



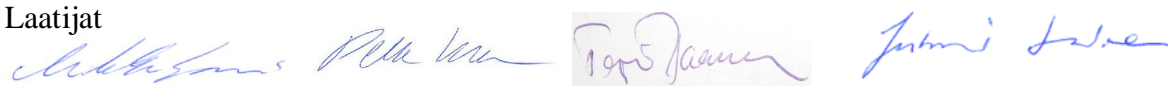
Ilmanvaihtolämmityksen ja -viilennyksen mallisuunnitelma

Kirjoittajat

Mikko Saari, Petri Kukkonen, Tapio Paananen & Juhani Laine

Tilaja

Rakennustuoteteollisuus RTT ry

Raportin nimi Ilmanvaihtolämmityksen ja -viilennyksen mallisuunnitelma	
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot Rakennustuoteteollisuus RTT ry Seppo Petrow, Unioninkatu 14, 00130 Helsinki Puh. 0500 422 652	Asiakkaan viitteet
Projektin nimi Ilmanvaihtolämmityksen ja -viilennyksen mallisuunnitelma	Projektin numero/lyhytnimi
Raportin laatija(t) Mikko Saari, Petri Kukkonen, Tapio Paananen ja Juhani Laine	Sivujen/liitesivujen lukumäärä 45/-
Avainsanat Ilmanvaihto, lämmitys, lämpötila, matalaenergiatalo, harkko, betoni, kevytsora, energiatehokkuus, sisäilmasto	Raportin numero VTT-S-10522-10
Tiivistelmä <p>Tässä raportissa esitetään energiatehokkaan pientalon ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän mallisuunnitelma. LVI-, sähkö- ja automaatio suunnittelija voivat käyttää mallisuunnitelmaa apuna todellisissa suunnittelukohteissa. Tämä raportti täydentää tutkimusraporttia Passiivienergiatalo harkoista – LVI-tekniikan ratkaisumallit ja suunnitteluohje (VTT-R-08496-09).</p> <p>Pientalon ilmanvaihtolämmityksessä koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmää käytetään ilmanvaihdon lisäksi huonelämpötilan hallintaan. Lämmityskaudella huoneeseen puhallettava tuloilma on huoneilmaa lämpimämpää. Välikaudella huonelämpötila pysyy yleensä sopivana ilman lämmitystä esimerkiksi ihmisistä ja sähkölaitteista vapautuvan lämmön vaikutuksesta. Tällöin tuloilmaa ei lämmitetä ostoenergialla vaan ainoastaan poistoilmasta talteenotetulla lämmöllä. Keväästä syksyyn tuloilmaa enimmäkseen viilennetään huonelämpötilan nousun hillitsemiseksi. Viilennys tapahtuu yksinkertaisesti puhaltamalla sisään huoneilmaa viileämpää tuloilmaa tarvittaessa säätämällä lämmöntalteenottoa ja hyödyntämällä ulkoilman viileys. Maan viileyttä voidaan hyödyntää tuloilman viilennyksessä. Maan lämpöä voidaan hyödyntää pakkasella lämmöntalteenoton jäätyminen estossa esilämmittämällä ulkoilmavirtaa.</p>	
Luottamuksellisuus	julkinen
Espoo 23.12.2010 Laatijat  Mikko Saari, Petri Kukkonen, Tapio Paananen, Juhani Laine, tutkija tutkija teknikko asiantuntija	
VTT Expert Services Oy:n yhteystiedot Mikko Saari mikko.saari@vtt.fi Puh. 020 722 4757	
PL 1001, 02044 VTT (Tekniikantie 2, Espoo)	
Jakelu (asiakkaat ja VTT) tilaaja 1 kpl ja sähköinen kopio 1 kpl, VTT Expert Services Oy:n arkisto 1 kpl	
VTT Expert Services Oy:n tai VTT:n nimen käyttäminen missään muussa muodossa mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT Expert Services Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.	

Alkusanat

Tässä raportissa esitetään energiatehokkaan pientalon ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän mallisuunnitelma. LVI-, sähkö- ja automaatio suunnittelijat voivat käyttää mallisuunnitelmaa apuna todellisissa suunnittelukohteissa. Tämä raportti täydentää tutkimusraporttia Passiivienergiatalo harkoista – LVI-tekniikan ratkaisumallit ja suunnitteluohje (VTT-R-08496-09).

Työn tilaaja oli Seppo Petrow Rakennustuoteteollisuus RTT ry:stä. Betonikeskus ry:n harkkovaliokunnasta LVI-suunnitteluohjetyöryhmään kuuluivat lisäksi Mikko Pöysti, Rauno Granqvist, Jan-Erik Järventie, Eero Kaskela ja Tuomo Sahlstén.

Raportin ovat laatineet tutkijat Mikko Saari ja Petri Kukkonen sekä teknikko Tapio Paananen VTT Expert Services Oy:stä. Lisäksi mukana oli asiantuntijana Juhani Laine.

Kiitämme tilaajaa hyvästä yhteistyöstä energiatehokkaiden harkkorakenteisten pientalojen talotekniikan ohjeistuksen kehittämisessä.

Espoo 23.12.2010

Tekijät

Sisällysluettelo

Alkusanat.....	2
1 Johdanto.....	4
2 Tavoite.....	4
3 Ilmanvaihtolämmityksen ja -viilennyksen kuvaus.....	5
3.1 Yleistä	5
3.2 Lämmitys- ja viilennystarve	5
3.3 Sisäilmaston hallinta	6
3.4 Ilmanvaihtolämmityksen ja –viilennyksen toiminta	7
4 Ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän suunnittelu.....	8
4.1 Ilmavirtojen hallinta	8
4.2 Lämmitys- ja viilennysteho	9
4.3 Ilmakanaviston suunnittelu ja mitoitus.....	12
4.4 Päätelaitteet	13
4.5 Ilmakanaviston eristykset	15
4.6 Äänenvaimennus	16
4.7 Ilmanvaihtolämmityskone.....	18
4.8 Keittiön ilmanvaihto.....	19
4.9 Saunan ilmanvaihto	20
4.10 Autotallin ilmanvaihto	21
4.11 Radonin poisto	21
5 Ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän mallisuunnitelmat	22
5.1 Suunnittelun kuvaus.....	22
5.2 1-kerroksinen RET-pientalo	23
5.2.1 Ilmavirtojen mitoitus	25
5.2.2 Lämmitystehontarpeet ja energiankulutus.....	26
5.2.3 Ilmanvaihtolämmityksen mallipiirustus, vaihtoehto 1.....	28
5.2.4 Ilmanvaihtolämmityksen mallipiirustus, vaihtoehto 2.....	31
5.3 2-kerroksinen Kuunliija-pientalo	33
5.3.1 Ilmavirtojen mitoitus	36
5.3.2 Lämmitystehontarpeet ja energiankulutus.....	37
5.3.3 Ilmanvaihtolämmityksen mallipiirustus, vaihtoehto 1.....	39
5.3.4 Ilmanvaihtolämmityksen mallipiirustus, vaihtoehto 2.....	42
Lähdeviitteet	45

1 Johdanto

Rakennusten energiatalouden parantaminen on sekä yksityisten ihmisten että kansantalouden kannalta erittäin tärkeää, sillä rakennusten käytön ja rakentamisen osuus Euroopan unionin energiankulutuksesta on yli 40 prosenttia. Se on suurempi kuin esimerkiksi liikenteen käyttämä energia. Noin 90 - 95 prosenttia rakennusten energiankulutuksesta tapahtuu käytön aikana ja rakentamisen osuus on alle kymmenen prosenttia.

Rakennusten energiatehokkuuden parantaminen on tärkeä osa ilmastotalkoita. Suomi toteuttaa kansallisella ilmastostrategialla kasvihuonekaasujen vähentämistavoitteet. Kioton sopimus edellyttää, että vuosien 2008 - 2012 keskimääräiset kasvihuonekaasupäästöt rajoitetaan vuoden 1990 tasolle. EU:n energiansäästön toimenpideohjelmassa on 20 % energiansäästötavoite vuonna 2020. Energiapalveludirektiivissä on 9 % energiansäästötavoite vuonna 2016 vuosien 2001 - 2005 kulutustasosta. Uusiutuvien energianlähteiden osuutta on lisättävä EU-tasolla keskimäärin 20 %:iin vuoteen 2020 mennessä. Suomessa uusiutuvien energialähteiden osuus on 25 % vuonna 2008. Suomelle on esitetty uusiutuvien energialähteiden osuuden tavoitteeksi 38 %. **EU:n ohjelmassa erittäin energiatehokkaiden talojen rakentamisen edistäminen on yksi keskeinen tavoite. EU:ssa on kaavailtu, että vuosien 2015 – 2020 jälkeen kaikki uudisrakentaminen on erittäin energiatehokasta, lähes nollaenergia-tasoa.**

Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen pyritään kiristyvillä rakennusten energiamääräyksillä. Vuoden 2010 alussa energiankulutusta vähennettiin noin 30 %. Vuoden 2012 energiamääräyksillä energiankulutusta on kaavailtu edelleen vähennettäväksi noin 20 %. Tällöin myös talotekniikkajärjestelmien energiatehokkuuteen tullaan kiinnittämään aikaisempaa enemmän huomiota.

2 Tavoite

Tässä raportissa esitetään energiatehokkaan pientalon ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän mallisuunnitelma. Raportin tavoitteena on helpottaa LVI- ja sähkösuunnittelijaa ilmanvaihtolämmitysjärjestelmien suunnittelussa. Ilmanvaihtolämmitys edellyttää pientalolta yleensä vähintään matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötaasovaatimuksen täyttämistä, joka on määritelty rakentamismääräyskokoelman (RakMk) osassa D3/2010.

Pientalon ilmanvaihtolämmitysjärjestelmä mitoitettiin neljälle lämmöneristystasolle (taulukko 1):

1. RakMk 2010 lämpöhäviövaatimusten mukainen pientalo
2. RakMk 2012 energiavaatimusten mukainen pientalo, jonka harkkorakenteisen ulkoseinän U-arvo on 0,17 W/m²K
3. RakMk 2012 energiavaatimusten mukainen pientalo, jonka harkkorakenteisen ulkoseinän U-arvo on 0,14 W/m²K
4. RakMk 2012 energiavaatimusten mukainen pientalo, jonka harkkorakenteisen ulkoseinän U-arvo on 0,12 W/m²K

Taulukko 1. Pientalon lämmöneristystasojen kuvaus ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän mitoitusta varten. Lämmöneristystasot on määritelty niin, että RakMk 2012 mukaisen talon energiankulutustaso (ET-luku) on vähintään 20 % pienempi kuin RakMk 2010 mukaisen talon energiankulutus.

	Yksikkö	RakMk 2010	RakMk 2012 US=0,17	RakMk 2012 US=0,14	RakMk 2012 US=0,12
Rakennusosien U-arvot:					
Ulkoseinä	W/m ² K	0,17	0,17	0,14	0,12
Yläpohja	W/m ² K	0,090	0,07	0,07	0,07
Alapohja, maanvastainen	W/m ² K	0,16	0,10	0,10	0,10
Ikkunat	W/m ² K	1,0	0,85	0,85	0,85
Ulko-ovet	W/m ² K	1,0	0,50	0,50	0,50
Vaipan ilmanvuotoluku, n ₅₀	1/h, m ³ /h/m ³	2,0	0,6	0,6	0,6
Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde	%	45	70	70	70
Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho	kW/(m ³ /s)	2,5	1,5	1,5	1,5
Lämpimän käyttöveden varaajan lämpöhäviöteho	W	150	75	75	75

3 Ilmanvaihtolämmityksen ja -viilennyksen kuvaus

3.1 Yleistä

Energiatehokkaan talon suunnittelussa tulee edetä siten, että rakennus talotekniikkajärjestelmien suunnitellaan kokonaisuutena. **Taloteknisten järjestelmien osat ja reititysmallit pitää olla tiedossa jo ennen arkkitehtisuunnittelua. Arkkitehti suunnittelee jo esisuunnitteluvaiheessa talotekniikan kannalta edullisen huonejärjestyksen sekä talotekniikan tarvitsemat tilat ja reititykset.** Tällöin talotekniikan huolto- ja korjaustoimenpiteet sekä uusiminen voidaan tehdä helposti ja kustannustehokkaasti. Rakennus- ja talotekniikan yhteensovitus ja niiden yhteispelin hallinta energiatehokkaan talon toteutuksessa auttaa yksinkertaiseen, toimivaan ja edulliseen lopputulokseen pääsemisessä.

3.2 Lämmitys- ja viilennystarve

Energiatehokkaan talon talotekniikan suunnittelun lähtökohtana on minimoidut lämmitys- ja viilennystarpeet. Talotekniikkajärjestelmät pitää suunnitella ja mitoittaa vastaamaan todellista pientä tehon- ja energiantarvetta.

Järjestelmien lämpöhäviöt pitää minimoida, koska lämpöhäviöt lisäävät merkittävästi lämmitysenergiankulutusta ja lisäävät viilennystarvetta.

Suunnittelussa pitää varmistaa, että talotekniikkajärjestelmät toimivat pienillä lämmitys- ja viilennystehoilla vaihtelevissa olosuhteissa hyvin ja tuhlaamatta energiaa tarpeettomasti. Lämpökuormien hyödyntäminen ja torjunta edellyttävät rakenteiden ja talotekniikan yhteistoiminnan nykyistä parempaa hallintaa. **Energiatehokkaan talon lämmitys- ja viilennystarpeiden minimoointia ei voi korvata esimerkiksi uusiutuvien energiamuotojen käytöllä.**

Energiatehokkaan talon lämmitystarve on minimoitu rakenteellisin keinoin, kuten tavanomaista paremmalla ulkoseinien, yläpohjan, alapohjan, ovien ja ikkunoiden lämmöneristyksellä ja rakennuksen ilmanpitävyydellä sekä tehokkaalla ilmanvaihdon lämmöntalteenotolla. **Lämmitykseen hyödynnetään ensisijaisesti sähköä käyttävistä laitteista syntyvää lämpöä, joka on jo kertaalleen käytettyä energiaa.** Näin talo lämpiää suurimman osan vuotta kahteen kertaan käytettävällä sähköllä. Pakkasilla ilmanvaihdon tuloilman lämmittäminen pienellä teholla riittää ylläpitämään sopivaa lämpötilaa huoneissa.

Energiatehokkaan talon viilennystarve on minimoitu rakenteellisin keinoin, kuten tavanomaista paremmalla rakennuksen ulkovaipan lämmöneristyksellä ja ilmanpitävyydellä. Näin estetään rakenteisiin varastoituvan lämmön tulo sisälle. Lisäksi suoran auringonpaisteen sisääntuloa ikkunoista on rajoitettu ikkunoiden kohtuullisella koolla ja auringonsuojalaseilla sekä rakenteellisella auringonsuojauksella. Ensisijaisia keinoja ovat reilunkokoiset räystäät ja ikkunaa varjostavat parvekkeet. Usein tarvitaan myös ulkopuolisia sälerakenteita, lippoja, markiiseja ja sälekaihtimia. **Ilmanvaihto hyödyntää viilennykseen ensisijaisesti sisäilmaa viileämpää ulkoilmaa, joka yleensä riittää pitämään energiatehokkaan talon lämpötilan miellyttävänä.** Helleilman sisääntulo ilmanvaihdon kautta estetään käyttämällä ilmanvaihdon lämmöntalteenottolaitetta kylmäntalteenottoon, kun sisällä on viileämpää kuin ulkona.

3.3 Sisäilmaston hallinta

Energiatehokkaassa talossa ilmanvaihdon tuloilman lämpötilaa ja ilmavirtoja pitää pystyä säätämään huoneiden lämmitys- ja viilennystarpeiden mukaan. Tällaista järjestelmää kutsutaan ilmanvaihtolämmitykseksi.

Ilmanvaihtolämmitys sisältää ilmanvaihdon lisäksi huonelämpötilan hallintajärjestelmän. Ilmanvaihtolämmityksessä lämpötilan säätö perustuu suurimman osan vuotta lämmöntalteenottolaitteella tapahtuvaan tuloilman lämpötilan säätöön huonelämpötilan perusteella. Kovilla pakkasilla tarvittava lisälämpö voidaan tuottaa tuloilmaa lämmittämällä tai käyttämällä jotain muuta lisälämmitintä.

