erityisellä liitososalla. Kannakoidessa kanava voidaan kiinnittää nippusiteillä tarvittaessa katon tukirakenteisiin. Sen parempaa kiinnitystä itse kanava ei tarvitse, mutta liitoskohtien läheisyydessä on kannakoinnin oltava riittävän kestävä. /20./

6.3 Ilmanvaihdon energiankulutus

Ilmanvaihdon energiankulutuksella on suuri vaikutus ympäristön kuormitukseen ja samalla myös sähkölaskun suuruuteen. Oikeilla laitevalinnoilla ja oikeanlaisella suunnittelulla voidaan saavuttaa suuria energiansäästöjä. Suomen rakentamismääräyskoelma määrittelee ilmanvaihdon puhaltimien kuluttaman energian määrän. SFP-luku (Specific Fan Power) kuvaa, kuinka paljon sähkötehoa ilmanvaihto tarvitsee yhden ilmaquution siirtämiseen sekunnissa ($\text{kW}/\text{m}^3/\text{s}$). Tämän tarkoitus on ohjata suunnittelua ja toteutusta sopivan energiankulutuksen suuntaan. /21./

Koneellisessa tulo- ja poistoilmavaihtojärjestelmässä SFP-luku saa olla enintään $2,5 \text{ kW}/\text{m}^3/\text{s}$. Liian alhaiseen SFP-lukuun ei pidä pyrkiä pienentämällä ilmanvaihtokoneen nopeutta huonon sisäilmaston kustannuksella. Liian korkean SFP-luvun kohdalla on tarkasteltava, kuinka lukua voidaan pienentää. SFP-luvun suositeltava taso $1,5\text{-}2 \text{ kW}/\text{m}^3/\text{s}$. /22./

Asuinrakennuksessa SFP-luku määritellään tehostamattomilla ilmavirroilla ja tehoksen aikana SFP $2,5$ voidaan ylittää. /22./

SFP-luvun määrittämiseen tarvitsin tietää kanavien virtausvastuksien määrän ja puhaltimien tehon. Kanavapaineen sain selville suunnittelu ohjelmasta ja puhaltimien tehon sain selville liite 1 puhallinkäyrän avulla.

Yhtälön 6 mukaan määritin SFP-luvut.

$$\frac{\text{puhaltimien ottoteho}(kW)}{\text{ilmavirta}(m^3/s)} = SFP\text{-luku}(kW/m^3/s) \quad (6)$$

TAULUKKO 3. Talo 1 SFP-luvut

Talo1	Kierresaumakanava	Muovikanava	Blue Sky -kanava
SFP-luku	1,54	1,54	1,99

TAULUKKO 4. Talo 2 SFP-luvut

Talo2	Kierresaumakanava	Muovikanava	Blue Sky -kanava
SFP-luku	1,62	1,62	1,90

Molempien talojen SFP-luvut asettuvat alle 2,5 ja ovat näin ollen hyväksyttäviä.

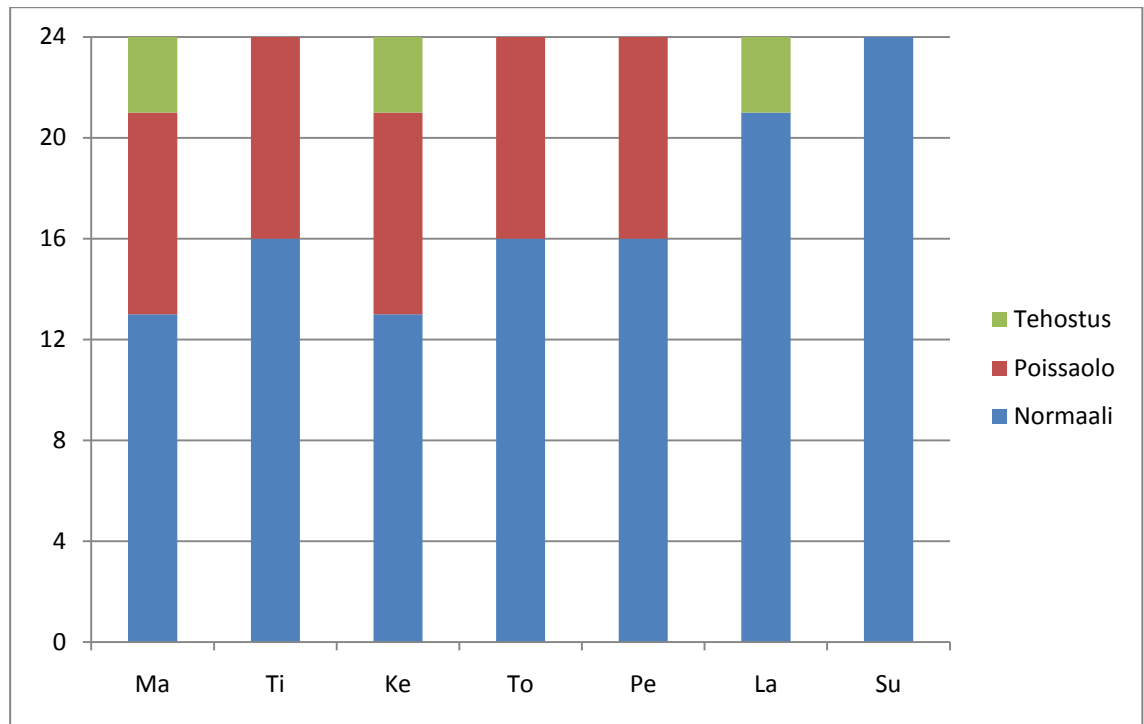
Ilmanvaihtosuunnitelmien mitoitustietojen perusteella saatujen kanavapaineiden avulla arvioin eri järjestelmien puhaltimien energiankulutusta vuositasolla. Puhallinkäyrän perusteella määritin puhaltimien ottaman sähkötehon jokaisella ilmanvaihdon käyttöasennolla, joka materiaalilla.

Ilmavaihtokoneelle valittiin kolme käyttöasentoa: poissaolo, normaalikäyttö ja tehostettu käyttö. Ilmanvaihto on poissaoloasennossa silloin, kun asunnossa ei ole asukkaita kotona. Normaalikäyttö silloin, kun ihmisiä oleskelee talossa ja ei ole tarvetta tehostaa ilmavaihtoa epäpuhtauksien takia. Tehostuskäyttö on silloin, kun ilmanvaihtoa on tarve suurentaa esimerkiksi saunomisen tai juhlimisen vuoksi (suuret epäpuhtauspitoisuudet).

Määritin nelihenkisen perheen viikoittaiseksi käyttöajaksi (kuva 12) seuraavat, joita käytin molempien talojen käyttöaikoina. Nelihenkinen perhe lähtee arkipäivinä töihin ja kouluun kello 8.00, jolloin ilmanvaihto kytkeytyy poissaoloasentoon. Klo 16.00 perhe palaa kotiin ja ilmanvaihto alkaa toimia normaalilla teholla (normaali ajankäyttö). Perhe saunoo maanantaisin, keskiviikkoisin ja lauantaisin 2 tuntia päivässä, jolloin ilmanvaihto on tehostusasennossa 3 tuntia.

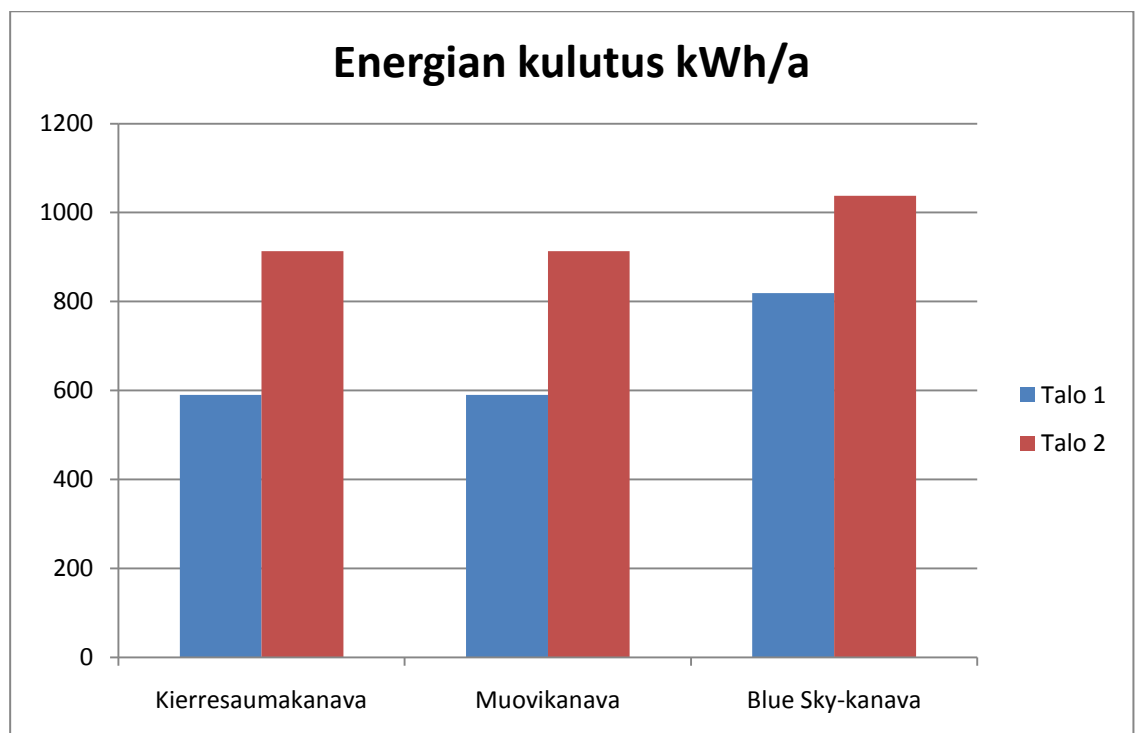
Viikoittaiset käyttöajat poissaolo 40h
normaali käyttö 119h

tehostus 9h



KUVA 12. Ilmanvaihdon käyttöasetnot päiväkohtaisesti

Tässä työssä käsitellyn poistoilmalämpöpumpun ohjaustapa on käsikäyttö. Koneen etupuolella on kolmeasetoinen kytkin, josta valitaan kullekin tilanteelle sopiva ilmanvaihdon toiminta-asento.