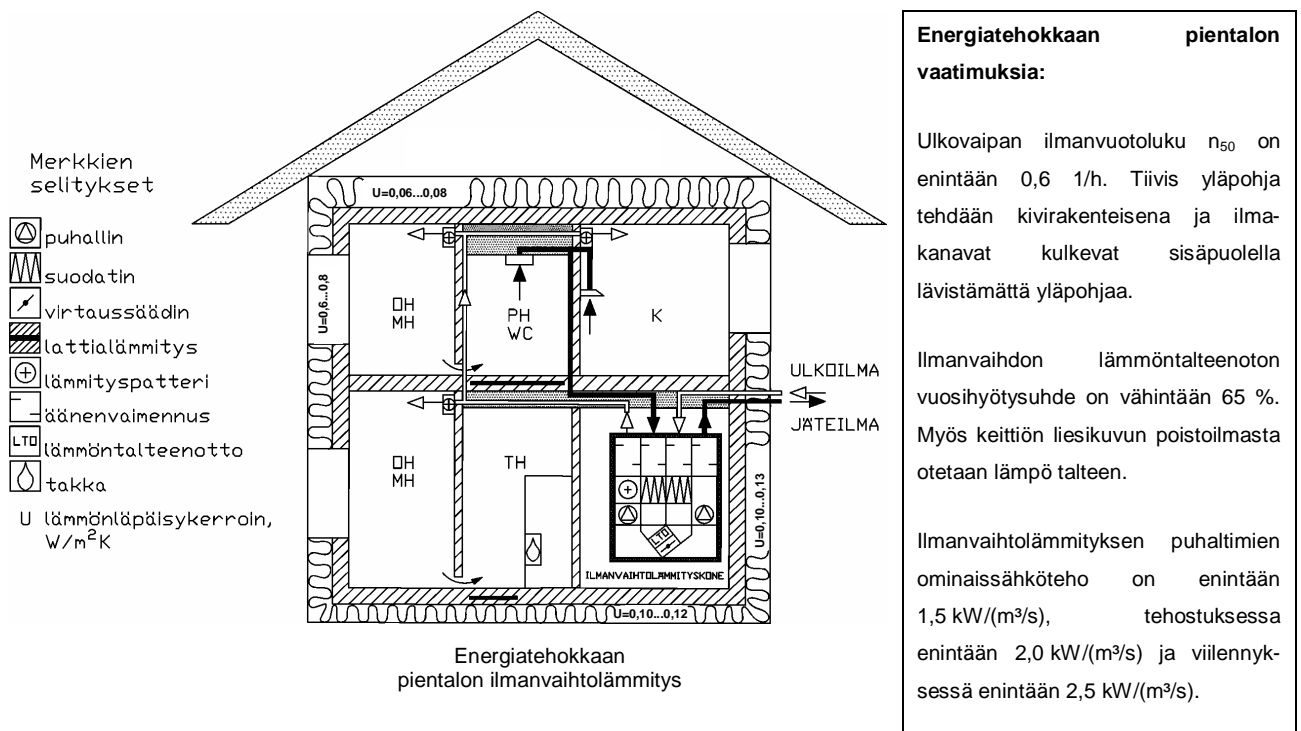
Ilmanvaihtolämmityksessä ilmavirtoja säädetään sisäilman laadun ja huonelämpötilan mukaan. Tähän tarvitaan laajalla ilmavirta-alueella toimiva muuttuvailmavirtainen järjestelmä. Ilmavirta-alueen yläraja ei määräydy sisäilman laadun perusteella vaan viilennystarpeen mukaan. Lämmitykseen ei tarvita suurempaa ilmavirtaa kuin mitä hyvän sisäilman laatu edellyttää. Myöskään

kierrätysilman käyttöä ei tarvita, kuten perinteisessä ilmalämmityksessä. Käyttäjä voi tarpeen mukaan tehostaa ilmanvaihtoa.

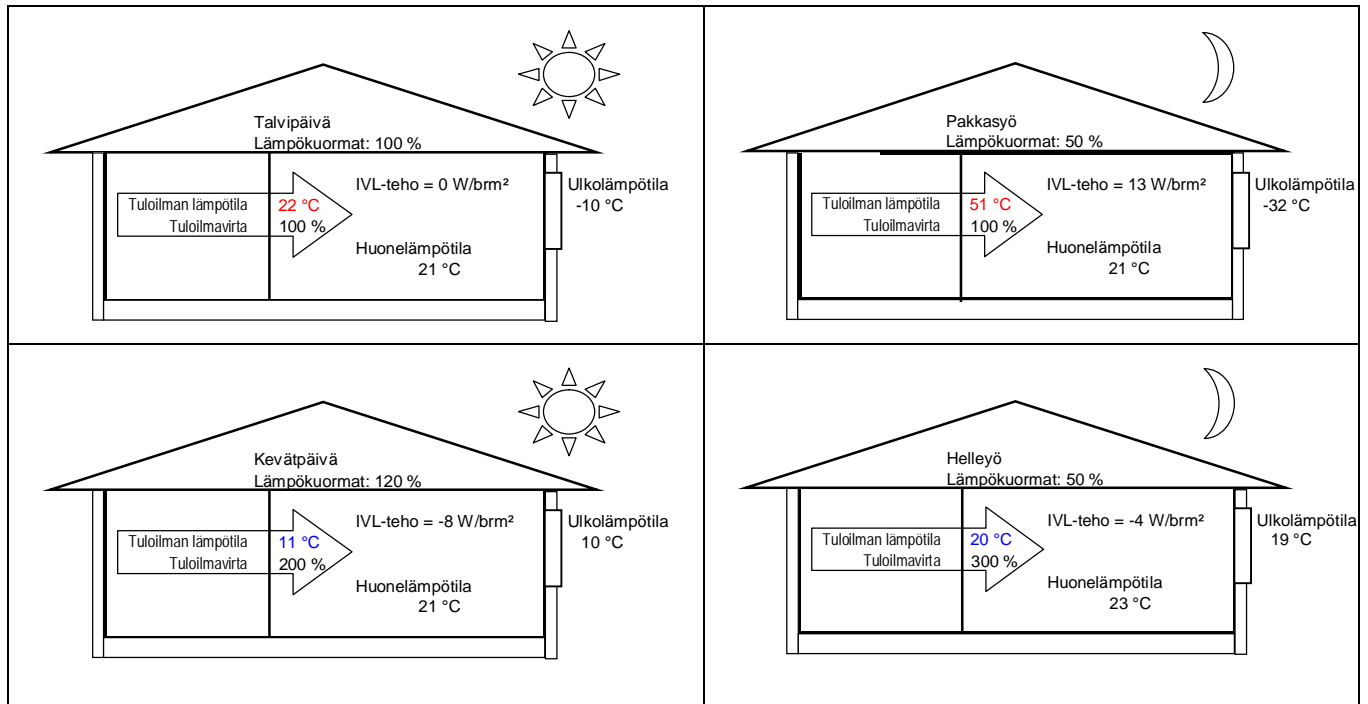
3.4 Ilmanvaihtolämmityksen ja –viilennyksen toiminta

Pientalon ilmanvaihtolämmityksessä koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmää käytetään ilmanvaihdon lisäksi huonelämpötilan hallintaan (kuvat 1 ja 2). Lämmityskaudella huoneeseen puhallettava tuloilma on huoneilmaa lämpimämpää. Välikaudella huonelämpötila pysyy yleensä sopivana ilman lämmitystä esimerkiksi ihmisistä ja sähkölaitteista vapautuvan lämmön vaikutuksesta. Tällöin tuloilmaa ei lämmitetä ostoenergialla vaan ainoastaan poistoilmasta talteenotetulla lämmöllä. Kevästä syksyyn tuloilmaa enimmäkseen viilennetään huonelämpötilan nousun hillitsemiseksi. Viilennys tapahtuu yksinkertaisesti ohittamalla lämmöntalteenotto ja hyödyntämällä ulkoilman viileys. Myös maakylmää voidaan hyödyntää tuloilman viilennyksessä (katso tarkemmin lähteestä VTT-R-08496-09).

Tässä raportissa esitetään huonekohtaisen ilmanvaihtolämmityksen mallisuunnitelma, mutta ohjeita voidaan soveltaa myös huoneistokohtaisesti tai vyöhykekohtaisesti säädettävään ilmanvaihtolämmitykseen.



Kuva 1. Energiatavaran pientalon ja ilmanvaihtolämmityksen periaate. Ilmanvaihtolämmityksessä on käytetty huonekohtaisia lämmittäviä tuloilmalaitteita.



Kuva 2. Energiatehokkaan pientalon ilmanvaihtolämmityksen ilmavirtoja ja toimintalämpötiloja eri vuodenaikoina. Talvipäivinäkin ilmanvaihtolämmityksen lämmitysteho (kuvassa IVL-teho) voi olla nolla, kun ulkolämpötila on -10 °C. Viilennystarvetta esiintyy tätä lämpimämpinä päivinä (kuvassa IVL-teho on miinusmerkinen). Kesällä viilennystä tehostetaan ilmavirtaa lisäämällä. Hellepäivinä tuloilmassa voidaan käyttää lisäviilennystä poistoilmasta tai maasta.

4 Ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän suunnittelu

4.1 Ilmavirtojen hallinta

Ilmavirtojen perussäädön helpottamiseksi ja tarpeenmukaisten ilmavirtojen hallitsemiseksi tulisi pientalojen ilmanvaihtokanavien paine-erojen olla käytettävillä käyttöajan tehostamattomilla tuloilmavirroilla 20 - 40 Pa ja poistoilmavirroilla 30 - 50 Pa. Kun kanavistojen painetasot on valittu, voidaan väljäksi mitoitettussa ilmankanavistossa olevien päätelaitteiden säätöasennot ja ilmavirrat mitoittaa suunnitteluvaiheessa hyvin tarkasti. Päätelaitteiden säätöasennot ilmoitetaan suunnitelmissa ja esiasetetaan päätelaitteisiin. Työmaalla riittää yleensä tehtäväksi vain päätelaitteiden säätöasentojen ja paine-erojen tarkistusmittaus.

Ilmanvaihtolämmityksen lämmitysilmavirrat voidaan mitoittaa rakentamismääräyskokoelman osan D2-mukaisen ilmanvaihdon tarpeen mukaan (6 dm³/s/henkilö tai 0,5 - 0,7 dm³/s/m²) ottaen huomioon huoneen lämmitystekotarve. Ilmanvaihtolämmitys ei vaadi kierrätysilman käyttöä. Minimililmavirta määräytyy rakentamismääräyskokoelman RakMk:n osan D2 sisäilman puhtausvaatimusten mukaan.

Ulkoilman hyödyntäminen viilennykseen edellyttää suurempia ulkoilmavirtoja (1,5 - 2,0 dm³/s/m²). **Ilmankanavat on mitoitettava viilennyksen ilmavirroille**

(RakMk osa D2/2010, liite 1). Maksimi-ilmavirta määräytyy tehostus- tai viilennystarpeen mukaan.

Huonekohtainen ulkoilmavirta-alue on $0,35 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ - $1,0 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ (noin $0,5 \text{ l/h}$ - $1,3 \text{ l/h}$), kesällä viilennyksessä $1,5 \dots 2,0 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ (noin $2,0 \text{ l/h}$ - $2,7 \text{ l/h}$).

4.2 Lämmitys- ja viilennysteho

Ilmanvaihtolämmityksessä suunnittelija laskee kuten muissakin lämmitystavoissa huonekohtaisen lämmitystehontarpeen (johtuminen+vuotoilma+korvausilma) RakMk osan D5 mukaan mitoitusulkolämpötilalla. Huonelämpötilana käytetään arvoa $21 \text{ }^\circ\text{C}$.

Yksinkertaisimmillaan ilmanvaihtolämmityksen tehomitoitus tehdään seuraavasti: yhden henkilön makuuhuoneeseen ($6 \text{ dm}^3/\text{s}$) suunnitellaan yksi lämmittävä tuloilmalaite ja kahden henkilön makuuhuoneeseen ($12 \text{ dm}^3/\text{s}$) suunnitellaan kaksi lämmittävää tuloilmalaitetta.

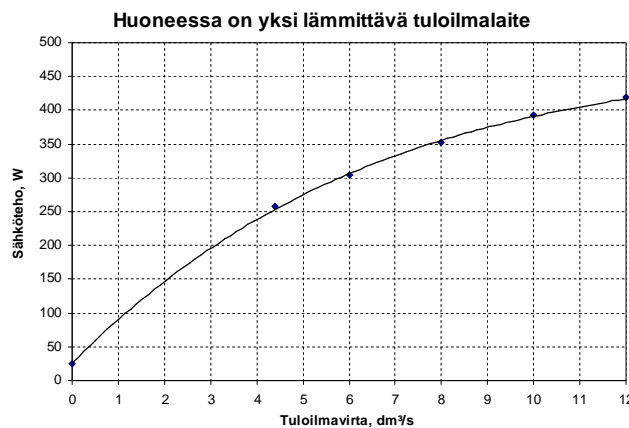
Huonekohtaisen lämmitystehon riittävyys mitoitetulla tuloilmavirralla varmistetaan (taulukko 2 ja kuva 3). Mikäli lämmitysteho ei riitä jossakin huoneessa, pienennetään mahdollisuuksien mukaan lämmitystehontarvetta matalaenergiaratkaisuille tai suurennetaan hieman tuloilmavirtaa. Tuloilmavirtaa pyritään vastaavasti pienentämään toisaalla, jotta vältetään kokonaisilmavirran suurentamiselta.

Mikäli pientalon tai jonkin yksittäisen huoneen lämmitystehontarve on niin suuri, ettei sitä pystytä kattamaan ilmanvaihtolämmityksellä, voidaan käyttää lisälämmitystä. Lisälämmitys voidaan toteuttaa millä tahansa lämmitystavalla. Lisälämmitystä käytetään vain kovilla pakkasilla tuottamaan peruslämpöä. Huonelämpötilan hallinta tapahtuu edelleen ilmanvaihtolämmityksellä.

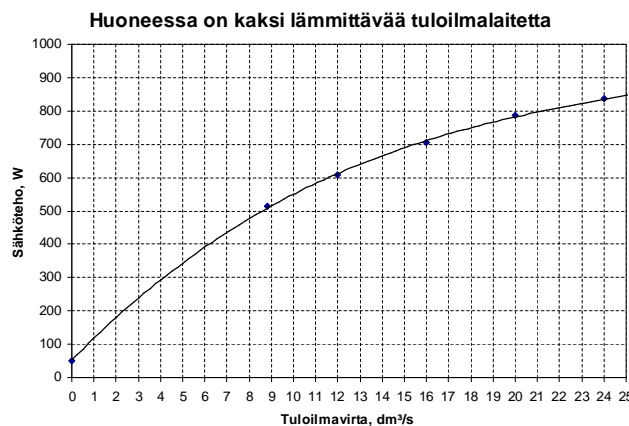
Kesäaikaiseen viilennykseen tarvitaan yleensä vähintään kaksinkertainen ilmavirta verrattuna lämmitystarvetta vastaavaan ilmavirtaan (kuvat 4 ja 5).

Taulukko 2. Ilmanvaihtolämmityksen lämmitys- ja viilennysteho tuloilmavirrasta riippuen. Lämmitystilanteessa tuloilman lämpötila on 50 °C. Kesäaikainen viilennysteho on laskettu kaksin- ja kolminkertaisilla ilmavirroilla. Kesällä huonelämpötila on 25 °C ja ulkoilman lämpötila on 10 – 15 °C (hellejaksoillakin öisin).