KUVA 13. Ilmanvaihdon energiankulutus

Energiankulutus on muutettu rahaksi. Hintana on käytetty ESE-verkon sähkön myyntihintaa (tarkastettu 1.4.2011) 0,098 €/kWh. /23./

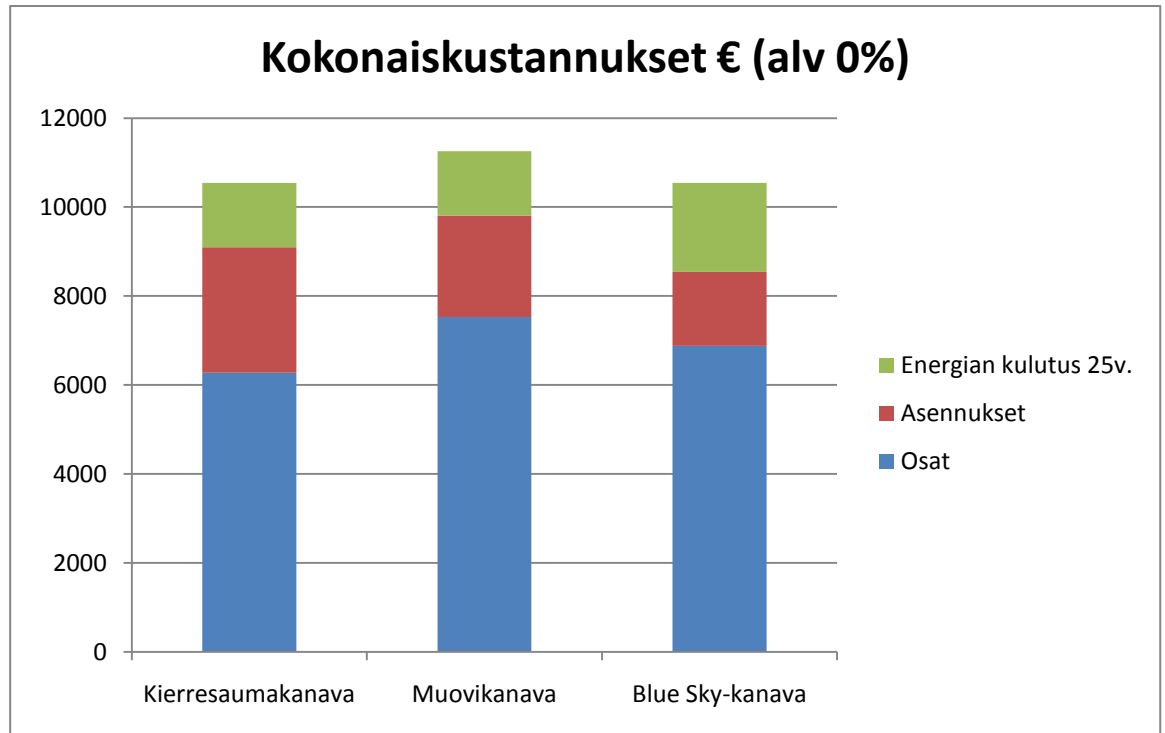
TAULUKKO 6. Ilmanvaihdon puhaltimien energiankulutus €/vuosi

	kierresaumakanava	muovikanava	Blue Sky -kanava
Talo 1	57,82	57,82	80,26
Talo 2	89,47	89,47	101,72

7 YHTEENVETO KUSTANNUKSISTA

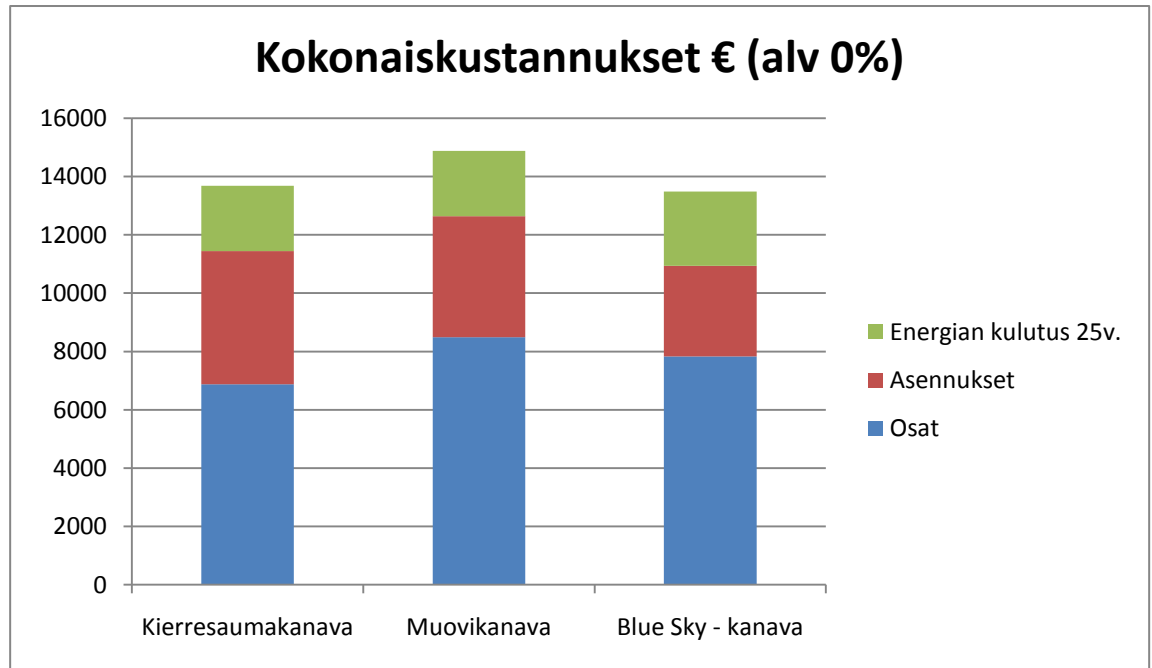
Omakotitalon ilmanvaihdon kokonaiskustannukset muodostuvat tarvikkeiden, asennuksien ja kulutetun energian summasta. Kokonaiskustannukset on laskettu 25 vuoden ajanjaksolle. Energian tarkastelu väli on 25 vuotta, koska lyhyemmällä ajanjaksolla energiankulutus vaikuttaa hyvin pieneltä osuudelta. Useimmat omakotitalo rakentajat asuvat pitkän ajan rakentamassaan talossa. Tarvikkeiden edullisuus ja asennukseen käytetyn ajan säästäminen saattaa tasautua energiankulutuksen ollessa suurempaa kuin muissa järjestelmissä.

Talo 1 kokonaiskustannuksiltaan kierresaumakanava on kaikkein edullisin 10542,99 €. Seuraavana Blue Sky –kanava 10545,68 € ja kalleimpana muovikanava 11253,93 €. Erot eivät ole suuria ja täytyy muistaa että rakentamisessa tulee aina yllätyksiä.. Osien hankintahinnan edullisuus kierresaumakanavassa tasaantuu muihin vaihtoehtoihin asennusajan pitkittyessä. Blue Sky –kanavalla on selvästi muita nopeampi asennusaika tasoittuu hieman suurempana energiankulutuksena käyttövuosien aikana. Energian tarkastelun pitkittyessä on otettava huomioon, että energiankulutuksesta aiheutuva sähkölasku on joka vuosi kuluttajan maksettava.



KUVA 14. Talon 1 kokonaiskustannukset materiaaleittain

Talo 2 kokonaiskustannuksissa edullisimmaksi osoittautui Blue Sky –kanava 13482,25 €. Seuraavana kierresaumakanava 13680,53 € ja kalleimpana muovikanava 14877,58 €. Isommassa talossa Blue Sky -kanavan muita nopeampi asennettavuus pitää kustannukset muita edullisimpina. Kierresauma- ja muovikanavan ero syntyy osien ja asennuksien hinta erosta, koska energiankulutus on näillä samaa luokkaa. Blue Sky -kanavan vuosittainen suurempi energian kulutus tulee maksettavaksi asukkaalle joka vuosi.



KUVA 15. Talon 2 kokonaiskustannukset materiaaleittain

Kokonaiskustannuksiin 25 vuoden ajalle ei ole laskettu suodattimien vaihtoa, joka suositellaan tehtävän vuosittain. Kanavien puhdistus ja säätö suositellaan tehtäväksi 10 vuoden välein.