Tuloilma virta, dm ³ /s	Huone-lämmitys-teho, W	Huone-viilennys-teho, W	Tuloilma virta, dm ³ /s	Huone-lämmitys-teho, W	Huone-viilennysteho, W	Tuloilma-virta, dm ³ /s	Huone-lämmitys-teho, W	Huone-viilennysteho, W
0	0	0	13	452	312 - 702	50	1 740	1 200 - 2 700
1	35	24 - 54	14	487	336 - 756	55	1 914	1 320 - 2 970
2	70	48 - 108	15	522	360 - 810	60	2 088	1 440 - 3 240
3	104	72 - 162	16	557	384 - 864	65	2 262	1 560 - 3 510
4	139	96 - 216	17	592	408 - 918	70	2 436	1 680 - 3 780
5	174	120 - 270	18	626	432 - 972	75	2 610	1 800 - 4 050
6	209	144 - 324	19	661	456 - 1 026	80	2 784	1 920 - 4 320
7	244	168 - 378	20	696	480 - 1 080	85	2 958	2 040 - 4 590
8	278	192 - 432	25	870	600 - 1 350	90	3 132	2 160 - 4 860
9	313	216 - 486	30	1 044	720 - 1 620	95	3 306	2 280 - 5 130
10	348	240 - 540	35	1 218	840 - 1 890	100	3 480	2 400 - 5 400
11	383	264 - 594	40	1 392	960 - 2 160			
12	418	288 - 648	45	1 566	1 080 - 2 430			

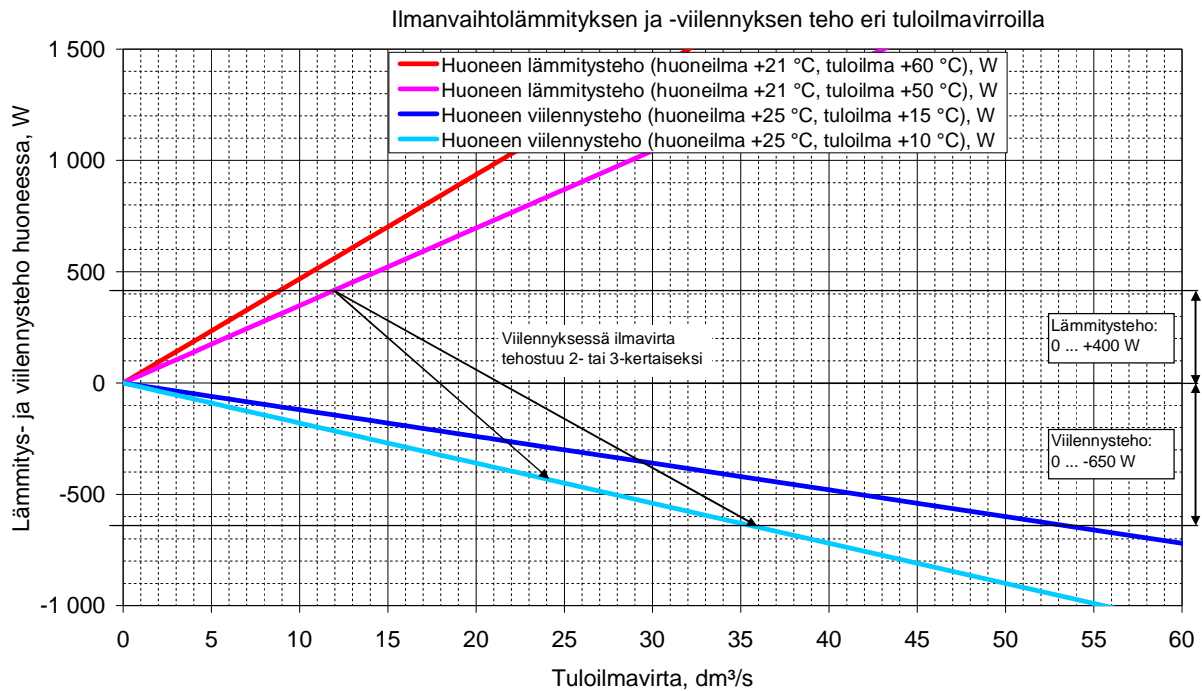


Tuloilma-virta, dm ³ /s	Huone-lämmitys teho, W
0	26
1	90
2	146
3	196
4	238
5	275
6	306
7	333
8	356
9	375
10	391
11	405
12	417

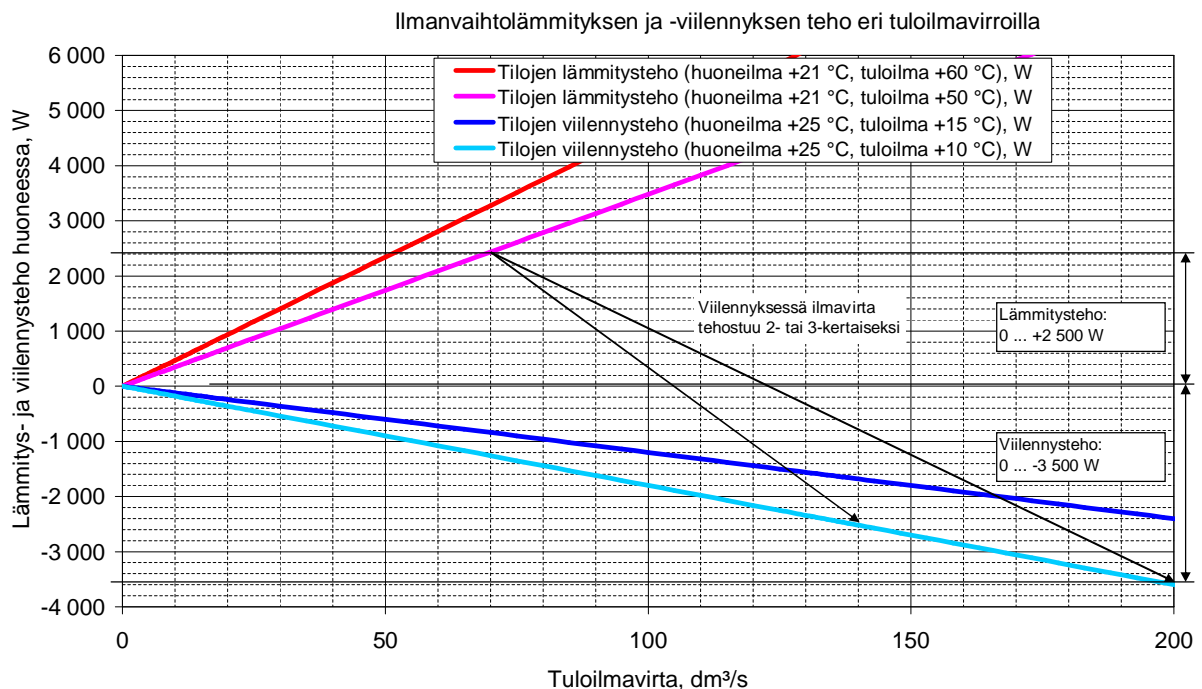


Tuloilma-virta, dm ³ /s	Huone-lämmitys teho, W
0	52
2	180
4	293
6	391
8	476
10	550
12	613
14	666
16	711
18	749
20	782
22	810
24	835

Kuva 3. Lämmittävän tuloilmalaitteen huonekohtainen sähkölämmitysteho riippuu ilmavirrasta. Laitteelle tulevan ilman lämpötila on 20 °C. Ilmavirran pienentyessä laitteen lämmitysteho pienenee itsestään. Tuloilman lämpötila rajoittuu noin 70 °C:een eikä ylikuumentumissuojia tai muita varolaitteita tarvita.(malli ECO, RCL Climecon)



Kuva 4. Ilmanvaihtolämmityksen ja -viilennyksen huonekohtainen teho eri tuloilmavirroilla ja tuloilman lämpötiloilla. Kun huoneen lämmitysilmavirta on 12 dm³/s, viilennyksen ilmavirta voi tehostua kaksin- tai kolminkertaiseksi eli 24 dm³/s - 36 dm³/s.



Kuva 5. Ilmanvaihtolämmityksen ja -viilennyksen talokohtainen teho eri tuloilmavirroilla ja tuloilman lämpötiloilla. Kun energiatehokkaan talon lämmitysilmavirta on 70 dm³/s, viilennyksen ilmavirta voi tehostua kaksin- tai kolminkertaiseksi eli 140 dm³/s - 200 dm³/s.

4.3 Ilmakanaviston suunnittelu ja mitoitus

Ilmakanaviston suunnittelussa ja mitoituksessa on otettava huomioon niin asukasviihtyvyys kuin edellytykset ilmanvaihdon tarkoituksenmukaiselle toiminnalle. Toimivan ilmanvaihdon on pystyttävä tuottamaan hyvä sisäilmasto ilman asukkaan kokemaa haittaa liiallisesta äänestä, huonosta huoneiden välisestä ääneneristävyydestä tai vedosta. Oikealla virtausteknisellä mitoituksella ja tehokkaalla äänenvaimennuksella ilmanvaihtolämmitys kanavistoineen on mahdollista toteuttaa käytännössä äänettömäksi.

Kanavisto tulee mitoittaa mahdollisimman lyhyeksi ja helposti huollettavaksi. Hyvän energiatehokkuuden varmistamiseksi kaikista poistoilmavirroista otetaan lämpö talteen. Ilman virtausnopeudet kanavistossa ovat alle 2 m/s. Lyhyissä ilmanvaihtolämmityskoneelta lähteivissä kanavissa virtausnopeus voi olla yleensä enintään 3 m/s. Taulukossa 3 esitetään pientalon ilmanvaihtolämmityksen kanavistomitoitus. **Ilmakanavat on mitoitettava viilennyksen ilmavirroille.**

Siirtoilmareittejä tarvitaan tavallisesti asuinhuoneista käytävätiloihin ja niistä edelleen poistoilmakohteisiin. Siirtoilmareittien paine-ero mitoitetaan niin pieneksi, että paine-eron vaikutus ilmavirtoihin ja tilojen paineeseen on vähäinen. Oviraot ja muut siirtoilmareitit asunnon sisällä on suunniteltava ja toteutettava siten, että ilmanvaihtolämmityksessä huoneiden välisen siirtoilma-aukon paine-ero on enintään 1 – 2 Pa eli virtausnopeus on noin 1 m/s viilennysilmavirralla. Virtauspinta-ala on yleensä vähintään 240 cm², joka vastaa halkaisijaltaan 160 mm:n ilmakanavaa tai 3 cm:n ovirakoa. Suunnittelussa on otettava huomioon myös huoneiden väliset ääneneristysvaatimukset. Ovirako siirtoilma-aukkona huonontaa oven ääneneristävyttä. Tiivistä suljettua ovea vastaava ääneneristävyys voidaan saavuttaa käyttämällä äänenvaimennettua siirtoilmalaitetta.

Taulukko 3. Energiatehokkaan pientalon ilmanvaihtolämmityksen ja -viilennyksen kanavistomitoitus. Ilmakanavat on mitoitettava viilennyksen ilmavirroille.

Käyttötilanne	Kanavan halkaisija	Ilmavirta-alue	Ilman nopeus	Kitkapaine-häviö	Kertavastus 1) (kerroin = 1)
	mm	dm ³ /s	m/s	Pa/m	Pa
Lämmitys	125	12	0,98	0,15	0,6
Viilennys	125	36	2,93	1,0	5,2
Lämmitys	160	20	0,99	0,11	0,6
Viilennys	160	60	2,98	0,78	5,3
Lämmitys	200	30	0,95	0,080	0,5
Viilennys	200	100	3,18	0,66	6,1
Lämmitys	250	70	1,43	0,12	1,2
Viilennys	250	200	4,07	0,78	10,0

1) keskimääräinen kertavastusten summa pientalossa on 1

4.4 Päätelaitteet

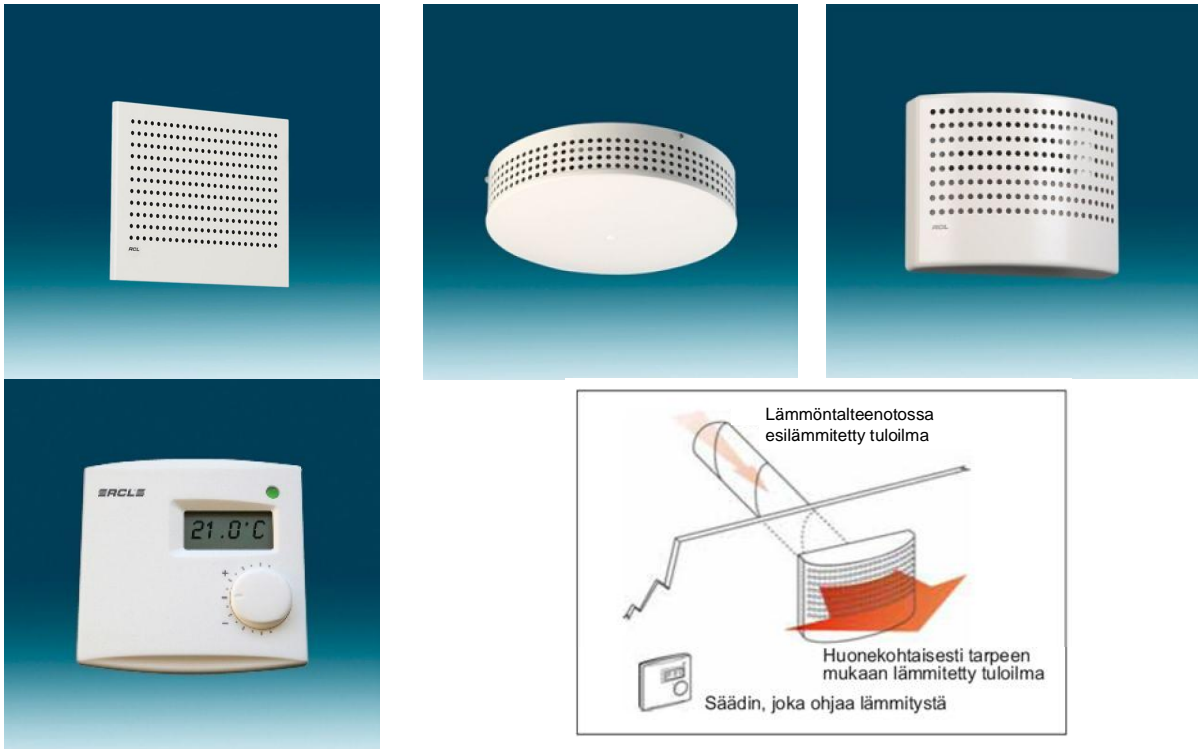
Lyhyillä tuloilmakanavilla tiloihin johdettu tuloilma jaetaan huoneeseen päätelaitteella. **Tuloilman päätelaitteiden on oltava tehokkaasti ilmaa sekoittavia.** Tämä tarkoittaa tyypillisesti päätelaitteita, joissa puhallus tapahtuu pienistä rei'istä tai suuttimista. Sekoittavilla päätelaitteilla lämpötila pysyy tasaisena eikä vetoa esiinny. **Tavanomaiset lautasventtiilit ja tuloilmasäleiköt eivät sovellu ilmanvaihtolämmityksen tuloilmalaitteiksi.**

Päätelaitteiden sijoitteluun vaikuttaa paljolti ilmakehän reititys yhdessä toimivan ilmanjaon varmistamisen kanssa. Tehokkaasti huoneilmaa tuloilmaan sekoittavalla päätelaitteella tuloilma voidaan puhalttaa vapaasti seinän yläosasta tai katosta. Ilmanvaihtolämmityksessä tuloilmalaitetta ei tarvitse sijoittaa ikkunan päälle tai alle. Tuloilmalaitteet asennetaan yleensä sisäseinille. Esimerkiksi sisäseinältä ikkunaa kohti puhallettaessa huoneessa ei tunnu vetoa eikä lämpötilojen kerrostumisesta ole pelkoa. Esimerkkejä päätelaitteista esitetään kuvassa 6.

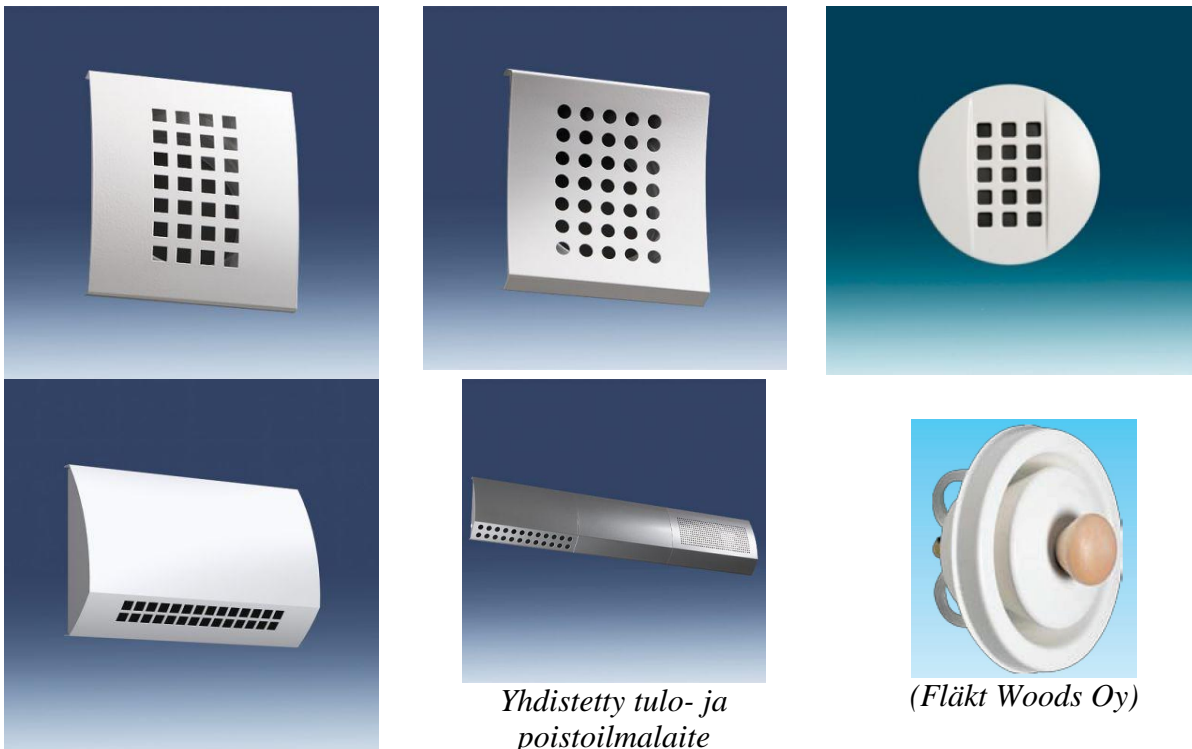
Poistoilmapäätelaitteiksi valitaan sellaiset, jotka eivät likaannu tai mahdollinen likaantuminen ei pienennä ilmavirtaa. Kaikkien päätelaitteiden sijoittelussa ja valinnassa tulee ottaa huomioon sekä toiminnallisuus että esteettisyys. Esimerkkejä päätelaitteista esitetään kuvassa 7. Ulkoilmalaitteiksi ja jäteilmalaitteiksi valitaan riittävän väljät päätelaitteet, joilla on tunnetut virtaus- ja äänitekniset ominaisuudet. Esimerkkejä päätelaitteista esitetään kuvissa 8 ja 9.