8 LOPPUPÄÄTELMÄT

Tämän työn osalta voidaan todeta, että kaikkein edullisimpana kokonaiskustannuksissa 25 vuoden ajalla olisi Talo 1:ssä kierresaumakanava ja Talo 2:ssä Blue Sky -kanava. Erot eivät olleet suuria ja tätä tietoa ei voida yleistää, koska on niin paljon muuttujia, jotka vaikuttavat kustannuksiin. Tämän työn tärkeimpänä tehtävänä on ollut selvittää eroja näiden kolmen toteuttamistavan välillä niin rahallisesti kuin ominaisuuksienkin suhteen.

Kuluttajan saattaa olla vaikea valita ilmanvaihdon toteuttamistapaa muunkin kuin materiaalin osalta. Markkinoilla on useita eri valmistajia ja jokaisella on oma keinonsa markkinoida omia tuotteitaan. Yleisin toimintamalli on kokonaissumma, jolla ilmanvaihto toteutetaan alusta loppuun asti. Näiden laittaminen samalle viivalle on hyvin vaikeaa, joskus jopa mahdotonta.

Kustannuserot ovat olleet suhteelliseen pieniä tässä työssä ja täten voidaankin todeta, ettei yksikään näistä kolmesta vaihtoehdosta ole ainoa oikea tapa toteuttaa ilmanvaihtoa omakotitaloon. Kaikki ovat erittäin hyviä vaihtoehtoja.

Tulevaisuudessa tullaan kiinnittämään huomiota entistä enemmän energiatehokkuuteen. Tällä hetkellä rakentamismääräyskokoelmat muuttuvat jatkuvasti energiatehokkaammiksi. Tämä tulee ohjaamaan talojen tiiviiden parantamista ja laitteiden energiankulutuksen minimoimista. Passiivi- ja matalaenergiarakentaminen ovat myös suuressa kasvussa tällä hetkellä. Kuluttajat ovat jopa valmiita maksamaan talon rakentamisvaiheessa suurempia kustannuksia, jos rakennuksen käyttökulut ovat jatkossa pienemmät.

Kuluttajat ovat vaativampia ja haluavat rahoilleen enemmän vastinetta. Tähän tuotevalmistajien täytyy varautua ja kehittää tuotteita jatkuvasti eteenpäin. Tulevaisuudessa voi olla, että markkinoilla nähdään myös muitakin materiaaleja, joita tässä työssä ei käsitelty.

Rakentajan täytyy harkita tarkasti, mitä vaatii ilmavaihdon osalta. Myös rakennuksen rakenteet ja muoto muuttavat tässä työssä saatuja tuloksia hyvinkin paljon. Työn lopputuloksia voidaan käyttää suuntaa antavina, kun omakotitalon rakentaminen alkaa olemaan ajankohtaista.

LÄHTEET

1. Ympäristöministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D2
2. Seppänen Olli. Ilmastoinnin suunnittelu 2004
3. www-dokumentti
www.rts.fi/M1luokitellut.htm Päivitetty 1.4.2011 Luettu 1.4.2011
4. Rakennustieto, Sisäilmastoluokitus 2008. RT 0710946. Päivitetty 18.5.2009. Luettu 29.12.2010
5. Ympäristöministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma osa C1
6. Suomen Standardisoimisliitto, SFS 4699 LVI 30-10213 Ilmastointilaitoksen tiiveys Päivitetty kesäkuu 1993, Luettu 29.12.2010
7. www-dokumentti
<http://www.flaktwoods.fi/erityisosaamisemme/energiatehokkuus/levylammonsiirrin-recuterm/> Luettu 26.1.2011, Päivitetty 26.1.2011
8. www-dokumentti
<http://www.flaktwoods.fi/erityisosaamisemme/energiatehokkuus/pyorivalammonsiirrin-regoterm-ja-turboterm/> Luettu 26.1.2011, Päivitetty 26.1.2011
9. Ympäristöministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma osa E7
10. Ympäristöministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma osa E1
11. Fläkwoods Tuote-esite, Päivitetty 7/2007 Luettu 26.1.2011
12. www-dokumentti
http://www.etsnord.com/nordduct_fi, Luettu 26.1.2011, Päivitetty 26.1.2011
13. Uponor Tuote-esite, muovikanava, Päivitetty 1/2011 Luettu 26.1.2011
14. www-dokumentti
<http://www.lvisatama.fi/tuotteet.html?id=45/> Luettu 26.1.2011, Päivitetty 26.1.2011
15. Vallox, Tekninen ohje Blue Sky Päivitetty 14.12.2010. Luettu 29.12.2010.
16. www-dokumentti <http://www.vallox.com/tuotteet> Luettu 26.1.2011, Päivitetty 26.1.2011.
17. www-dokumentti
http://www.krauta.fi/productdata/product%20images/talot%20ja%20vapaa-ajan%20asunnot/omatalo%20easy/oteasy102_1.jpg Päivitetty 1.4.2011 Luettu 1.4.2011

18. www-dokumentti

http://www.omatalo.com/images/mallisto/ulkokuva/Easy_132.jpg Päivitetty 1.4.2011

Luettu 1.4.2011

19. Rakennustieto, RT-kortti 56-10815 Päivitetty helmikuu 2008. Luettu 29.12.2010.

20. Vallox, tuotetieto CD-levy 2010

21. Rakennustieto, LVI-kortti 30-10349 Päivitetty maaliskuu 2010. Luettu 4.2.2011.

22. www-dokumentti

<http://www.flaktwoods.fi/476d6be3-be6e-42e9-bd82-6152ff71a7aa>. SFP-opas, Päivi-

tetty 4.2.2011, Luettu 4.2.2011

23. www-dokumentti

www.esse.fi, Päivitetty 1.4.2011, Luettu 1.4.2011

LIITTEET

LIITE 1 Poistoilmalämpöpumppu puhallinkäyrä

LIITE 2 (1) Osaluettelo Talo 1 Blue Sky

LIITE 2 (2) Osaluettelo Talo 1 kierresaumakanava

LIITE 2 (3) Osaluettelo Talo 1 muovikanava

LIITE2 (4) Osaluettelo Talo 2 Blue Sky

LIITE 2 (5) Osaluettelo Talo 2 kierresaumakanava

LIITE 2 (6) Osaluettelo Talo 2 muovikanava

LIITE 3 (1) Tarjouspyyntö Talo 1 Blue Sky osat

LIITE 3 (2) Tarjouspyyntö Talo 1 kierresaumakanava osat

LIITE 3 (3) Tarjouspyyntö Talo 1 kierresaumakanava osat

LIITE 3 (4) Tarjouspyyntö Talo 1 muovikanava osat

LIITE 3 (5) Tarjouspyyntö Talo 2 Blue Sky osat

LIITE 3 (6) Tarjouspyyntö Talo 2 kierresaumakanava osat

LIITE 3 (7) Tarjouspyyntö Talo 2 kierresaumakanava osat

LIITE 3 (8) Tarjouspyyntö Talo 2 muovikanava osat

LIITE 3 (9) Tarjouspyyntö Talo 2 muovikanava osat

LIITE 4 (1) Makuuhuoneen (12 l/s) simulointi

LIITE 4 (2) Makuuhuoneen (6 l/s) simulointi

LIITE 5 (1) Tarjouspyyntö Talo 1 asennus ajat

LIITE 5 (2) Tarjouspyyntö Talo 2 asennus ajat

LIITE 6 (1) Ilmavaihtosuunnitelma Talo 1 Blue Sky

LIITE 6 (2) Ilmavaihtosuunnitelma Talo 1 Kierresauma-/muovikanava

LIITE 6 (3) Ilmavaihtosuunnitelma Talo 2 Blue Sky

LIITE 6 (4) Ilmavaihtosuunnitelma Talo 2 Blue Sky

LIITE 6(5) Ilmavaihtosuunnitelma Talo 2 Kierresauma-/muovikanava

LIITE 6(6) Ilmavaihtosuunnitelma Talo 2 Kierresauma-/muovikanava

Ilmanvaihtoasennukset

15

Ilmavirtaus

FIGHTER 410P kytketään niin, että kaikki ilmanvaihto- ja liesipuhallinta lukuun ottamatta kulkee lämpöpumpun höyrystimen (62) läpi. Nykynormien mukaan ilmanvaihdon pienin virtaus on $0,35 \text{ l/s/m}^2$ lattiatasossa. Lämpöpumpun tehokkaan toiminnan varmistamiseksi ilmavirran on oltava vähintään $110 \text{ m}^3/\text{h}$ (31 l/s). Lämpöpumpun asennushuoneen ilmavirran on oltava vähintään $36 \text{ m}^3/\text{h}$ (10 l/s).

FIGHTER 410P:ssä on sisäänrakennettu ilmanvaihtoaukko (84). Se huolehtii ilmavirran ottamisesta suoraan asennushuoneen lattiatasosta noin $5 \text{ m}^3/\text{h}$ ($1,4 \text{ l/s}$).

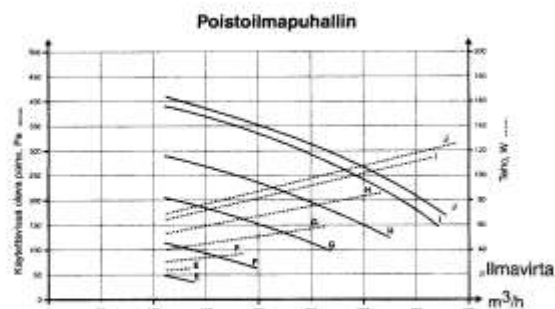
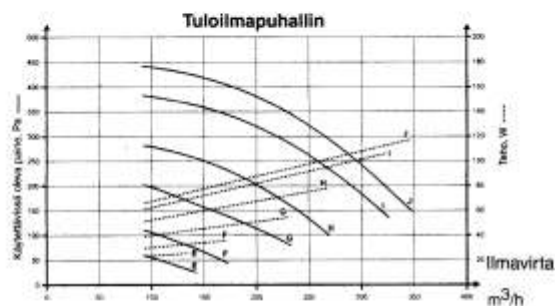
Ilmanvaihtotehon muuttaminen selostetaan luvussa "Sähköliitännät" - "Puhallintehon säätö". Katso luku "Sähkökytkentäkaavio". Käyrien merkinnät viittaavat puhallinnopeuden piirikortin säätöpyörien asentoihin (158).

Liitäntä ja siten puhallinnopeus valitaan seuraavien perusteiden:

- Tuloilmavirtauksen tulee olla 80 % poistoilmavirtauksesta ylipaineen välttämiseksi.
- Asennossa B (normaali) saavutetaan ilmanvaihtosuunnitelmien mukainen poistoilma- ja tuloilmavirtaus. Hienosäätö tehdään huoneventiileillä. Tämä jälkeen venttiilien asentoa ei saa muuttaa.
- Asennossa A (rajoitettu) saavutetaan alhainen poistoilma- ja tuloilmavirtaus. Virtaus määritetään tapauskohtaisesti. Huom! Poistoilmavirtauksen on aina oltava vähintään $110 \text{ m}^3/\text{h}$ (31 l/s). Muussa tapauksessa lämpöpumpun toiminta saattaa vaarantua. Ohje: Valitse asento niin, että poistoilmavirtaus on mahdollisimman lähellä $110 \text{ m}^3/\text{h}$ ilman, että tämä arvo alittuu.
- Asennossa C (tehostettu) saavutetaan suuri poistoilma- ja tuloilmavirtaus. Virtaus määritetään tapauskohtaisesti. Ohje: Valitse niin suuri asento kuin mahdollista ilman, että melutaso venttiileistä nousee häiritseväksi.

Puhallinkäyrä

Alla olevasta käyrästä ilmenee käytettävissä oleva ilmanvaihtoteho. Käyrien merkinnät viittaavat puhallinnopeuden piirikortin säätöpyörien asentoihin (158).



Talo 1 Blue Sky

nimike	koko	määrä	LVI
Poistoilmalämpöpumppu nibe 410		1 kpl	7923532
Äänenvaimennin	160	2 kpl	8323629
Kanava	100	3 m	8103322
Kanava	125	6 m	8103323
Kanava	160	10 m	8103324
Ilmanjako laatikko 10 lähtöä	160/10*63	2 kpl	8275003
Käyrä	160/90	9 kpl	8100098
Keskomuuntoliitin	125/100	1 kpl	8100428
Muuntoyhde	160/125	4 kpl	8100432
Blue sky putki	63	110 m	8275000
Jatkoliitin	63	4 kpl	8275001
Tiivisterengas	63	4 ps	8275002
Liitäntä osa venttiilille pohjasta	125	12 kpl	8275009
Päätelaite tulo	KTS-125	5 kpl	8713774
Päätelaite poisto	KSO-125	5 kpl	8713704
saunaventtili poisto	KSO-S 100	1 kpl	8713710
saunaventtili tulo	KTS-S 125	1 kpl	8714433
saunakanava	SKA 100	1 kpl	8268205
korvausilmaventtiili	Fresh 100	1 kpl	8821082
us 200		1 kpl	8813326
poistoputki katolle		1 kpl	7813252

Talo 1 Kierresaumakanava

nimike	koko	määrä	LVI	
poistoilmalämpöpumppu nibe 410		1		7923532
Äänenvaimennin		2	kpl	8323629
Kanava	100	35	m	8103322
Kanava	125	10	m	8103323
Kanava	160	20	m	8103324
Jatkoliitin	100	4	kpl	8100674
Jatkoliitin	125	1	kpl	8100676
Jatkoliitin	160	2	kpl	8100678
Keskomuuntoliitin	125/100	1	kpl	8100428
Keskomuuntoliitin	160/125	5	kpl	8100432
Käyrä	100/45	2	kpl	8100124
Käyrä	160/45	5	kpl	8100128
Käyrä	100/90	9	kpl	8100094
Käyrä	125/90	2	kpl	8100096
Käyrä	160/90	6	kpl	8100098
T-kappale	100/100	6	kpl	8100184
T-kappale	125/100	1	kpl	8100188
T-kappale	125/125	2	kpl	8100190
T-kappale	160/100	6	kpl	8100194
T-kappale	160/125	2	kpl	8100196
Tulppa	100	5	kpl	8100644
Tulppa	125	1	kpl	8100646
Tulppa	160	1	kpl	8100648
Päätelaite poisto	KSO-100	3	kpl	8713702
Päätelaite poisto	KSO-125	2	kpl	8713704
Päätelaite tulo	KTS-100	3	kpl	8713772
Päätelaite tulo	KTS-125	1	kpl	8713774
Päätelaite tulo	STQA 100	1	kpl	8713592
saunaventtili poisto	KSO-S 100	1	kpl	8713710
saunaventtili tulo	KTS-S 100	1	kpl	8713570
saunakanava	SKA 100	1	kpl	8268205
korvausilmaventtiili	Fresh 100	1	kpl	8821082
us 200		1	kpl	8813326
poistoputki katolle		1	kpl	7813252

Talo 1 Muovi Uponor upovent

nimike	koko	määrä		LVI
poistoilmalämpöpumppu nibe 410		1	kpl	7923532
Äänenvaimennin		2	kpl	8323629
Kanava	100	35	m	8273002
Kanava	125	10	m	8273004
Kanava	160	20	m	8273006
Jatkoliitin	100	4	kpl	8273402
Jatkoliitin	125	1	kpl	8273404
Jatkoliitin	160	2	kpl	8273406
Keskomuuntoliitin	125/100	9	kpl	8273302
Keskomuuntoliitin	160/125	11	kpl	8273306
Käyrä	100/45	2	kpl	8273102
Käyrä	160/45	5	kpl	8273106
Käyrä	100/90	9	kpl	8273122
Käyrä	125/90	2	kpl	8273124
Käyrä	160/90	6	kpl	8273126
T-kappale	100/100	6	kpl	8273222
T-kappale	125/125	3	kpl	8273224
T-kappale	160/125	8	kpl	8273226
Tulppa	100	5	kpl	8273462
Tulppa	125	1	kpl	8273464
Tulppa	160	1	kpl	8273467
Päätelaite poisto	KSO-100	3	kpl	8713702
Päätelaite poisto	KSO-125	2	kpl	8713704
Päätelaite tulo	KTS-100	3	kpl	8713772
Päätelaite tulo	KTS-125	1	kpl	8713774
Päätelaite tulo	STQA 100	1	kpl	8713592
saunaventtili poisto	KSO-S 100	1		8713710
saunaventtili tulo	KTS-S 100	1		8713570
saunakanava	SKA 100	1		8268205
korvausilmaventtiili	Fresh 100	1		8821082
us 200		1		8813326
poistoputki katolle		1		7813252

Talo 2 Blue Sky

nimike	koko	määrä	LVI
Poistoilmalämpöpumppu nibe 410		1 kpl	7923532
Äänenvaimennin	160	3 kpl	8323629
Kanava	100	3 m	8103322
Kanava	125	11 m	8103323
Kanava	160	21 m	8103324
Ilmanjako laatikko 5 lähtöä		2 kpl	8275005
Ilmanjako laatikko 10 lähtöä	160/10*63	2 kpl	8275003
Käyrä	160/90	13 kpl	8100098
Käyrä	125/90	4 kpl	8100096
Käyrä	160/45	2 kpl	8100128
Keskomuuntoliitin	125/100	1 kpl	8100428
Muuntoyhde	160/125	4 kpl	8100432
Blue sky putki	63	130 m	8275000
Jatkoliitin	63	8 kpl	8275001
Tiivisterengas	63	6 ps	8275002
Liitântä osa venttiilille sivulle	125	4 kpl	8275008
Liitântä osa venttiilille pohjasta	125	12 kpl	8275009
Päätelaite tulo	KTS-125	7 kpl	8713774
Päätelaite poisto	KSO-125	7 kpl	8713704
saunaventtili poisto	KSO-S 100	1 kpl	8713710
saunaventtili tulo	KTS-S 125	1 kpl	8714433
saunakanava	SKA 100	1 kpl	8268205
korvausilmaventtiili	Fresh 100	1 kpl	8821082
us 200		1 kpl	8813326
poistoputki katolle		1 kpl	7813252