Valittujen päätelaitteiden esisäätoarvot, äänitasot ja paine-erot merkitään suunnitelmiin. Päätelaitteet on valittava ja sijoitettava niin, etteivät seinä- ja kattopinnat likaannu.

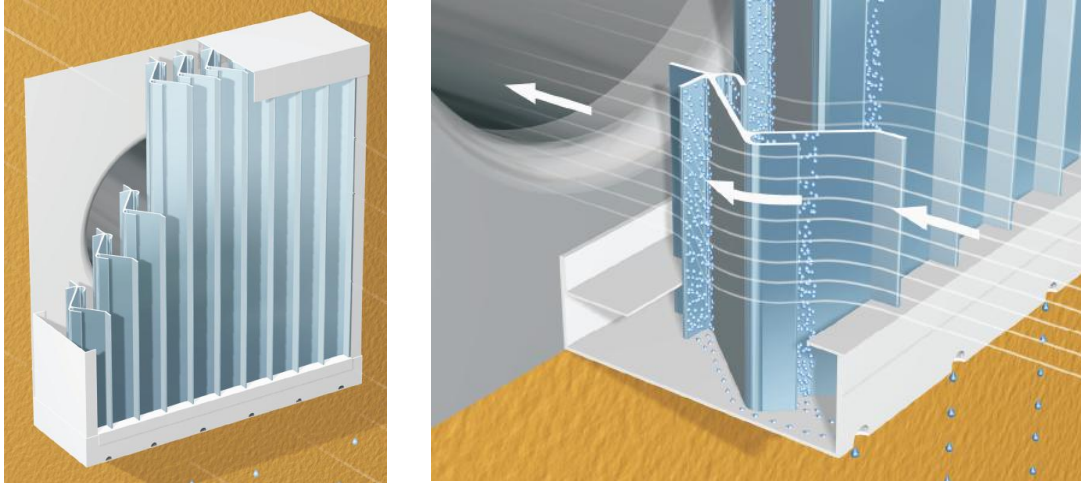
Päätelaitteiden paine-eron tulisi olla käyttöajan tehostamattomilla tuloilmavirroilla 20 - 40 Pa ja poistoilmavirroilla 30 - 50 Pa. Viilennyksen maksimi-ilmavirrat ja päätelaitteet valitaan niin, että viilennystilanteessa vältytään ääni- ja virtausongelmilta. Ilmavirran kaksinkertaistuessa paine-ero nelinkertaistuu ja melutaso lisääntyy.



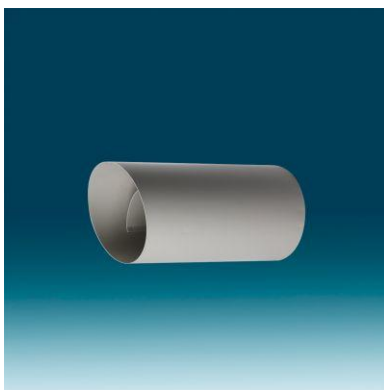
Kuva 6. Huonekohtaisen ilmanvaihtolämmityksen tuotteita (RCL Climecon).



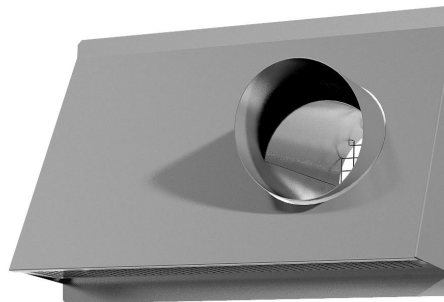
Kuva 7. Poistoilmalaitteita (RCL Climecon ja Fläkt Woods Oy).



Kuva 8. Veden pääsy ulkoilmakanavistoon estetään vedenerotussäleiköllä. Törmätessään pystysäleiden uriin pisarat vähitellen kasvavat ja valuvat alas vesipohjaan ja sieltä ulos. Lähde: J&H Mounting Ky.



(RCL Climecon)



(RCL Climecon)



(IVK-Tuote Oy)

Kuva 9. Jäteilman ulospuhallussuutin soveltuu jäteilman ulospuhallukseen ulkoseinältä (RCL Climecon). Keskellä on yhdistetty jäteilman ulospuhallussuutin ja ulkoilman sisäänottolaite (RCL Climecon). Ääntä vaimentava jäteilman ulospuhallushajotin soveltuu jäteilman ulospuhallukseen katolta (IVK-Tuote Oy).

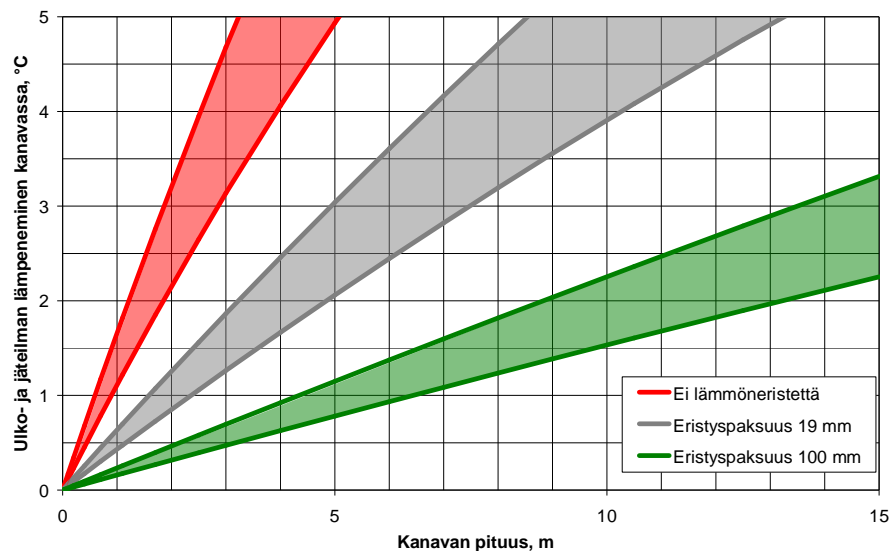
4.5 Ilmakanaviston eristykset

Ilmanvaihtolämmityksen ilmakanavien lämpöhäviöt aiheuttavat ilmanvaihdon lämmöntalteenoton heikkenemistä sekä ylimääräistä lämmitys- ja viilennystarvetta. **Ilmanvaihtolämmityksen ilmakanavien lämpöhäviöt minimoidaan** sopivalla huonejärjestyksellä ja sijoittamalla ilmanvaihtolämmityskone ja ilmakanavisto sisätiloihin niin, että ilmakanavistosta tulee mahdollisimman lyhyt ja yksinkertainen lämmöneristä.

Tulo- ja poistoilmakanavien kosteusvaurioiden ja homeiden kasvun estämiseksi **ilmakanavia ei saa asentaa ullakotilaan höyrynsulun ulkopuolelle**. Kanavat asennetaan suunniteltuihin reititystiloihin, joissa on riittävät tilat eristyksille ja

huoltotoimenpiteille. Tulo- ja poistoilmakanavat sijoitetaan kulkemaan lämpimissä tiloissa. Tuloilmakanavat tulee lämmöneristää höyrytiivillä eristeellä myös lämpimissä tiloissa (eristeen paksuus on yleensä vähintään 10 mm). Eriste estää kovilla pakkasilla ilmanvaihtolämmityskoneesta lähtevän esilämmitetyn tuloilman viilenemisen. Lisäksi eriste estää pelkästään lämmöntalteenotolla lämmitetyn viileän tuloilman lämpenemisen ja ilman kosteuden tiivistymisen kanavan ulkopinnalle. Kesällä tuloilmakanavien lämmöneristys auttaa viilennystehon siirtymistä huoneisiin, kun eristetyssä kanavassa virtaava viilennysilma ei lämpene merkittävästi.

Ulko- ja jäteilmakanavat on tehtävä lyhyiksi ja eristettävä tehokkaasti. Jotta ilman lämpeneminen jäisi enintään yhteen asteeseen, on lyhyetkin kanavat lämmöneristettävä vähintään 100 mm mineraalivillaa vastaavalla lämmöneristeellä ja kondenssieristettävä höyrytiivillä pinnalla sisätiloissa. Lämmöneristuksen vaikutus ilman lämpenemiseen eri kanavapituuksilla eristeen lämmönjohtavuudella 0,04 W/mK esitetään kuvassa 10.



Kuva 10. Lämmöneristuksen vaikutus ilmanvaihtolämmityskoneeseen tulevassa ulkoilmakanavassa ja ilmastointikoneesta lähtevässä jäteilmakanavassa. Kanavat sijaitsevat lämpimissä sisätiloissa. Talvitilanteessa on käytössä käyttöajan tehostamaton ilmanvaihdon ulko- ja jäteilmavirta. Ilman nopeus on 1,5 m/s. Alueen alareuna vastaa ilman lämpötilaa 0 °C ja yläreuna ilman lämpötilaa -10 °C.

4.6 Äänenvaimennus

Ilmanvaihtolämmitys on oikein toteutettuna vedoton ja meluton lämmitysmuoto. Koneellisessa ilmavaihdossa käytettävää äänenvaimennusta tulee käyttää myös ilmanvaihtolämmityksessä. Äänenvaimentamiseen suositellaan käytettäväksi ilmanvaihtolämmityskoneeseen liitettävää äänenvaimennusyksikköä (kuva 12), jonka äänenvaimennusominaisuudet tulo-, poisto-, ulko- ja jäteilmakanaviin tunnetaan. Ilmanvaihtolämmityskone ja äänenvaimennusyksikkö asennetaan tekniseen tilaan, jolloin ilmanvaihtolämmityskoneen ja äänenvaimentimien vaipan läpi tuleva ääni ei häiritse asumista ja huollettavuus on hyvä. Ilmanvaihtolämmityskoneen äänenvaimennusyksikön lisäksi tulo- ja poistoilmakanaviin tarvitaan kanavaäänenvaimentimet (kuva 11). Ulko- ja

jäteilmakanaviin ei yleensä äänenvaimennusyksikön lisäksi tarvita kanavaäänenvaimentimia. Oikealla virtausteknisellä mitoituksella ja tehokkaalla äänenvaimennuksella ilmanvaihtolämmityksestä saadaan käytännössä äänetön ja se täyttää taulukon 4 äänitasovaatimukset.

Siirtoilmareittien tarvitsemien siirtoilma-aukkojen on täytettävä huoneiden välinen ääneneristävyysvaatimus. Ovirako siirtoilma-aukkona huonontaa oven ääneneristävyyttä. Tiivistä suljettua ovea vastaava ääneneristävyys voidaan saavuttaa käyttämällä äänenvaimennettua siirtoilmalaitetta (kuva 11).

Ilmakanaviston kautta voi kulkeutua häiritsevää ääntä huoneesta toiseen. Huoneiden välistä ääneneristävyyttä voidaan parantaa lisäämällä esimerkiksi makuuhuoneiden välisiin kanaviin äänenvaimennin (kuva 11).

Taulukko 4. Ilmanvaihtolämmityksen suurimmat sallitut äänitasot ilmanvaihtolämmityksessä käytetyillä ilmavirroilla.

Ilmanvaihtolämmityksen suurimmat sallitut äänitasot, dB(A)	
Olo- ja makuuhuoneet	22
Keittiö	25
Kylpyhuone	28
Talon ulkopuolella	45



Kuva 11. Ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän äänenvaimennusosia. Vasemmalla on kanavaäänenvaimentimia (IVK-Tuote Oy) ilmanvaihtolämmityskoneeseen ja huoneiden väliseen kanavaan. Oikealla on huoneiden välistä ääneneristävyyttä parantavia äänenvaimennettuja siirtoilmalaitteita (RCL Climecon).

4.7 Ilmanvaihtolämmityskone

Hyvän sisäilmaston tuottamisessa ilmanvaihtolämmityskone on keskeisessä asemassa. Kuvassa 12 on esimerkki ilmanvaihtolämmityskoneeksi sopivasta ilmanvaihtokoneesta. Tuloilman suodatus on suoraan huoneilman laatuun vaikuttava tekijä. Tuloilman suodatusluokan tulee olla vähintään F7. Suodattimien kiinnityksen koneeseen tulee olla tiivis ohivuotojen eliminoimiseksi.

Ilmavaihtolämmityksessä tuloilmapuhaltimen pysäyttämistä ei tule käyttää jäätymissuojauksena. Jäätymissuojaus tulee toteuttaa muilla keinoilla, esimerkiksi ulkoilman esilämmityksellä.

Ilmanvaihtolämmityskoneessa ulkoilman esilämmitys tapahtuu pääsääntöisesti lämmöntalteenoton avulla poistoilmasta saatavalla lämmöllä. Ilmanvaihtolämmityksen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen on oltava vähintään 65 %.

Pakkaskaudella ilmanvaihtolämmityksessä tarvitaan jälkilämmityspatteria. Tällöin lämmöntalteenoton lisäksi tarvittava lämmitysteho voidaan tuottaa järjestelmässä keskitetysti ilmanvaihtokoneella, hajautetusti huonekohtaisella lämmityksellä tai näiden yhdistelmänä. Ilmanvaihtokoneessa keskitetysti tuotettava lämpöteho siirretään ilmaan lämmityspatterilla, jonka lämmitys voidaan toteuttaa vedellä tai sähköllä. Lämmitysvastuksen pintalämpötilan tulee olla alle 80 °C, jotta se ei polta pölyä. Keskitetty jälkilämmityspatteri voi olla jaettu kahteen tai useampaan säätövyöhykkeeseen.

Ilmanvaihtolämmityksen puhaltimien ominaissähköteho lämmitysilmavirralla saa olla enintään 1,5 kW/(m³/s) ja hellekauden viilennystilanteessa kaksin- tai kolminkertaisella ilmavirralla enintään 2,5 kW/(m³/s).



Kuva 12. Ilmanvaihtolämmityskone lisävarusteineen. Vasemmalla alhaalla on ilmanvaihtolämmityskone, jossa on sisään rakennettu maan lämpöä hyödyntävä esilämmitys- ja viilennyspatteri. Vasemmalla ylhäällä on maan lämpöä hyödyntävä erillinen esilämmitys- ja viilennyspatteri. Oikealla on ilmanvaihtolämmityskone, jonka päälle on asennettu äänenvaimenninyksikkö (Vallox Oy).

4.8 Keittiön ilmanvaihto

Energiatehokkaassa pientalossa ei käytetä erillistä liesituuletinta vaan liesikupua (kuva 13), joka kytketään riittävän suurella (halkaisija vähintään 160 mm) kanavalla ilmanvaihtolämmityskoneen lämmöntalteenottoon.

Liesikuvussa on oltava tehokas rasvasuodatus, joka estää kanaviston ja ilmanvaihtolämmityskoneen likaantumisen. Liesikuvun kärynsieppauskyvyn pitää olla riittävän hyvä (suurimmalla ilmavirralla vähintään 80 %). Keittiön liesikuvun poistoilmavirran tulisi olla tehostettuna vähintään 40 dm³/s. Liesikuvun tulee täyttää äänitasovaatimukset maksimipaine-erollakin.

Keittiön liesikupu voidaan liittää myös omaan lämmöntalteenotolla varustettuun ilmanvaihtokoneeseen, jolloin liesikuvun ilmavirtaa pystytään helposti suurentamaan.

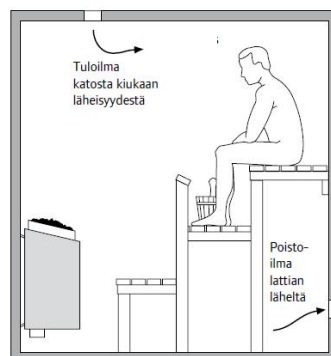


Kuva 13. Keittiön liesikupuja (Vallox Oy).

4.9 Saunan ilmanvaihto

Saunassa tulee olla hallittu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. **Saunassa ilmanvaihtolämmityskoneesta tuleva tuloilma puhalletaan kiukaasta nousevaan ilmavirtaukseen**, jolloin ilma sekoittuu tehokkaasti ja lämpötilakerrostuma pienenee (kuva 14). Tuloilmalaite sijoitetaan yleensä kattoon. Jos tuloilmalaite sijoitetaan seinään, niin sen etäisyyden kiukaasta tulee olla vähintään 0,5 m. Tuloilmavirta ja puhalluksen suuntaus voi olla saunojan säädettävissä.

Poistoilma otetaan lauteiden alta, noin 60 cm lattiasta tai vaihtoehtoisesti oven alta pesuhuoneen poistoilmalaiteen kautta.



Kuva 14. Saunan ilmanvaihdon toteutusperiaate.