Talo 2 Kierresaumakanava

nimike	koko	määrä		LVI
poistoilmalämpöpumppu nibe 410		1		7923532
Äänenvaimennin		3	kpl	8323629
Kanava	100	20	m	8103322
Kanava	125	23	m	8103323
Kanava	160	35	m	8103324
Jatkoliitin	100	3	kpl	8100674
Jatkoliitin	125	3	kpl	8100676
Jatkoliitin	160	5	kpl	8100678
Keskomuuntoliitin	125/100	1	kpl	8100428
Keskomuuntoliitin	160/125	5	kpl	8100432
Käyrä	100/45	2	kpl	8100124
Käyrä	160/45	5	kpl	8100128
Käyrä	100/90	9	kpl	8100094
Käyrä	125/90	8	kpl	8100096
Käyrä	160/90	17	kpl	8100098
T-kappale	100/100	4	kpl	8100184
T-kappale	125/125	3	kpl	8100190
T-kappale	160/100	5	kpl	8100194
T-kappale	160/125	5	kpl	8100196
Tulppa	100	4	kpl	8100644
Tulppa	125	1	kpl	8100646
Tulppa	160	2	kpl	8100648
Päätelaite poisto	KSO-100	4	kpl	8713702
Päätelaite poisto	KSO-125	3	kpl	8713704
Päätelaite tulo	KTS-100	3	kpl	8713772
Päätelaite tulo	KTS-125	1	kpl	8713774
Päätelaite tulo	STQA 100	1	kpl	8713592
Päätelaite tulo	STQA 125	2	kpl	8713593
saunaventtili poisto	KSO-S 100	1	kpl	8713710
saunaventtili tulo	KTS-S 100	1	kpl	8713570
saunakanava	SKA 100	1	kpl	8268205
korvausilmaventtiili	Fresh 100	1	kpl	8821082
us 200		1	kpl	8813326
poistoputki katolle		1	kpl	7813252

Talo 2 Muovi Uponor upovent

nimike	koko	määrä	LVI
poistoilmalämpöpumppu nibe 410		1 kpl	7923532
Äänenvaimennin		3 kpl	8323629
Kanava	100	20 m	8273002
Kanava	125	33 m	8273004
Kanava	160	35 m	8273006
Jatkoliitin	100	3 kpl	8273402
Jatkoliitin	125	3 kpl	8273404
Jatkoliitin	160	5 kpl	8273406
Keskomuuntoliitin	125/100	1 kpl	8273302
Keskomuuntoliitin	160/125	5 kpl	8273306
Käyrä	100/45	2 kpl	8273102
Käyrä	160/45	5 kpl	8273106
Käyrä	100/90	9 kpl	8273122
Käyrä	125/90	8 kpl	8273124
Käyrä	160/90	17 kpl	8273126
T-kappale	100/100	4 kpl	8273222
T-kappale	125/125	3 kpl	8273224
T-kappale	160/100	5 kpl	
T-kappale	160/125	5 kpl	8273226
Tulppa	100	4 kpl	8273462
Tulppa	125	1 kpl	8273464
Tulppa	160	2 kpl	8273467
Päätelaite poisto	KSO-100	4 kpl	8713702
Päätelaite poisto	KSO-125	3 kpl	8713704
Päätelaite tulo	KTS-100	3 kpl	8713772
Päätelaite tulo	KTS-125	1 kpl	8713774
Päätelaite tulo	STQA 100	1 kpl	8713592
Päätelaite tulo	STQA 125	2 kpl	8713593
saunaventtili poisto	KSO-S 100	1	8713710
saunaventtili tulo	KTS-S 100	1	8713570
saunakanava	SKA 100	1	8268205
korvausilmaventtiili	Fresh 100	1	8821082
us 200		1	8813326
poistoputki katolle		1	7813252

Tarjouspyyntö talo 1 Blue Sky osat

LVI-DAHL OY

* T A R J O U S *

MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU OY

PL 32
00101 HELSINKI

TALO 1 BLUE SKY OPINNÄYTE MATTI RANTANEN

Toimitustapa.: AUTOKULJETUS
Toimitusehto.: Vapaasti lähetettäjällä
Maksuehto....: 30 PVÄÄ NETTOMyyjä.....: JARI KÄRKKÄINEN
MIKKELI

PUH:0207 59 4560 FAX:020 759 4569

Sivu: 1

Tarjousnumero: 011507 2011-03-07
Voimassa: 2011-03-07 - 2011-03-07
Asiakas: 480122/000
Toimitusosoite
MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU OYPATTERISTONKATU 3
50100 MIKKELI

Rivi	Koodi	Nimike	Määrä	Yks
1	7923502	POISTOILMALÄMPÖP. NIER P470	1,0	KPL
2	8323629	ÄÄNENVAIM.KANT.KLTK-160-1000	2,0	KPL
3	8103322	KANAVA TULPATTU EKOD-3-010(3M)	3,0	M
4	8103323	KANAVA TULPATTU EKOD-3-012(3M)	6,0	M
5	8103324	KANAVA TULPATTU EKOD-3-016(3M)	12,0	M
6	8275003	BLUESKY JAKOLAATIK.10LÄH/160MM	2,0	KPL
7	8100098	KÄYRÄ BDEB/90-016	9,0	KPL
8	8100428	MUUNTOL.OSALLE BDED-1-012/010	1,0	KPL
9	8100432	MUUNTOL.OSALLE BDED-1-016/012	4,0	KPL
10	8275000	BLUESKY 75/63 PUTKI 50M VALLOX	3,0	RLI
11	8275001	BLUESKY PIKALIITIN PUTKEL.75MM	4,0	KPL
12	8275002	BLUESKY TIIVISTE 75MM 10 KPL	4,0	PAK
13	8275009	BLUESKY LIIT.OSA 125MM KATTOM.	12,0	KPL
14	8723105	TULOVENTT. DKTS 125 ALTECH	5,0	KPL
15	8723101	POISTOVENTT. DKSO 125 ALTECH	5,0	KPL
16	8713710	SAUNAVENTT. KSO-S 100	1,0	KPL
17	8714433	SAUNAVENTT.KTS-S 125 PANKLI	1,0	KPL
18	8268205	SAUNAKANAVA 100/40X140 L=2350	1,0	KPL
19	8821082	KORV.ILMAVENT. FRESH/ILU 100	1,0	KPL
20	8813326	ULKOILMASÄL. OS-AV 200	1,0	KPL
21	7813252	VILPE 074163 PUTKI-160/ER MU	1,0	KPL

Yhteensä netto ALV 0% EUR 6879,18

Tarjouspyyntö talo 1 kierresaumakanava osat

LVI-DAHL OY

* T A R J O U S *

MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU OY

PL 32
00101 HELSINKISivu: 1
Tarjousnumero: O11515 2011-03-07
Voimassa: 2011-03-07 - 2011-03-07
Asiakas: 480122/000
Toimitusosoite
MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU OYPATTERISTONKATU 3
50100 MIKKELI

TALO 1 KIERRESAUMAKANAVA OPINNÄYTE MATTI RANTANEN

Toimitustapa.: AUTOKULJETUS
Toimitusehto.: Vapaasti lähetettäjällä
Maksuehto....: 30 PVÄÄ NETTOMyyjä.....: JARI KÄRKKÄINEN
MIKKELI

** Välimyyntivarauksin **

PUH:0207 59 4560 FAX:020 759 4569

Rivi	Koodi	Nimike	Määrä	Yks
1	7923502	POISTOILMALÄMPÖP. NIBE F470	1,0	KPL
2	8323629	ÄÄNENVAIM.KANT.KLTK-160-1000	2,0	KPL
3	8103322	KANAVA TULPATTU EKOD-3-010(3M)	36,0	M
4	8103323	KANAVA TULPATTU EKOD-3-012(3M)	12,0	M
5	8103324	KANAVA TULPATTU EKOD-3-016(3M)	21,0	M
6	8100674	SISÄLIITIN BDN-1-010	4,0	KPL
7	8100676	SISÄLIITIN BDN-1-012	1,0	KPL
8	8100678	SISÄLIITIN BDN-1-016	2,0	KPL
9	8100428	MUUNTOL.OSALLE BDD-1-012/010	1,0	KPL
10	8100432	MUUNTOL.OSALLE BDD-1-016/012	5,0	KPL
11	8100124	KÄYRÄ BDEB/45-010	2,0	KPL
12	8100128	KÄYRÄ BDEB/45-016	5,0	KPL
13	8100094	KÄYRÄ BDEB/90-010	9,0	KPL
14	8100096	KÄYRÄ BDEB/90-012	2,0	KPL
15	8100098	KÄYRÄ BDEB/90-016	6,0	KPL
16	8100184	T-KAPPALE BDET-1-010/010	6,0	KPL
17	8100188	T-KAPPALE BDET-1-012/010	1,0	KPL
18	8100190	T-KAPPALE BDET-1-012/012	2,0	KPL
19	8100194	T-KAPPALE BDET-1-016/010	6,0	KPL
20	8100196	T-KAPPALE BDET-1-016/012	2,0	KPL
21	8100644	TULPPA PUTKEL BDEG-4-010	5,0	KPL
22	8100646	TULPPA PUTKEL BDEG-4-012	1,0	KPL
23	8100648	TULPPA PUTKEL BDEG-4-016	1,0	KPL
24	8723100	POISTOVENTT. DKSO 100 ALTECH	3,0	KPL
25	8723101	POISTOVENTT. DKSO 125 ALTECH	2,0	KPL
26	8723104	TULOVENTT. DKTS 100 ALTECH	3,0	KPL
27	8723105	TULOVENTT. DKTS 125 ALTECH	1,0	KPL
28	8713592	TULOILMAVENTTIILI STQA-100	1,0	KPL
29	8713710	SAUNAVENTT. KSO-S 100	1,0	KPL
30	8713570	TULOILMAVENTT. KTS-S 100	1,0	KPL
31	8268205	SAUNAKANAVA 100/40X140 L=2350	1,0	KPL
32	8821082	KORV.ILMAVENT. FRESH/ILU 100	1,0	KPL
33	8813326	ULKOILMASÄL. US-AV 200	1,0	KPL