4.10 Autotallin ilmanvaihto

Lämpimän autotallin ilmanvaihto ja lämmitys hoidetaan omalla lämmöntalteenotolla varustetulla ilmanvaihtokoneella.

4.11 Radonin poisto

Suunnittelussa tulee varmistua maaperän radonin hallinnasta. Talossa, jossa on koneellinen poistoilmanvaihto eikä korvausilmaventtiilejä ole riittävästi, voi talon alipaineisuus ja sen myötä myös radonpitoisuus kasvaa. Ilmanvaihtolämmityksessä käytetään kuitenkin aina koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa, mikä pienentää merkittävästi talon alipaineisuutta ja vähentää riskiä ilman korkeaan radonpitoisuuteen. (STUK-A233. Radontalkoot – Tilannekatsaus 2008)

Radonin poisto suunnitellaan ja toteutetaan Säteilyturvakeskuksen ohjeistuksen mukaan. Uusi asunto tulee suunnitella ja rakentaa siten, että radonpitoisuus ei ylitä arvoa 200 Bq/m³, mielellään alle 100 Bq/m³.

5 Ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän mallisuunnitelmat

5.1 Suunnittelun kuvaus

Ilmanvaihtolämmitysjärjestelmää toteutettaessa suunnitellaan ja mitoitetaan samanaikaisesti rakennuksen lämmitys, viilennys ja ilmanvaihto. Ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän soveltuu parhaiten sellaisiin rakennuksiin, joissa lämmön ja viilennyksen tarve on minimoitu rakenteellisin keinoin, lämmön talteenotolla ja vastaavilla muilla keinoilla.

Suunnittelu etenee seuraavasti:

- Mitoitetaan huonekohtaiset tulo- ja poistoilmavirrat (RakMk, osa D2)
- Määritetään tilakohtaiset lämmitystehontarpeet (RakMk, osa D5)
- Tarkistetaan tulo- ja poistoilmavirtojen tasapaino sekä tilakohtaisen lämmitystehon riittävyys, tarvittaessa hienosäädetään
- Mitoitetaan kanavistot ja päätelaitteet viilennysilmavirtojen mukaan, määritetään päätelaitteiden esisäätöarvot käyttöajan tehostamattomalla ilmavirralla ja paine-erolla
- Mitoitetaan muut kanaviston osat ja ilmanvaihtolämmityskone
- Suunnitellaan ei ilmanvaihtolämmitettyihin tiloihin tarvittava lämmitys, esimerkiksi mukavuuslattialämmitys (yleensä enintään 30 W/m²)

Mallisuunnitelmassa on otettu ohjenuoraksi seuraavat seikat:

- Kanavisto on väljästi mitoitettu
- Äänenvaimennusta on riittävästi
- Kanavat ovat niin lyhyet kuin toiminnan kannalta on järkevää
- Tuloilmakanavisto on lämmöneristetty höyrytiivisti (lämpö ja kosteus)
- Tulo- ja poistoilmakanavisto on kokonaisuudessaan höyrynsulun sisällä
- Ilmavirtojen säätötyö on teknisesti helppo tehdä
- Ulko- ja jäteilmareitit ovat lyhyet, viranomaisten salliessa jäteilma voidaan puhaltaa ulkoseinästä ulos
- Meluavat ja huoltoa vaativat laitteet sijoitetaan (mahdollisuuksien mukaan) tekniseen tilaan
- Viilennysilmavirta on vähintään kaksi kertaa ilmanvaihdon käyttöajan tehostamaton ilmavirta
- Liesikuvun riittävän toiminnan kannalta ilmanvaihtokoneen tulee tehostua tarvittaessa
- Kaikki ilmavirrat ohjataan lämmön talteenoton kautta

Maalämpöä käytetään ulkoilman esilämmitykseen, jotta LTO-kenon sulatustarve poistuu

5.2 1-kerroksinen RET-pientalo

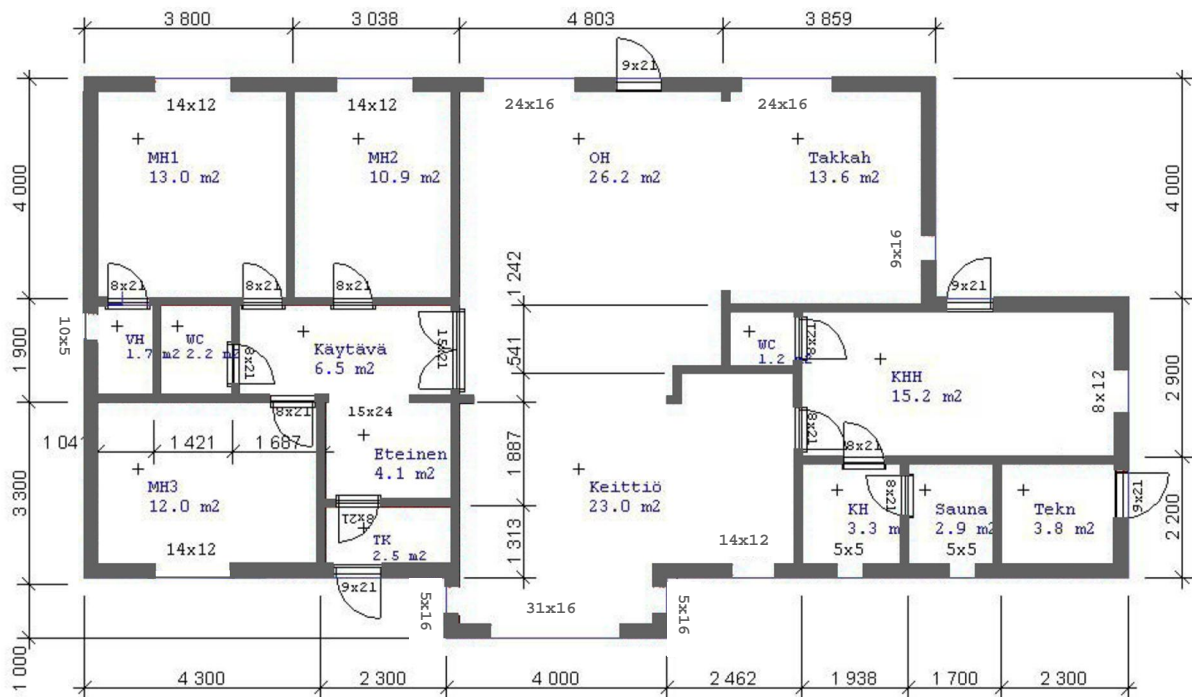
Ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän mallisuunnitelma laadittiin RET-pientalolle, jota on käytetty useissa energiatehokkuuden esimerkkilaskelmissa. RET-pientalo määriteltiin tyyppitaloksi kansallisessa Rakennusten energiatehokkuus-projektissa vuonna 2003. RET-pientaloa on sen jälkeen käytetty rakentamismääräyksiä käsittelevissä oppaissa ja energiatodistusoppaissa sekä muissa esimerkkilaskelmissa. Taulukossa 5 esitetään RET-pientalon yleistiedot.

RET-pientalon pohjapiirros ja julkisivut esitetään kuvissa 15 – 19.

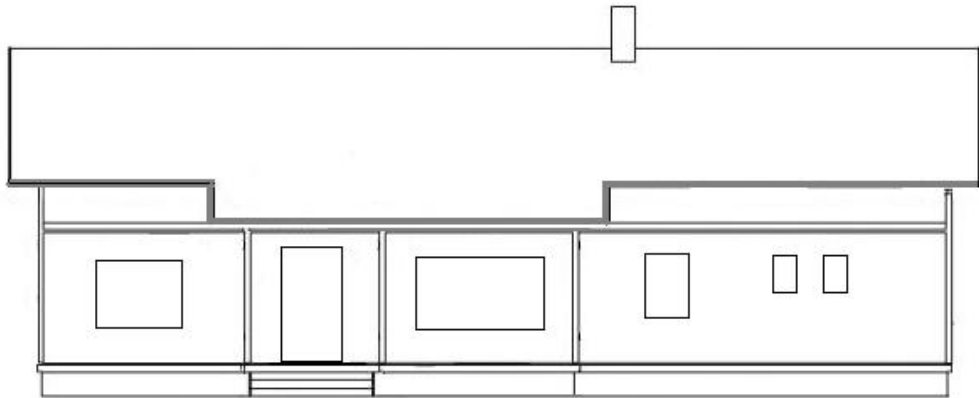
Taulukko 5. RET-pientalon yleistiedot.

Rakennuksen yleistiedot

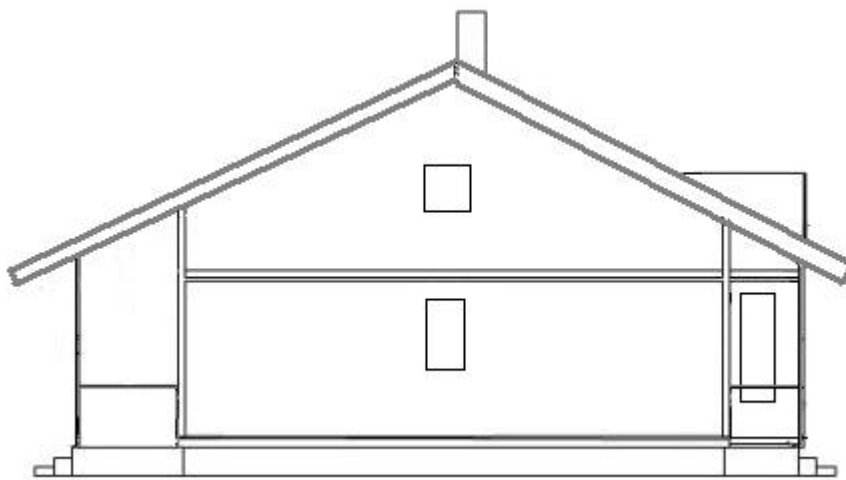
Rakennustilavuus	522	rak-m ³
Bruttoala	163	brm ²
Huoneala, lämpimät tilat	147	m ²
Julkisivujen pinta-ala	146	m ²
Kerroskorkeus	3,0	m
Huonekorkeus	2,6	m
Ilmatilavuus, lämpimät tilat	382	m ³
Ikkunapinta-ala	24,5	m ²
Huoneistojen lukumäärä	1	
Kerrosten lukumäärä	1	
Henkilöiden lukumäärä	4	
Sisälämpötila, lämmitys	21	°C
Sisälämpötila, jäähdytys	-	°C
Mitoitusulkolämpötila	-26	°C
Säävyöhyke I	Helsinki-Vantaa 1979	



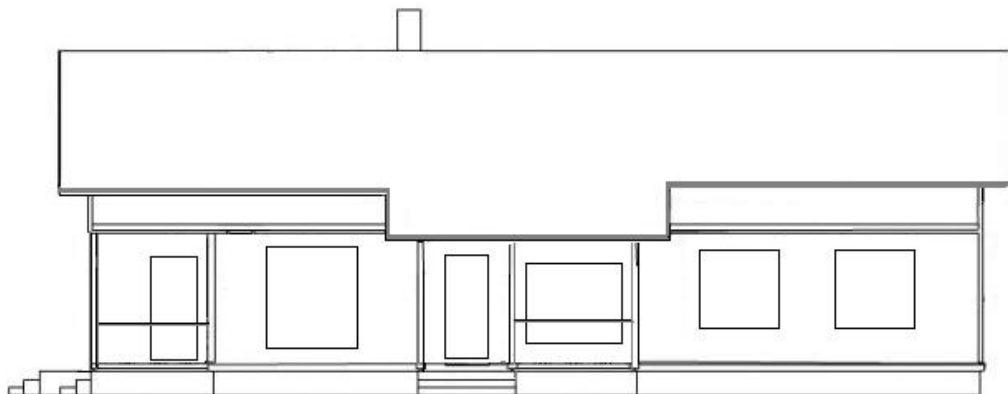
Kuva 15. RET-pientalon pohjapiirros. Kuvassa esitetään lämpöviölaskentaa varten muutetut ikkunakoot, joilla ikkunapinta-ala on tasan 15 % rakennuksen bruttoalasta.



Kuva 16. RET-pientalon julkisivu pohjoiseen (suuntaa-antava).



Kuva 17. RET-pientalon julkisivu itään (suuntaa-antava).



Kuva 18. RET-pientalon julkisivu etelään (suuntaa-antava).



Kuva 19. RET-pientalon julkisivu länteen (suuntaa-antava).

5.2.1 Ilmavirtojen mitoitus

RET-pientalon ilmanvaihdon käyttöajan tehostamattomat ilmavirrat esitetään taulukossa 6. Ilmavirrat mitoitettiin rakentamismääräyskokoelman osan D2/2010 mukaan. Makuuhuoneiden tuloilmavirtojen mitoituserusteena oli 6 dm³/s henkilöä kohti. Keittiön, olohuoneen ja takkahuoneen muodostaman avonaisen tilan tuloilmavirtojen mitoituserusteena oli noin 0,5 dm³/s lattianeliömetriä kohti. Poistoilmavirrat mitoitettiin ohjearvojen mukaan, kuitenkin niin, että rakennuksesta tuli lievästi alipaineinen (poistoilmavirta oli 4 dm²/s suurempi kuin tuloilmavirta). Tällä mitoituksella rakennuksen ilmanvaihtokertoimeksi tuli noin 0,6 1/h.

Taulukko 6. RET-pientalon tulo- ja poistoilmavirtojen mitoitus. Käyttöajan tehostamattomat ilmavirrat.

Tila	Poistoilmavirta		Tuloilmavirta	
	dm ³ /s/m ²	dm ³ /s	dm ³ /s/m ²	dm ³ /s
MH2			0,53	6,0
MH1			0,89	12,0
VH	-1,71	-3,0		
MH3			0,48	6,0
TK	-1,16	-3,0		
Eteinen+ Käytävä				
WC	-3,52	-8,0		
Keittiö	-0,50	-12,0	0,50	12,0
KH	-3,52	-12,0		
Sauna	-2,00	-6,0	2,00	6,0
Tekn	-0,51	-2,0	0,51	2,0
WC	-6,44	-8,0		
KHH	-0,76	-12,0		
Takkah			0,43	6,0
OH			0,44	12,0
Yhteensä	-0,45	-66,0	0,42	62,0

5.2.2 Lämmitystehontarpeet ja energiankulutus

RET-pientalon lämmitystehontarve laskettiin neljälle eri vaihtoehdolle, joiden tarkemmat tiedot esitetään taulukossa 1. Tilakohtaiset lämmitystehontarpeet esitetään taulukossa 7. Vuoden 2010 vaatimukset juuri ja juuri täyttävässä versiossa RakMk 2010 keittiön, olohuoneen ja takkahuoneen muodostaman avonaisen tilan lämmittämiseen ei käytetyllä mitoituksella ilmanvaihtolämmityksen teho mitoituspakkasella aivan riitä. Tähän tilaan tarvitaan jokin pieni lisälämmöntuottaja, esimerkiksi pieni sähköpatteri.

Energiatehokkaissa RakMk 2012 versioissa ilmanvaihtolämmityksen teho riittää eikä lisälämmittämiä tarvita. Sellaiset tilat, joihin ei puhalleta tuloilmaa, lämmitetään tarvittaessa muilla lämmittimillä. Märkätilojen ja kodinhoitohuoneen kivipintaisissa lattioissa on mukavuuslattialämmitys, jolla myös tilat pysyvät lämpiminä. Mukavuuslattialämmitys suunnitellaan pienitehoisena eli lattialämmityksen mitoitus-teho on vain 20 - 30 W/m².

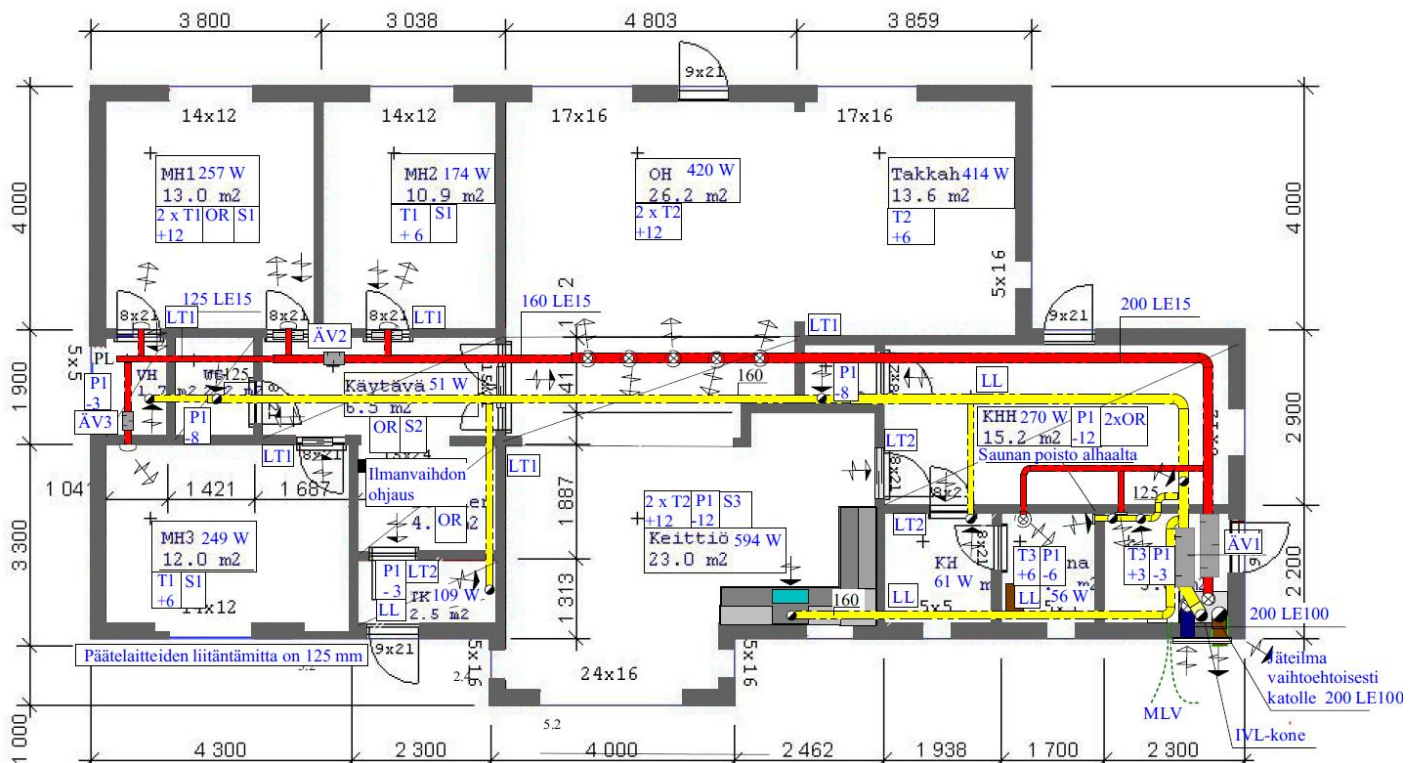
Taulukossa 7 esitetään eri vaihtoehtojen energiatehokkuusluokat (ET-luokka) ja energiankulutukset. Laskentamenetelmänä on käytetty rakentamismääräyskokoelman osan D5/2007 mukaista menetelmää. Versiossa RakMk 2010 ET-luokka on B ja muissa versioissa ET-luokka on A.

Taulukko 7. RET-pientalon eri ratkaisuvaihtoehtojen lämmitystehontarpeet, kun ulkoilman lämpötila on $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ sekä vuotuinen energiankulutus. Ilmanvaihtolämmityksen mitoitustilanteessa lämmittävästä tuloilmalaitteesta saatava lämmitysteho esitetään oikeanpuolimaisessa sarakkeessa. Märkätilojen ja kodinhoituhuoneen kivipintaisissa lattioissa on mukavuuslattialämmitys ($20 - 30\text{ W/m}^2$).

Tila	RakMk 2010	RakMk 2012 US=0,17	RakMk 2012 US=0,14	RakMk 2012 US=0,12	Lämmittävän tuloilmalaitteen maksimiteho
	W	W	W	W	W
MH2	238	188	180	174	306
MH1	360	298	274	257	612 ¹⁾
VH	82	69	63	59	0
MH3	348	288	264	249	389 ¹⁾
TK	195	119	113	109	0
Eteinen+ Käytävä	71	51	51	51	0
WC1	15	11	11	11	0
Keittiö	798	626	607	594	613 ¹⁾
KH	86	72	65	61	0
Sauna	79	66	60	56	0
Tekn	233	157	145	137	0
WC2	8	6	6	6	0
KHH	416	301	282	270	0
Takkah	560	447	427	414	308 ²⁾
OH	608	437	427	420	613 ¹⁾
Yhteensä	4 097	3 134	2 975	2 869	2 840
¹⁾ tilassa on kaksi lämmittävää tuloilmalaitetta					
²⁾ takkahuoneen ja olohuoneen yhteenlasketun lämmitystehon tulee olla riittävä					
Energiatodistus					
ET-luku, kWh/brm ² ,a	151	115	112	110	
ET-luokka	B	A	A	A	
Energiankulutus, kWh/huon-m²,a					
Lämmitysenergia yhteensä	105	68	65	64	
Tilojen lämmityksen nettoenergiantarve	62	29	26	25	
Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia	5	5	5	5	
Käyttöveden lämmityksen nettoenergiantarve	29	29	29	29	
Käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia	9	5	5	5	
Laitesähköenergiankulutus	58	54	54	54	
Ostettava lämmitysenergia	105	68	65	64	
Arvioitu E-luku (laskentamenetelmä on RakMk osan D5/2007 mukainen)	326	244	238	234	

5.2.3 Ilmanvaihtolämmityksen mallipiirustus, vaihtoehto 1

Kuvassa 20 esitetään ilmanvaihtolämmityssuunnitelman vaihtoehto 1, jossa keittiön liesikuvun poisto on kytketty LTO:lla varustettuun ilmanvaihtokoneeseen. Riittävä kärynpisto on varmistettu liesikuvun tehokkaalla kärynsieppauskyvyllä, riittävän väljällä kanavistomitoituksella ja riittävällä kanavistopaineella tehostusilmavirralla. Taulukossa 8 esitetään ilmavirrat eri säätöasenoilla ja päätelaitteiden esisäätöarvot. Taulukossa 9 esitetään kuvassa 20 esitetyn vaihtoehto 1:n osaluettelo ja esimerkkituotteet.



Merkintä	Esimerkkilaitte	Merkintä	Esimerkkilaitte
T1	ECO 1-125 lämmittävä tuloilmalaite	ÄV1	PVA-200-900-100 äänenvaimennin (IVL-kone)
T2	ECO 3-125 lämmittävä tuloilmalaite	ÄV2	PVA-160-300-50 kanavaäänenvaimennin
LT1	Huoneen lämpötilan säädin	ÄV3	PVA-125-300-50 kanavaäänenvaimennin
LL	Lattialämmitys		
LT2	Lattian lämpötilan säädin	LE15	Höyrytiivis lämmöneriste 15 mm
T3	OKA-S-125 tuloilmalaite (ei lämmittävä)	LE100	Höyrytiivis lämmöneriste 100 mm
P1	PINODq-125 poistoilmalaite	IVL-kone	Vallox 150 SE MLV ilmanvaihtolämmityskone
P2	Vallox DL SK 600 design-liesikupu	MLV	Ilman esilämmitys ja viilennys maan lämmöllä
S1	KIP-600 siirtoilmalaite		
S2	KIP-800 siirtoilmalaite		
S3	KIP-1000 siirtoilmalaite		
OR	Ovirako 30 mm, siirtoilma-aukko		

Kuva 20. RET-pientalon ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän mallisuunnitelman vaihtoehto 1.

Taulukko 8. RET-pientalon tulo- ja poistoilmavirrat eri säätöasunnoilla, päätelaitteet ja päätelaitteiden esisäätöarvot.

Tila	Poistoilmavirta, dm ³ /s			Tuloilmavirta, dm ³ /s			Paine-ero, Pa	Esimerkki-päätelaitte ⁵⁾	Esisäätö-asetto
	Kotona	Poissa	Viilennys/tehostus	Kotona	Poissa	Viilennys/tehostus			
MH2	siirtoilma			6	3	12	20 <1	ECO 1T-125 KIP-600	80/184 ³⁾
MH1	siirtoilma			6 6	3 3	12 12	20 20 <1	ECO 1T-125 ECO 1-125 KIP-600	80/184 80/184
VH	-3	-1,5	-6	siirtoilma			30 <1	PINODq-125 ovirako	4/24 30 mm ⁴⁾
MH3	siirtoilma			6	3	12	20 <1	ECO 1T-125 KIP-600	80/184
TK	-3	-1,5	-6	siirtoilma			30 <1	PINODq-125 ovirako	4/24 30 mm
Eteinen+ Käytävä	siirtoilma			siirtoilma			<1	KIP-800	
WC1	-8	-4	-16	siirtoilma			30 <1	PINODq-125 ovirako	11/24 30 mm
Keittiö				6 6	3 3	12 12	20 20	ECO 3T-125 ECO 3-125	96/352 96/352
vaihto- ehto 1	-12	-6	-24/-48 ¹⁾				30	Vallox DL SK 600	G5/F6
vaihto- ehto 2 ²⁾	-12	-6	-24				30	PINODq-125	17/24
KH	-12	-6	-24	siirtoilma			30 <1	PINODq-125 ovirako	17/24 30 mm
Sauna	-6	-3	-12				30	PINODq-125	9/24
				6	3	12	20	OKA-S-125	74/112
Tekn	-2	-1	-4				30	PINODq-125	3/24
				2	1	4	20	OKA-S-125	24/112
WC2	-8	-4	-16	siirtoilma			30 <1	PINODq-125 ovirako	11/24 30 mm
KHH	-12	-6	-24	siirtoilma			30 3	PINODq-125 KIP-1000	17/24
Takkah				6	3	12	20	ECO 3-125 ⁵⁾	96/352
OH				6 6	3 3	12 12	20 20	ECO 3T-125 ECO 3-125	96/352 96/352
Yhteensä	-66	-33	-132	62	31	124			
	Minimi	Poissa	Tehostus	Minimi	Poissa	Tehostus	Minimi		
Keittiön liesikupu- kone ²⁾	-6	0	-48				30	Vallox DL SK 600	G3/F6
(vaihtoehto 2)				3 3	0 0	24 24	- -	OKI-125 OKI-125	184/184 184/184

¹⁾ Liesikuvun poistoilmavirta tehostuspelti aukiasennossa.

²⁾ Kun käytetään erillistä liesikupukonetta (vaihtoehto 2), asuintilojen ilmanvaihtojärjestelmään liitetty liesikupu korvataan keittiöön sijoitetulla poistoilmalaitteella.

³⁾ Reikiä auki/reikiä yhteensä.

⁴⁾ Oven levyisen raon korkeus.

⁵⁾ ECO T sisältää huoneen lämpötilan säätimen. Takkahuoneen lämmittävää tuloilmalaitetta (ECO 3) säädetään olohuoneen säätimellä.

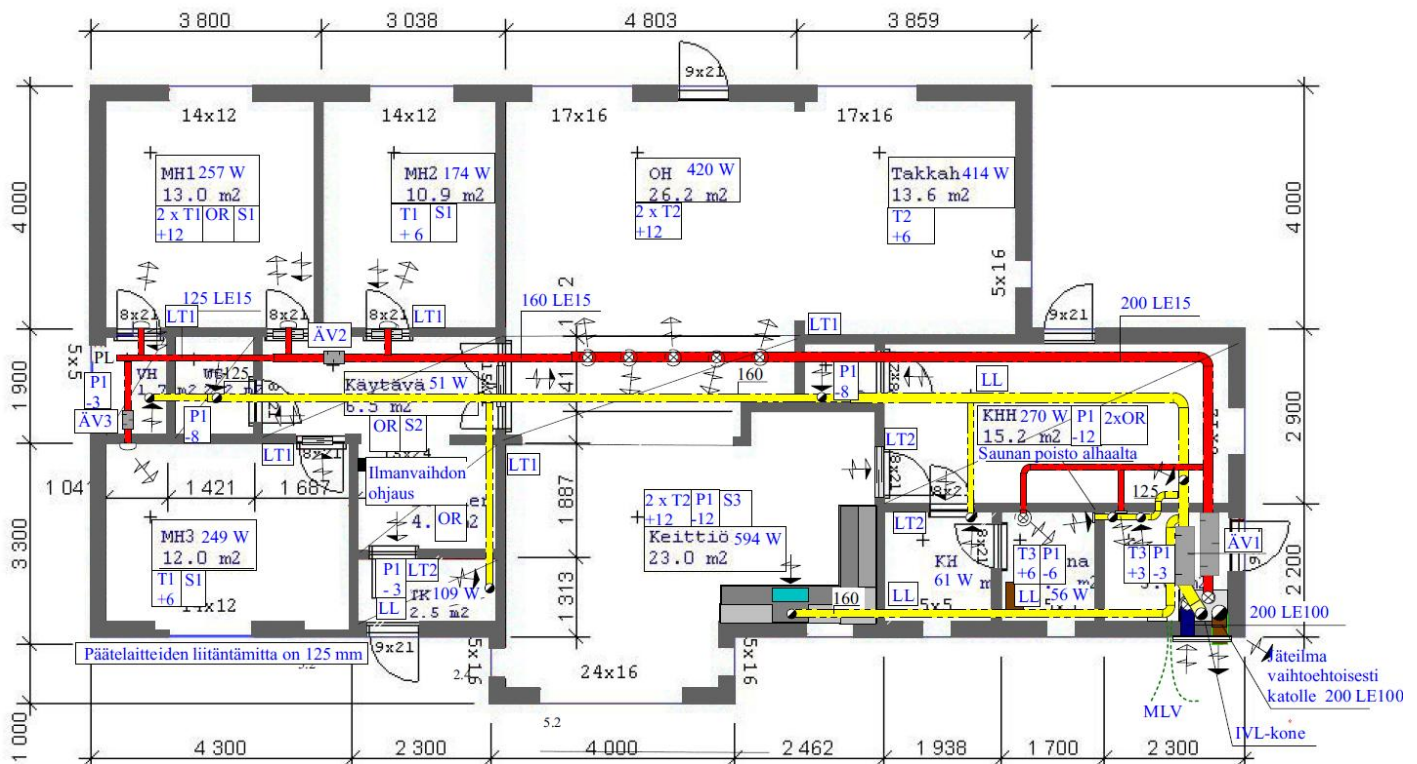
ECO, OKA, OKI, PINOD ja KIP ovat RCL Climeconin tuotemerkkejä

Taulukko 9. RET-pientalon ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän vaihtoehdon 1 osaluettelo.

Nimike	Esimerkkituote	Lukumäärä	Koko	Kuvaus
Ulkoilma				
Ulkoilmasäleikkö	Fläkt Woods RISV-200	1	200	
Ulkoilmakanava	Uponor		200	Höyrytiivis lämmöneriste, 100 mm
Tuloilma				
Äänenvaimennin	IVK-Tuote PVA-200-900-100	1	200	Pituus 900 mm
Tuloilmakanava osineen	Uponor		200	Höyrytiivis lämmöneriste, 15 mm
Tuloilmakanava osineen	Uponor		160	Höyrytiivis lämmöneriste, 15 mm
Tuloilmakanava osineen	Uponor		125	Höyrytiivis lämmöneriste, 15 mm
Äänenvaimennin	IVK-Tuote PVA-160-300-50	1	160	Pituus 300 mm
Äänenvaimennin	IVK-Tuote PVA-125-300-50	1	125	Pituus 300 mm
Poistoilma				
Poistoilmakanava osineen	Fläkt Woods/ Uponor		200	Kierresauma tai muovikanava ²⁾
Poistoilmakanava osineen	Fläkt Woods/ Uponor		160	Kierresauma tai muovikanava ²⁾
Poistoilmakanava osineen	Fläkt Woods/ Uponor		125	Kierresauma tai muovikanava ²⁾
Äänenvaimennin	IVK-Tuote PVA-200-900-100	1	200	Pituus 900 mm
Jäteilma				
Jäteilmakanava	Fläkt Woods/ Uponor	1	200	Höyrytiivis lämmöneriste, 100 mm
Ulospuhallushajotin joko ulkoseinäpuhallus tai kattopuhallus	RCL Climecon UPA-200 IVK-Tuote UVD-200	1 1	200 200	
Ilmanvaihto-, lämmitys- ja viilennyslaitteet				
Ilmanvaihtolämmityskone	Vallox 150 SE MLV	1		LTO:lla varustettu ilmanvaihtokone
Äänenvaimennusyksikkö	Vallox			Äänenvaimennus tulo-, poisto-, ulko- ja jäteilmakanavassa
Maalämpöpatteri	Vallox MLV			
Maalämpöputkisto	Vallox		1)	
Maalämpöputkiston tekniikka	Vallox			
1) Mitoitus maaperän mukaan				
2) Keittiön kanavointi kierresaumakanavaa				

5.2.4 Ilmanvaihtolämmityksen mallipiirustus, vaihtoehto 2

Kuvassa 21 esitetään ilmanvaihtolämmityssuunnitelman vaihtoehto 2, jossa keittiön liesikuvun poistolalle on oma LTO:lla varustettu ilmanvaihtokone. Tässä ratkaisussa kohtuullinen kärynpoisto on saavutettavissa myös sellaisilla liesikuvuilla, joiden kärynsiippauskyky ei ole erityisen hyvä. Tällaisia ovat tyypillisesti niin sanotut design-kuvut. Tässä ratkaisussa ei rakennukseen synny suurta alipainetta, kuten liesituuletinta tai huippuimuria käytettäessä syntyy. Tämä helpottaa muun muassa tulisijan vedon hallintaa. Kun keittiön liesikuvun poistoilmasta otetaan lämpö talteen, voidaan poistoilman lämmöntalteenotossa saavuttaa jopa 70 % vuosihyötysuhde. Taulukossa 10 esitetään kuvassa 21 esitetyn vaihtoehto 2:n osaluettelo ja esimerkkituotteet.