Tarjouspyyntö talo 1 kierresaumakanava osat

Sivu: 2

* T A R J O U S *

Tarjousnumero: 011515 2011-03-07
Voimassa: 2011-03-07 - 2011-03-07
Asiakas: 480122/000

Rivi	Koodi	Nimike	Määrä	Yks
34	7813252	VILPE 074163	PUTKI-160/ER MU	1,0 KPL
Yhteensä netto ALV 0%				EUR 6275,49

Tarjouspyyntö talo 1 muovikanava osat

LVI-DAHL OY

* T A R J O U S *

MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU OY

PL 32
00101 HELSINKI

TALO 1 MUOVI UPOVENT OPINNÄYTE MATTI RANTANEN

Toimitustapa.: AUTOKULJETUS
Toimitusehto.: Vapaasti lähettäjällä
Maksuehto.....: 30 PVÄÄ NETTOMyyjä.....: JARI KÄRKKÄINEN
MIKKELI

PUH:0207 59 4560 FAX:020 759 4569

Sivu: 1

Tarjousnumero: O11522 2011-03-07
Voimassa: 2011-03-07 - 2011-03-07
Asiakas: 480122/000
Toimitusosoite
MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU OYPATTERISTONKATU 3
50100 MIKKELI

** Välimyyntivarauksin **

Rivi	Koodi	Nimike	Määrä	Yks
1	7923502	POISTOILMALÄMPÖP. NIBE F470	1,0	KPL
2	8323629	ÄÄNENVAIM.KANT.KLTK-160-1000	2,0	KPL
3	8273002	MUOVIKANAVA 100X3000 UPONOR	36,0	KPL
4	8273004	MUOVIKANAVA 125X3000 UPONOR	12,0	KPL
5	8273006	MUOVIKANAVA 160X3000 UPONOR	21,0	KPL
6	8273402	SISÄLIITIN 100 UPONOR	4,0	KPL
7	8273404	SISÄLIITIN 125 UPONOR	1,0	KPL
8	8273406	SISÄLIITIN 160 UPONOR	2,0	KPL
9	8273302	MUUNTOLIITIN 100/125 UPONOR	9,0	KPL
10	8273306	MUUNTOLIITIN 125/160 UPONOR	11,0	KPL
11	8273102	MUOVIKULMAYHDE 100X45 UPONOR	2,0	KPL
12	8273106	MUOVIKULMAYHDE 160X45 UPONOR	5,0	KPL
13	8273122	MUOVIKULMAYHDE 100X90 UPONOR	9,0	KPL
14	8273124	MUOVIKULMAYHDE 125X90 UPONOR	2,0	KPL
15	8273126	MUOVIKULMAYHDE 160X90 UPONOR	6,0	KPL
16	8273222	MUOVI T-YHDE 100/100 UPONOR	6,0	KPL
17	8273224	MUOVI T-YHDE 125/125 UPONOR	3,0	KPL
18	8273226	MUOVI T-YHDE 160/125 UPONOR	8,0	KPL
19	8273462	MUOVITULPPA 100 UPONOR	5,0	KPL
20	8273464	MUOVITULPPA 125 UPONOR	1,0	KPL
21	8273467	MUOVITULPPA 160/125 UPONOR	1,0	KPL
22	8723100	POISTOVENTT. DKSO 100 ALTECH	3,0	KPL
23	8723101	POISTOVENTT. DKSO 125 ALTECH	2,0	KPL
24	8713772	TULOILMAVENTT. KTS 100	3,0	KPL
25	8713774	TULOILMAVENTT. KTS 125	1,0	KPL
26	8713592	TULOILMAVENTTIILI STQA-100	1,0	KPL
27	8713710	SAUNAVENTT. KSO-S 100	1,0	KPL
28	8713570	TULOILMAVENTT. KTS-S 100	1,0	KPL
29	8268205	SAINAKANAVA 100/40X140 L=2350	1,0	KPL
30	8821082	KORV. ILMAVENT. FRESH/ILU 100	1,0	KPL
31	8813326	ULKOILMASÄL. US-AV 200	1,0	KPL
32	7813252	VILPE 074163 PUTKI-160/ER MU	1,0	KPL

Yhteensä netto ALV 0% EUR 7525,93

LVI-DAHL OY Sivu: 1

 * T A R J O U S *

Tarjousnumero: 012187 2011-03-15
 Voimassa: 2011-03-15 - 2011-03-15
 Asiakas: 480122/000
 Toimitusosoite
 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU OY

MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU OY
 PL 32 PATTERISTONKATU 3
 00101 HELSINKI 50100 MIKKELI

TALO 2 BLUE SKY OPINNÄYTE MATTI RANTANEN

Toimitustapa.: AUTOKULJETUS
 Toimitusehto.: Vapaaasti lähettäjällä
 Maksuehto....: 30 PVÄÄ NETTO

Myyjä.....: JARI KÄRKKÄINEN ** Välimyyntivarauksin **
 MIKKELI
 PUH:0207 59 4560 FAX:020 759 4569

Rivi	Koodi	Nimike	Määrä	Yks
1	7923502	POISTOILMALÄMPÖP. NIBE P470	1,0	KPL
2	8323629	ÄÄNENVAIM. KANT. KLTK-160-1000	3,0	KPL
3	8103322	KANAVA TULPATTU EKOD-3-010(3M)	3,0	M
4	8103323	KANAVA TULPATTU EKOD-3-012(3M)	12,0	M
5	8103324	KANAVA TULPATTU EKOD-3-016(3M)	21,0	M
6	8275003	BLUESKY JAKOLAATIK.10LÄH/160MM	2,0	KPL
7	8275005	BLUESKY JAKOLAATIK. 6LÄH/125MM	2,0	KPL
8	8100098	KÄYRÄ BDEB/90-016	13,0	KPL
9	8100096	KÄYRÄ BDEB/90-012	4,0	KPL
10	8100128	KÄYRÄ BDEB/45-016	2,0	KPL
11	8100428	MUUNTOL.OSALLE BDED-1-012/010	1,0	KPL
12	8100432	MUUNTOL.OSALLE BDED-1-016/012	4,0	KPL
13	8275000	BLUESKY 75/63 PUTKI 50M VALLOX	3,0	RL
14	8275001	BLUESKY PIKALIITIN PUTKEL.75MM	8,0	KPL
15	8275002	BLUESKY TIIVISTE 75MM 10 KPL	6,0	PAK
16	8275008	BLUESKY LIIT.OSA 125MM SEINÄM.	4,0	KPL
17	8275009	BLUESKY LIIT.OSA 125MM KATTOM.	12,0	KPL
18	8723105	TULOVENTT. DKTS 125 ALTECH	7,0	KPL
19	8723101	POISTOVENTT. DKSO 125 ALTECH	7,0	KPL
20	8713710	SAUNAVENTT. KSO-S 100	1,0	KPL
21	8714433	SAUNAVENTT.KTS-S 125 PANELI	1,0	KPL
22	8268205	SAUNAKANAVA 100/40X140 L-2350	1,0	KPL
23	8821082	KORV.ILMAVENT. FRESH/ILU 100	1,0	KPL
24	8813326	ULKOILMASÄL. US-AV 200	1,0	KPL
25	7813252	VILPE 074163 PUTKI-160/ER MU	1,0	KPL

Yhteensä netto ALV 0% EUR 7826,75

Tarjouspyyntö talo 2 kierresaumakanava osat

LVI-DAHL OY Sivu: 1

 * T A R J O U S *

Tarjousnumero: 012181 2011-03-15
 Voimassa: 2011-03-15 - 2011-03-15
 Asiakas: 480122/000
 Toimitusosoite
 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU OY

MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU OY
 PATERISTONKATU 3
 50100 MIKKELI

PL 32
 00101 HELSINKI

TALO 2 KIERRESAUMAKANAVA OPINNÄYTE MATTI RANTANEN

Toimitustapa.: AUTOKULJETUS
 Toimitusehto.: Vapaasti lähettäjällä
 Maksuehto.....: 30 PVÄÄ NETTO

Myyjä.....: JARI KÄRKKÄINEN ** Välimyyntivarauxsin **
 MIKKELI
 PUH:0207 59 4560 FAX:020 759 4569