Merkintä	Esimerkkilaite	Merkintä	Esimerkkilaite
T1	ECO 1-125 lämmittävä tuloilmalaite	ÄV1	PVA-200-900-100 äänenvaimennin (IVL-kone)
T2	ECO 3-125 lämmittävä tuloilmalaite	ÄV2	PVA-160-300-50 kanavaäänenvaimennin
LT1	Huoneen lämpötilan säädin	ÄV3	PVA-125-300-50 kanavaäänenvaimennin
LL	Lattialämmitys	ÄV4	PVA-125-900-100 kanavaäänenvaimennin
LT2	Lattian lämpötilan säädin		
T3	OKA-S-125 tuloilmalaite (ei lämmittävä)	LE15	Höyrytiivis lämmöneriste 15 mm
P1	PINODq-125 poistoilmalaite	LE100	Höyrytiivis lämmöneriste 100 mm
P2	Vallox DL SK 600 design-liesikupu		
S1	KIP-600 siirtoilmalaite	IVL-kone	Vallox 150 SE MLV ilmanvaihtolämmityskone
S2	KIP-800 siirtoilmalaite	MLV	Ilman esilämmitys ja viilennys maan lämmöllä
S3	KIP-1000 siirtoilmalaite	IV-kone	Vallox 70 keittiön ilmanvaihtokone
OR	Ovirako 30 mm, siirtoilma-aukko		

Kuva 21. RET-pientalon ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän mallisuunnitelman vaihtoehto 2.

Taulukko 10. RET-pientalon ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän vaihtoehdon 2 osaluettelo.

Nimike	Esimerkkituote	Lukumäärä	Koko	Kuvaus
Ulkoilma				
Ulkoilmasäleikkö	Fläkt Woods RISV-200	1	200	
Ulkoilmasäleikkö	RCL Climecon UPSI-125	³⁾	125	
Ulkoilmakanava	Fläkt Woods/ Uponor		200	Höyrytiivis lämmöneriste, 100 mm
Tuloilma				
Äänenvaimennin	IVK-Tuote PVA-200-900-100	1	200	Pituus 900 mm
Tuloilmakanava osineen	Uponor		200	Höyrytiivis lämmöneriste, 15 mm
Tuloilmakanava osineen	Uponor		160	Höyrytiivis lämmöneriste, 15 mm
Tuloilmakanava osineen	Uponor		125	Höyrytiivis lämmöneriste, 15 mm
Äänenvaimennin	IVK-Tuote PVA-160-300-50	1	160	Pituus 300 mm
Äänenvaimennin	IVK-Tuote PVA-125-300-50	1	125	Pituus 300 mm
Äänenvaimennin	IVK-Tuote PVA-125-900-100	1	125	Pituus 900 mm
Poistoilma				
Poistoilmakanava osineen	Fläkt Woods/ Uponor		200	Kierresauma tai muovikanava ²⁾
Poistoilmakanava osineen	Fläkt Woods/ Uponor		160	Kierresauma tai muovikanava ²⁾
Poistoilmakanava osineen	Fläkt Woods/ Uponor		125	Kierresauma tai muovikanava ²⁾
Äänenvaimennin	IVK-Tuote PVA-200-900-100	1	200	Pituus 900 mm
Äänenvaimennin	IVK-Tuote PVA-125-900-100	1	125	Pituus 900 mm
Jäteilma				
Jäteilmakanava	Fläkt Woods/ Uponor	1	200	Höyrytiivis lämmöneriste, 100 mm
Ulospuhallushajotin joko ulkoseinäpuhallus tai kattopuhallus	RCL Climecon UPA-200 IVK-Tuote UVD-200	1 1	200 200	
Ulospuhallushajotin ³⁾	RCL Climecon UPSI-125	1	125	
Ilmanvaihto-, lämmitys- ja viilennyslaitteet				
Ilmanvaihtolämmityskone	Vallox 150 SE MLV	1		LTO:lla varustettu ilmanvaihtokone
Äänenvaimennusyksikkö	Vallox			Äänenvaimennus tulo-, poisto-, ulko- ja jäteilmakanavassa
Keittiön ilmanvaihtokone	Vallox 70	1		LTO:lla varustettu ilmanvaihtokone
Maalämpöpatteri	Vallox MLV			
Maalämpöputkisto	Vallox		¹⁾	
Maalämpöputkiston tekniikka	Vallox			
¹⁾ Mitoitus maaperän mukaan				
²⁾ Keittiön kanavointi kierresaumakanavaa				
³⁾ UPSI-125 on yhdistetty ulkoilman sisäännotto- ja jäteilman ulospuhalluslaite				

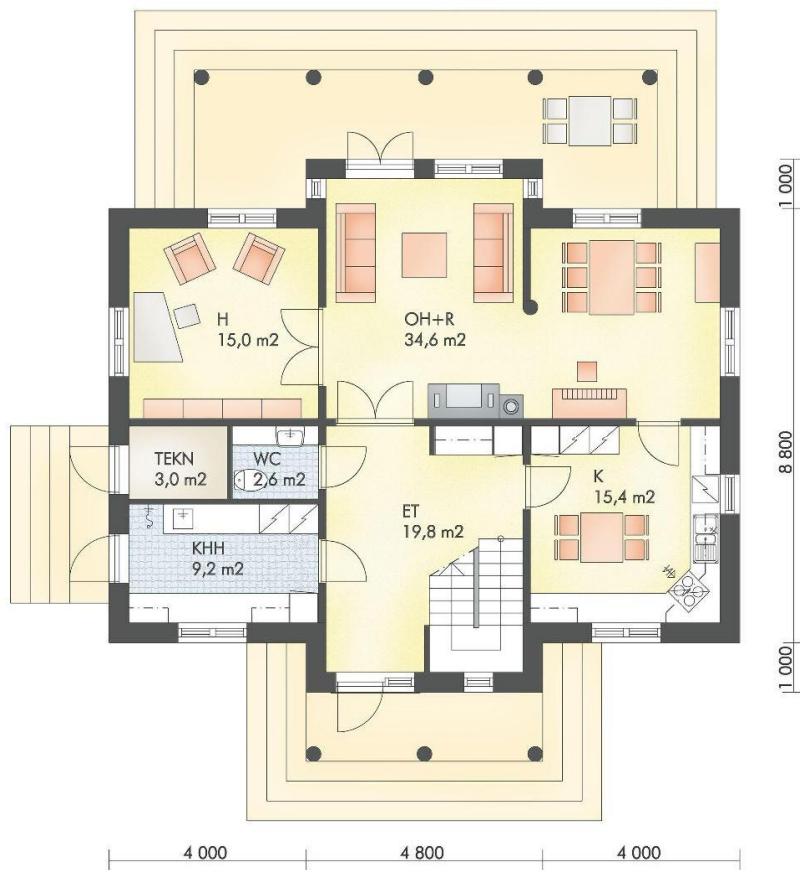
5.3 2-kerroksinen Kuunlilja-pientalo

Ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän mallisuunnitelma laadittiin kaksikerroksiselle Kuunlilja-pientalolle, joka on peräisin Lammi-Kivitalot Oy:n talokirjasta. Kuunlilja on tilaratkaisultaan selväpiirteinen pientalo. Se on talotekniikan sijoittelultaan ja reititykseltään kompakti lukuun ottamatta keittiön syrjäistä sijaintia märkätiloihin nähden. Taulukossa 11 esitetään Kuunlilja-pientalon yleistiedot. Kuunlilja-pientalon pohjapiirros ja julkisivut esitetään kuvissa 22 – 25.

Taulukko 11. Kuunlilja-pientalon yleistiedot. Suunnittelija Jukka Ulvinen.

Rakennuksen yleistiedot

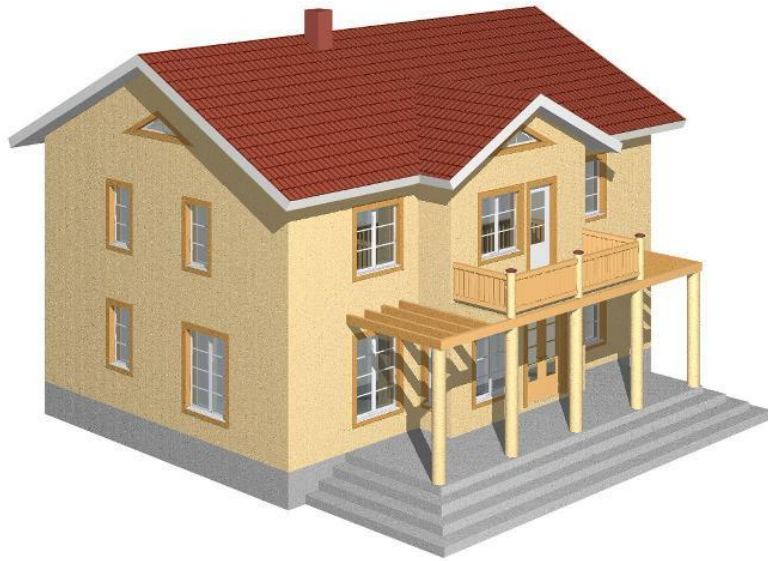
Rakennustilavuus	694	rak-m ³
Bruttoala	224	brm ²
Huoneala, lämpimät tilat	189	m ²
Julkisivujen pinta-ala	163	m ²
Kerroskorkeus	3,0	m
Huonekorkeus	2,6	m
Ilmatilavuus, lämpimät tilat	502	m ³
Ikkunapinta-ala	23,4	m ²
Huoneistojen lukumäärä	1	
Kerrosten lukumäärä	2	
Henkilöiden lukumäärä	5	
Sisälämpötila, lämmitys	21	°C
Sisälämpötila, jäähdytys	-	°C
Mitoitusulkolämpötila	-26	°C
Säävyöhyke I	Helsinki-Vantaa 1979	



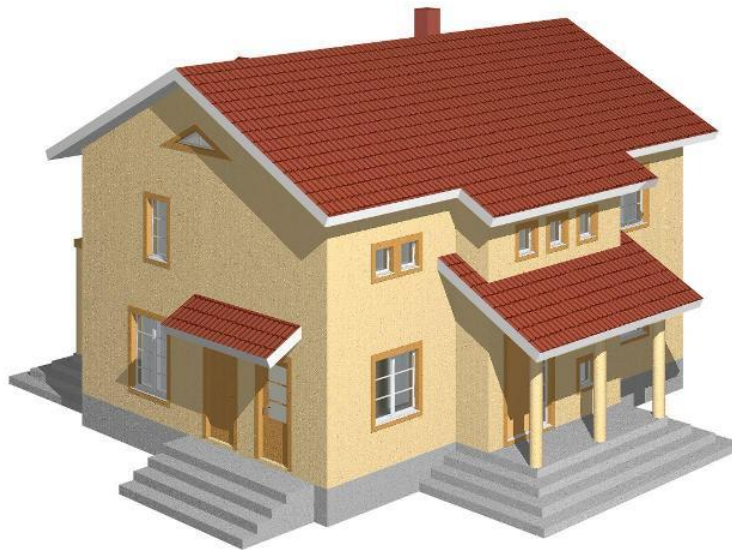
Kuva 22. Kuunnilja-pientalon 1. kerroksen pohjapiirros.



Kuva 23. Kuunnilja-pientalon 2. kerroksen pohjapiirros.



Kuva 24. Kuunilja-pientalon julkisivu etelään ja länteen.



Kuva 25. Kuunilja-pientalon julkisivu pohjoiseen ja itään.

5.3.1 Ilmavirtojen mitoitus

Kuunlilja-pientalon ilmanvaihdon käyttöajan tehostamattomat ilmavirrat esitetään taulukossa 12. Ilmavirrat mitoitettiin rakentamismääräyskokoelman osan D2/2010 mukaan. Makuuhuoneiden tuloilmavirtojen mitoituserusteena oli 6 dm³/s henkilöä kohti. Olohuoneen ja ruokailutilan muodostaman avonaisen tilan tuloilmavirtojen mitoituserusteena oli noin 0,5 dm³/s lattianeliometriä kohti. Poistoilmavirrat mitoitettiin ohjearvojen mukaan, kuitenkin niin, että rakennuksesta tuli lievästi alipaineinen (poistoilmavirta oli 4 dm²/s suurempi kuin tuloilmavirta). Tällä mitoituksella rakennuksen ilmanvaihtokertoimeksi tuli noin 0,6 1/h.

Taulukko 12. Kuunlilja-pientalon tulo- ja poistoilmavirtojen mitoitus. Käyttöajan tehostamattomat ilmavirrat.

Tila	Poistoilmavirta		Tuloilmavirta	
	dm ³ /s/m ²	dm ³ /s	dm ³ /s/m ²	dm ³ /s
ET			0,31	6,0
K	-0,78	-12,0	0,39	6,0
OH+R			0,52	18,0
H			0,4	6,0
TEKN	-1,00	-3,0	1	3,0
WC	-3,85	-10,0		
KHH	-1,74	-16,0		
AULA+PORRAS	-0,28	-6,0	0,29	6,0
MH1 (14,2 m ²)			0,42	6,0
MH2 (13,6 m ²)			0,44	6,0
MH3 (12,8 m ²)			0,47	6,0
MH4 (15,0 m ²)			0,8	12,0
VH1 (2,3 m ²)	-1,67	-3,0		
WC	-6,67	-10,0		
PE	-2,35	-16,0		
SA	-2,00	-8,0	2,0	8,0
VH2 (1,8 m ²)	-1,30	-3,0		
Yhteensä	-0,45	-87,0	0,43	83,0

5.3.2 Lämmitystehontarpeet ja energiankulutus

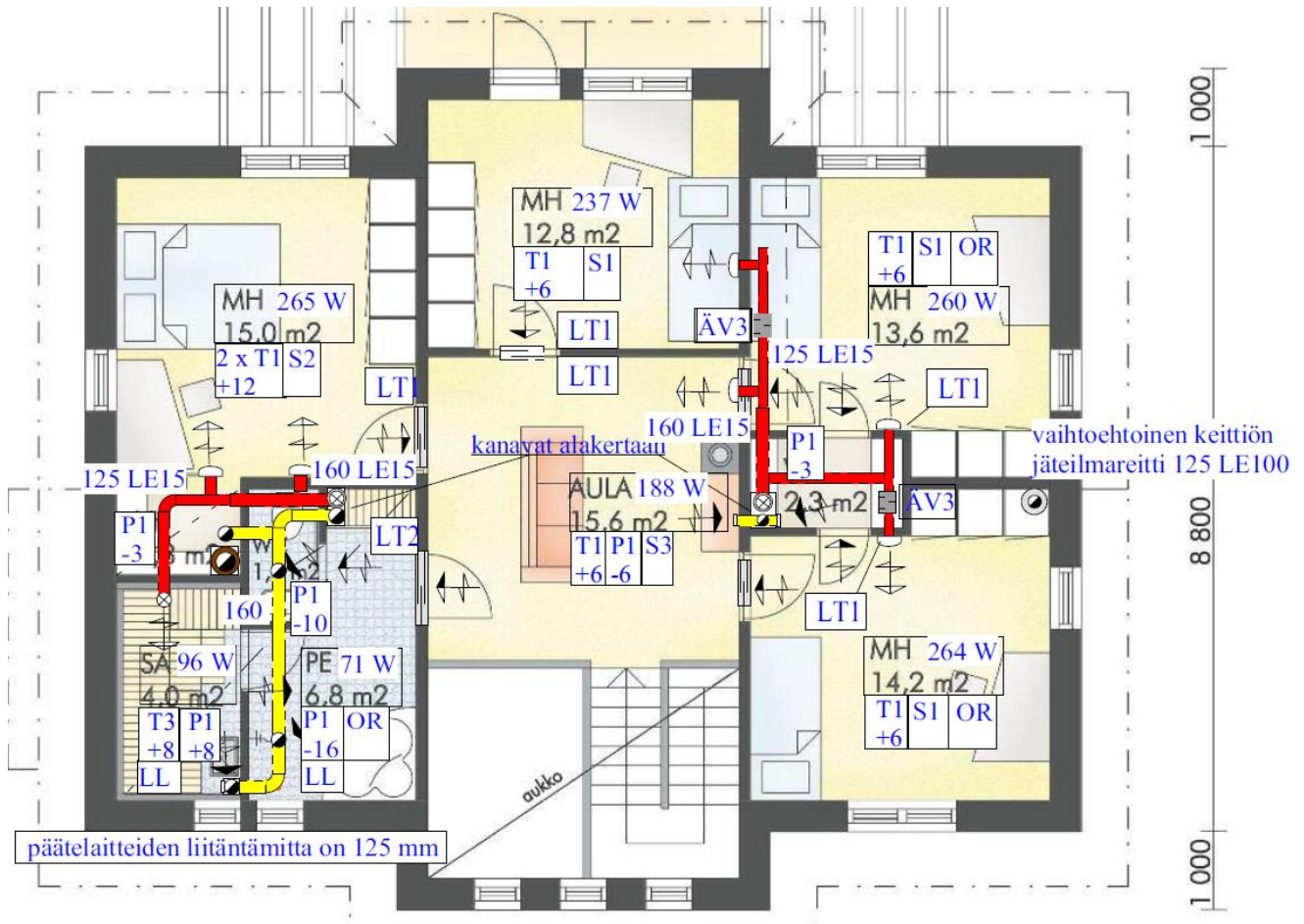
Kuunilija-pientalon lämmitystehontarve laskettiin neljälle eri vaihtoehdolle, joiden tarkemmat tiedot esitetään taulukossa 1. Tilakohtaiset lämmitystehontarpeet esitetään taulukossa 13. Vuoden 2010 vaatimukset täyttävässä versiossa RakMk 2010 tilojen lämmitystehon tarpeet ovat niin suuret, etteivät ilmanvaihdon tuloilmavirrat riitä lämmittämiseen käytetyllä mitoituksella. Tässä vaihtoehdossa on joko lisättävä tuloilmavirtoja ja käytettävä mahdollisesti kierrätysilmaa entisajan ilmalämmityksen tapaan tai käytettävä lisälämmittämiä kovimmilla pakkasilla.