Rivi	Koodi	Nimike	Määrä	Yks
1	7923502	POISTOILMALÄMPÖP. NIBE P470	1,0	KPL
2	8323629	ÄÄNENVAIM.KANT.KLTK-160-1000	3,0	KPL
3	8103322	KANAVA TULPATTU EKOD-3-010(3M)	21,0	M
4	8103323	KANAVA TULPATTU EKOD-3-012(3M)	33,0	M
5	8103324	KANAVA TULPATTU EKOD-3-016(3M)	36,0	M
6	8100674	SISÄLIITIN BDEN-1-010	3,0	KPL
7	8100676	SISÄLIITIN BDEN-1-012	3,0	KPL
8	8100678	SISÄLIITIN BDEN-1-016	5,0	KPL
9	8100428	MUUNTOL.OSALLE BDED-1-012/010	1,0	KPL
10	8100432	MUUNTOL.OSALLE BDED-1-016/012	5,0	KPL
11	8100124	KÄYRÄ BDEB/45-010	2,0	KPL
12	8100128	KÄYRÄ BDEB/45-016	5,0	KPL
13	8100094	KÄYRÄ BDEB/90-010	9,0	KPL
14	8100096	KÄYRÄ BDEB/90-012	8,0	KPL
15	8100098	KÄYRÄ BDEB/90-016	17,0	KPL
16	8100184	T-KAPPALE BDET-1-010/010	4,0	KPL
17	8100190	T-KAPPALE BDET-1-012/012	3,0	KPL
18	8100194	T-KAPPALE BDET-1-016/010	5,0	KPL
19	8100196	T-KAPPALE BDET-1-016/012	5,0	KPL
20	8100644	TULPPA PUTKEL BDEG-4-010	4,0	KPL
21	8100646	TULPPA PUTKEL BDEG-4-012	1,0	KPL
22	8100648	TULPPA PUTKEL BDEG-4-016	2,0	KPL
23	8723100	POISTOVENTT. DKSO 100 ALTECH	4,0	KPL
24	8723101	POISTOVENTT. DKSO 125 ALTECH	3,0	KPL
25	8723104	TULOVENTT. DKTS 100 ALTECH	3,0	KPL
26	8723105	TULOVENTT. DKTS 125 ALTECH	1,0	KPL
27	8713592	TULOILMAVENTTIILI STQA-100	1,0	KPL
28	8713593	TULOILMAVENTTIILI STQA-125	2,0	KPL
29	8713710	SAUNAVENTT. KSO-S 100	1,0	KPL
30	8713570	TULOILMAVENTT. KTS-S 100	1,0	KPL
31	8268205	SAUNAKANAVA 100/40X140 L-2350	1,0	KPL
32	8821082	KORV.ILMAVENT. PRESH/ILU 100	1,0	KPL
33	8813326	ULKOILMASÄL. US-AV 200	1,0	KPL

Tarjouspyyntö talo 2 kierresaumakanava osat

* T A R J O U S *

Sivu: 2
Tarjousnumero: 012181 2011-03-15
Voimassa: 2011-03-15 - 2011-03-15
Asiakas: 480122/000

Rivi	Koodi	Nimike	Määrä	Yks
34	7813252	VILPE 074163	PUTKI-160/ER MU	1,0 KPL

Yhteensä netto ALV 0% EUR 6878,78

Tarjouspyyntö talo 2 muovikanava osa

LVI-DAHL OY

* T A R J O U S *

MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU OY

PL 32
00101 HELSINKI

Sivu: 1

Tarjousnumero: O12185 2011-03-15
Voimassa: 2011-03-15 - 2011-03-15
Asiakas: 480122/000
Toimitusosoite
MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU OYPATTERISTONKATU 3
50100 MIKKELI

TALO 2 MUOVI UPOVENT OPINNÄYTE MATTI RANTANEN

Toimitustapa.: AUTOKULJETUS
Toimitusehto.: Vapaasti lähettäjällä
Maksuehto.....: 30 PVÄÄ NETTOMyyjä.....: JARI KÄRKKÄINEN
MIKKELI

** Välimyyntivarauksin **

PUH:0207 59 4560 FAX:020 759 4569

Rivi	Koodi	Nimike	Määrä	Yks
1	7923502	POISTOILMALÄMPÖP. NIBE P470	1,0	KPL
2	8323629	ÄÄNENVAIM.KANT.KLTK-160-1000	3,0	KPL
3	8273002	MUOVIKANAVA 100X3000 UPONOR	21,0	KPL
4	8273004	MUOVIKANAVA 125X3000 UPONOR	33,0	KPL
5	8273006	MUOVIKANAVA 160X3000 UPONOR	36,0	KPL
6	8273402	SISÄLIITIN 100 UPONOR	3,0	KPL
7	8273404	SISÄLIITIN 125 UPONOR	3,0	KPL
8	8273406	SISÄLIITIN 160 UPONOR	5,0	KPL
9	8273302	MUUNTOLIITIN 100/125 UPONOR	1,0	KPL
10	8273306	MUUNTOLIITIN 125/160 UPONOR	5,0	KPL
11	8273102	MUOVIKULMAYHDE 100X45 UPONOR	2,0	KPL
12	8273106	MUOVIKULMAYHDE 160X45 UPONOR	5,0	KPL
13	8273122	MUOVIKULMAYHDE 100X90 UPONOR	9,0	KPL
14	8273124	MUOVIKULMAYHDE 125X90 UPONOR	8,0	KPL
15	8273126	MUOVIKULMAYHDE 160X90 UPONOR	17,0	KPL
16	8273222	MUOVI T-YHDE 100/100 UPONOR	4,0	KPL
17	8273224	MUOVI T-YHDE 125/125 UPONOR	3,0	KPL
18	8273225	MUOVI T-YHDE 160/100 UPONOR	5,0	KPL
19	8273226	MUOVI T-YHDE 160/125 UPONOR	5,0	KPL
20	8273462	MUOVITULPPA 100 UPONOR	4,0	KPL
21	8273464	MUOVITULPPA 125 UPONOR	1,0	KPL
22	8273467	MUOVITULPPA 160/125 UPONOR	2,0	KPL
23	8723100	POISTOVENTT. DKSO 100 ALTECH	4,0	KPL
24	8723101	POISTOVENTT. DKSO 125 ALTECH	3,0	KPL
25	8723104	TULOVENTT. DKTS 100 ALTECH	3,0	KPL
26	8723105	TULOVENTT. DKTS 125 ALTECH	1,0	KPL
27	8713592	TULOILMAVENTTIILI STQA-100	1,0	KPL
28	8713593	TULOILMAVENTTIILI STQA-125	2,0	KPL
29	8713710	SAUNAVENTT. KSO-S 100	1,0	KPL
30	8713570	TULOILMAVENTT. KTS-S 100	1,0	KPL
31	8268205	SAUNAKANAVA 100/40X140 L=2350	1,0	KPL
32	8821082	KORV.IILMAVENT. FRESH/ILU 100	1,0	KPL
33	8813326	ULKOILMASÄL. US-AV 200	1,0	KPL

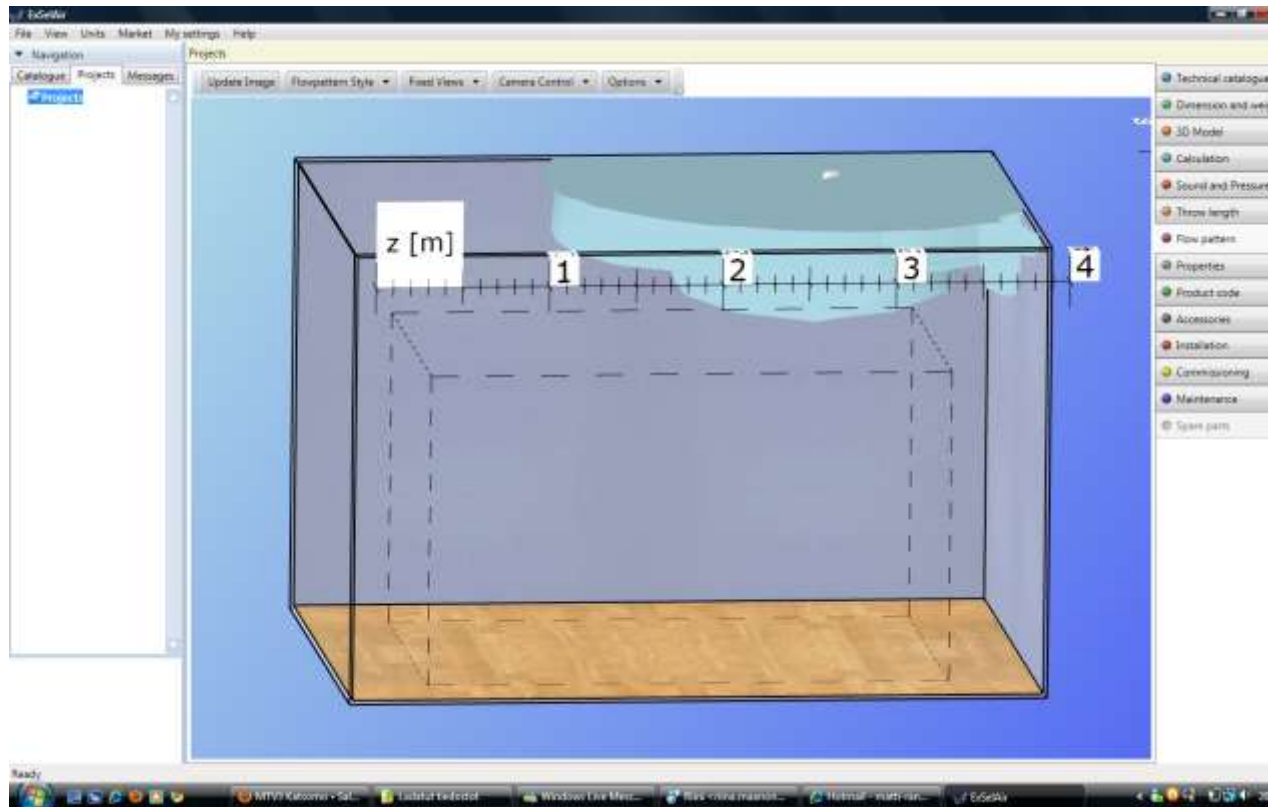
Tarjouspyyntö talo 2 muovikanava osa

* T A R J O U S *

Sivu: 2
Tarjousnumero: 012185 2011-03-15
Voimassa: 2011-03-15 - 2011-03-15
Asiakas: 480122/000

Rivi	Koodi	Nimike	Määrä	Yks
34	7813252	VILPE 074163	PUTKI-160/ER MU	1,0 KPL

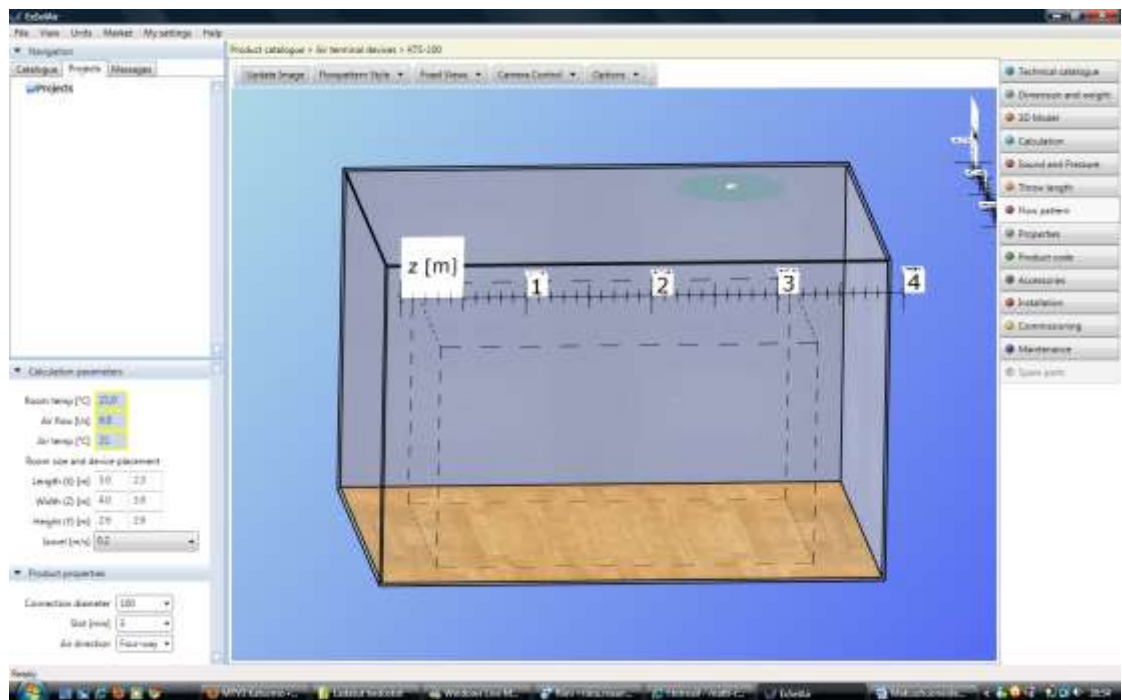
Yhteensä netto ALV 0% EUR 8490,83



Makuuhuone 3m*4m

KTS 125 sijoitettu 0,7m seinästä 1 m seinästä

tuloilmavirta +12 l/s heittoisuus 1,7m ääni alle 20db



Makuuhuone 3m*4m

KTS 100 sijoitettu 0,7m seinästä 1 m seinästä

tuloilmavirta +6 l/s heitto pituus 0,5 m ääni alle 20db

Tarjouspyyntö talo 1 asennusaika

Lähete: TA2010153-0

ENTOS Optimisäättö Oy
Nikkarinkuja 2
50180 Mikkeli

Lähetyspäivä: 24.03.2011
 Toimitustapa: Toimitetaan kohteeseen
 Toimitusahto: Vapaasti varastosta
 Viiteemme: Opinnäytetyö laskentaa
 Viiteenne:

Tilaja
Matti Rantanen

Toimitusosoite
Matti Rantanen

Puhelin: 050 3008797
 Faksi:

Puhelin: 050 3008797
 Faksi:

Rivi	Tuotenumero	Tuote	Täyttö	Jakot	Toimitettu	Ale 1%	Alv 0 %	a-hinta Alv 0 %	Yht Alv 0 %
1	Talo 1	1 keros	1 kpl		1 kpl Netto	23		0,00	0,00
2	Bluesky		1 kpl		1 kpl Netto	23		0,00	0,00
3	EP-TUNTI	Esko Pekkala Huoltotunti	20 t		1 t Netto	23		41,00	41,00
4	LK-TUNTI	Leo Koivumaa Huoltotunti	20 t		1 t Netto	23		42,00	42,00
5			1 kpl		1 kpl Netto	23		0,00	0,00
6	Muovikanava		1 kpl		1 kpl Netto	23		0,00	0,00
7	EP-TUNTI	Esko Pekkala Huoltotunti	27.5 t		1 t Netto	23		41,00	41,00
8	LK-TUNTI	Leo Koivumaa Huoltotunti	27.5 t		1 t Netto	23		42,00	42,00
9			1 kpl		1 kpl Netto	23		0,00	0,00
10	Kierresauma		1 kpl		1 kpl Netto	23		0,00	0,00
11	EP-TUNTI	Esko Pekkala Huoltotunti	34 t		1 t Netto	23		41,00	41,00
12	LK-TUNTI	Leo Koivumaa Huoltotunti	34 t		1 t Netto	23		42,00	42,00
Yhteensä veroton EUR:								6784,50	
Alv EUR:								1555,83	
Yhteensä verollinen EUR:								8320,33	

Yhteensä 12 riviä

Osoite	Puhelin/Faksi	Emaili/Internet	Y-luotto	Kotipaikka
ENTOS Optimisäättö Oy Nikkarinkuja 2 50180 Mikkeli	015-321 760 015-362 336	ita-suomen@optimi-saato.fi	0660613-0	Mikkeli

Tarjouspyyntö talo 2 asennusaika

ENTOS Optimisäättö Oy sunoptimi Nikkarinkuja 2 50180 Mikkeli Finland		Tarjous: TA2010154-1				
Tilaja Matti Rantanen		Toimitusosoite Matti Rantanen				
Puhelin: 050 3008797 Faksi:		Puhelin: 050 3008797 Faksi:				
Rivi	Tuotenumero	Tuote	Tarjottu	a-hinta Aiv 0 %	Aiv %	Yht Aiv 23 %
1	Talo 2	Ikkenos + 2 kentos	1 kpl	0,00	23	0,00
2	Bluesky		1 kpl	0,00	23	0,00
3	EP-TUNTI	Esko Peikkala Huoltotunti	37,5 t	41,00	23	1891,13
4	LK-TUNTI	Leo Koivumaa Huoltotunti	37,5 t	42,00	23	1937,25
5	-----		1 kpl	0,00	23	0,00
6	muovikanava		1 kpl	0,00	23	0,00
7	EP-TUNTI	Esko Peikkala Huoltotunti	50 t	41,00	23	2521,50
8	LK-TUNTI	Leo Koivumaa Huoltotunti	50 t	42,00	23	2583,00
9	-----		1 kpl	0,00	23	0,00
10	keresuumakanava		1 kpl	0,00	23	0,00
11	EP-TUNTI	Esko Peikkala Huoltotunti	55 t	41,00	23	2773,65
12	LK-TUNTI	Leo Koivumaa Huoltotunti	55 t	42,00	23	2841,30

Välurita EUR:

Kiitämme tarjouskyselystänne, tarjoamme laitteistot luetellun mukaisesti.
Hinnat sisältävät aiv 23%
toimitus: sopimuksen mukaisesti.

TARJOUKSEMME SISÄLTYY:

Ilmanvaihtokanavien asennus, 2 Asentajaa - Ajoista veloitetaan erikseen

TARJOUKSEMME ULKOPOULELLE JÄÄ:

Sähkötyöt tarvittaessa koneella. Läpivientien teko, Kanavien kotelointi

OLETUS

Tuotteet toimitettu työmaalle, IV-kone asennettu (toimintakunnossa), Puhallusvilla ei vielä toimitettu,

Osoite ENTOS Optimisäättö Oy Nikkarinkuja 2 50180 Mikkeli	Puhelin/Faksi 015-321 760 015-382 336	Email/Internet ita-suomen@optimi-saato.fi	Y-tunnus 0668613-8	Kotipaikka Mikkeli
--	---	--	-----------------------	-----------------------