Energiatehokkaissa RakMk 2012 versioissa ilmanvaihtolämmityksen teho riittää eikä lisälämmittämiä tarvita. Sellaiset tilat, joihin ei puhalleta tuloilmaa, lämmitetään tarvittaessa muilla lämmittimillä. Märkätilojen ja kodinhoitohuoneen kivipintaisissa lattioissa on mukavuuslattialämmitys, jolla myös huoneilma pysyy lämpiminä. Mukavuuslattialämmitys suunnitellaan matalatehoisena eli lattialämmityksen mitoitus-teho on vain 20 - 30 W/m².

Taulukossa 13 esitetään eri vaihtoehtojen energiatehokkuusluokat (ET-luokka) ja energiankulutukset. Laskentamenetelmänä on käytetty rakentamismääräyskokoelman osan D5/2007 mukaista menetelmää. Kaikki ratkaisuvaihtoehdot olivat ET-luokkaa A.

Taulukko 13. Kuunlilja-pientalon eri ratkaisuvaihtoehtojen lämmitystehontarpeet, kun ulkoilman lämpötila on $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ sekä vuotuinen energiankulutus. Ilmanvaihtolämmityksen mitoitusilanteessa lämmittävästä tuloilmalaitteesta saatava lämmitysteho esitetään oikeanpuolimaisessa sarakkeessa. Märkätilojen ja kodinhoitohuoneen kivipintaisissa lattioissa on mukavuuslattialämmitys ($20 - 30\text{ W/m}^2$).

Tila	RakMk 2010	RakMk 2012 US=0,17	RakMk 2012 US=0,14	RakMk 2012 US=0,12	Lämmittävän tuloilmalaitteen maksimiteho
	W	W	W	W	W
ET	370	259	244	235	307
K	342	282	256	239	306
OH+R	885	654	619	597	919 ¹⁾
H	410	331	307	291	306
TEKN	148	84	80	78	0
WC	6	4	4	4	0
KHH	357	256	237	226	0
AULA+PORRAS	260	218	200	188	307
MH1 (14,2 m ²)	368	307	281	264	305
MH2 (13,6 m ²)	363	303	277	260	306
MH3 (12,8 m ²)	363	260	246	237	307
MH4 (15,0 m ²)	369	307	282	265	613 ²⁾
VH1 (2,3 m ²)	8	6	6	6	0
WC	6	5	5	5	0
PE	100	85	77	71	0
SA	138	121	106	96	0
VH2 (1,8 m ²)	42	37	32	29	0
Yhteensä	4 535	3 517	3 257	3 090	3 676
¹⁾ tilassa on kolme lämmittävää tuloilmalaitetta					
²⁾ tilassa on kaksi lämmittävää tuloilmalaitetta					
Energiatodistus					
ET-luku, kWh/bm ² ,a	125	98	95	94	
ET-luokka	A	A	A	A	
Energiankulutus, kWh/huon-m²,a					
Lämmitysenergia yhteensä	84	54	52	50	
Tilojen lämmityksen nettoenergiantarve	44	17	15	14	
Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia	6	6	6	6	
Käyttöveden lämmityksen nettoenergiantarve	28	28	28	28	
Käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia	7	3	3	3	
Laitesähköenergiankulutus	60	56	56	56	
Ostettava lämmitysenergia	84	54	52	50	
Arvioitu E-luku (laskentamenetelmä on RakMk osan D5/2007 mukainen)	288	219	215	212	



Merkintä	Esimerkkilaitte	Merkintä	Esimerkkilaitte
T1	ECO 1-125 lämmittävä tuloilmalaite	ÄV1	PVA-250-900-100 äänenvaimennin (IVL-kone)
T2	ECO 3-125 lämmittävä tuloilmalaite	ÄV3	PVA-125-300-50 kanavaäänenvaimennin
LT1	Huoneen lämpötilan säädin		
LL	Lattialämmitys	LE15	Höyrytiivis lämmöneriste 15 mm
LT2	Lattian lämpötilan säädin	LE100	Höyrytiivis lämmöneriste 100 mm
T3	OKA-S-125 tuloilmalaite (ei lämmittävä)		
P1	PINODq-125 poistoilmalaite	IVL-kone	Vallox 200 SE MLV ilmanvaihtolämmityskone
P2	Vallox DL SK 600 design-liesikupu	MLV	Ilman esilämmitys ja viilennys maan lämmöllä
S1	KIP-600 siirtoilmalaite		
S2	KIP-800 siirtoilmalaite		
S3	KIP-1000 siirtoilmalaite		
OR	Ovirako 30 mm, siirtoilma-aukko		

Kuva 27. Kuunilja-pientalon 2. kerroksen ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän mallisuunnitelman vaihtoehto 1.

Taulukko 14. Kuunlilja-pientalon tulo- ja poistoilmavirrat eri säätöasunnoilla ja päätelaitteiden esisäätöarvot.

Tila	Poistoilmavirta, dm ³ /s			Tuloilmavirta, dm ³ /s			Paine-ero, Pa	Esimerkki-päätelaite ⁵⁾	Esisäätö-asento
	Kotona	Poissa	Viilennys/tehostus	Kotona	Poissa				
ET	siirtoilma			6	3	96/352 ³⁾ 30 mm ⁴⁾	20 <1	ECO 3T-125 ovirako	96/352 ³⁾ 30 mm ⁴⁾
K	-12	-6	-24/-48 ¹⁾				30	Vallox DL SK 600	G5/F6
				6	3	12	20 <1	ECO 1T-125 ovirako	80/184 30 mm
OH+R	siirtoilma			6	3	12	20	ECO 1T-125	80/184
				6	3	12	20	ECO 1-125	80/184
				6	3	12	20	ECO 1-125 ovirako	80/184 30 mm
H	siirtoilma			6	3	12	20 <1	ECO 1T-125 ovirako	80/184 30 mm
TEKN	-3	-1,5	-6				30	PINODq-125	4/24
				3	1,5	3	20	OKA-S-125	36/112
WC	siirtoilma						30 <1	PINODq-125 ovirako	14/24 30 mm
				-10					30
KHH	siirtoilma						30 <1	PINODq-125 ovirako	23/24 30 mm
AULA+ PORRAS	-6	-3	-12				30	PINODq-125	9/24
				6	3	12	20	ECO 1T-125	80/184
MH1 (14,2 m ²)	siirtoilma			6	3	12	20 <1	ECO 1T-125 KIP-600	80/184
MH2 (13,6 m ²)	siirtoilma			6	3	12	20 <1	ECO 1T-125 KIP-600	80/184
MH3 (12,8 m ²)	siirtoilma			6	3	12	20 <1	ECO 1T-125 KIP-600	80/184
MH4 (15,0 m ²)	siirtoilma			6	3	12	20	ECO 1T-125	80/184
				6	3	12	20 <1	ECO 1-125 KIP-800	80/184
VH1 (2,3 m ²)	siirtoilma						30 <1	PINODq-125 ovirako	4/24 30 mm
WC	siirtoilma						30	PINODq-125	14/24
							-10	-5	-20
PE	siirtoilma						30	PINODq-125	23/24
							-16	-8	-32
SA	siirtoilma						30	PINODq-125	11/24
				-8	-4	-16	8	4	16
VH2 (1,8 m ²)	siirtoilma						30 <1	PINODq-125 ovirako	4/24 30 mm
Yhteensä	-87	-33	-174	83	42	163			
	Minimi	Poissa	Tehostus	Minimi	Poissa	Tehostus	Minimi		
Keittiön erillinen liesikupu- kone	-6	0	-48				30	Vallox DL SK 600	G3/F6
				3		24	-	OKI-125	184/184
				3	0	24	-	OKI-125	184/184
Keittiö ²⁾	-12	-6	-24				30	PINODq-125	17/24

¹⁾ Liesikuvun poistoilmavirta tehostuspelti aukiasennossa

²⁾ Kun käytetään erillistä liesikupukonetta, asuintilojen ilmanvaihtojärjestelmään liitetty liesikupu korvataan keittiön kattoon sijoitetulla poistoilmalaitteella.

³⁾ Reikiä auki/reikiä yhteensä.

⁴⁾ Oven levyisen raon korkeus.

⁵⁾ ECO T sisältää huoneen lämpötilan säätimen

ECO, OKA, OKI, PINOD ja KIP ovat RCL Climeconin tuotemerkkejä

Taulukko 15. Kuunilija-pientalon ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän vaihtoehdon 1 osaluettelo.

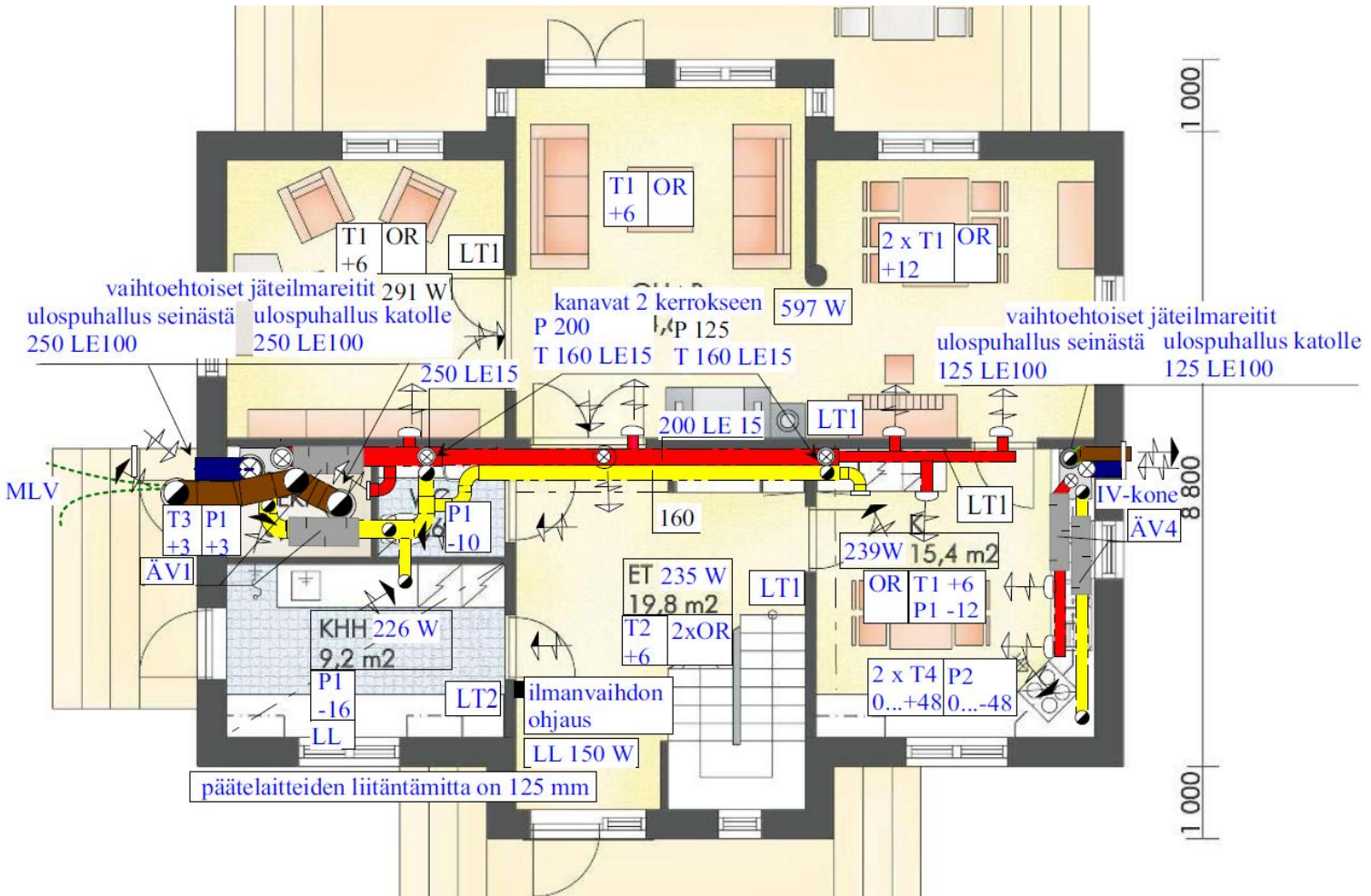
Nimike	Esimerkituote	Lukumäärä	Koko	Kuvaus
Ulkoilma				
Ulkoilmasäleikkö	Fläkt Woods RISV-315	1	315	
Ulkoilmakanava	Fläkt Woods		250	Höyrytiivis lämmöneriste, 100 mm
Tuloilma				
Äänenvaimennin	IVK-Tuote PVA-250-900-100	1	250	Pituus 900 mm
Tuloilmakanava osineen	Fläkt Woods		250	Höyrytiivis lämmöneriste, 15 mm
Tuloilmakanava osineen	Uponor		200	Höyrytiivis lämmöneriste, 15 mm
Tuloilmakanava osineen	Uponor		160	Höyrytiivis lämmöneriste, 15 mm
Tuloilmakanava osineen	Uponor		125	Höyrytiivis lämmöneriste, 15 mm
Äänenvaimennin	IVK-Tuote PVA-125-300-50	2	125	Pituus 300 mm
Poistoilma				
Poistoilmakanava osineen	Fläkt Woods		250	Kierresaumakanava
Poistoilmakanava osineen	Uponor/Fläkt Woods		200	Kierresauma tai muovikanava ²⁾
Poistoilmakanava osineen	Uponor/Fläkt Woods		160	Kierresauma tai muovikanava ²⁾
Poistoilmakanava osineen	Uponor/Fläkt Woods		125	Kierresauma tai muovikanava ²⁾
Äänenvaimennin	IVK-Tuote PVA-250-900-100	1	250	Pituus 900 mm
Jäteilma				
Jäteilmakanava	Fläkt Woods	1	250	Höyrytiivis lämmöneriste, 100 mm
Ulospuhallushajotin joko ulkoseinäpuhallus tai kattopuhallus	RCL Climecon UPA-200 IVK-Tuote UVD-250	1-2 1	200 250	
Ilmanvaihto-, lämmitys- ja viilennyslaitteet				
Ilmanvaihtolämmityskone	Vallox 200 SE MLV	1		LTO:lla varustettu ilmanvaihtokone
Äänenvaimennusyksikkö	Vallox			Äänenvaimennus tulo-, poisto-, ulko- ja jäteilmakanavassa
Maalämpöpatteri	Vallox MLV			
Maalämpöputkisto	Vallox		1)	
Maalämpöputkiston tekniikka	Vallox			
1) Mitoitus maaperän mukaan				
2) Keittiön kanavointi kierresaumakanavaa				

5.3.4 Ilmanvaihtolämmityksen mallipiirustus, vaihtoehto 2

Kuvassa 28 esitetään ilmanvaihtolämmityssuunnitelman vaihtoehto 2, jossa keittiön liesikuvun poistolle on oma LTO:lla varustettu ilmanvaihtokone. Tässä ratkaisussa ei rakennukseen synny suurta alipainetta, kuten liesituuletinta tai huippuimuria käytettäessä syntyy. Tämä helpottaa muun muassa tulisijan vedon

hallintaa. Kun keittiön liesikuvun poistoilmasta otetaan lämpö talteen, voidaan poistoilman lämmöntalteenotossa saavuttaa jopa 70 % vuosihyötysuhde.

Taulukossa 16 esitetään kuvassa 28 esitetyn vaihtoehto 2:n osaluettelo ja esimerkkituotteet.



Merkintä	Esimerkkilaitte	Merkintä	Esimerkkilaitte
T1	ECO 1-125 lämmittävä tuloilmalaite	ÄV1	PVA-250-900-100 äänenvaimennin (IVL-kone)
T2	ECO 3-125 lämmittävä tuloilmalaite	ÄV3	PVA-125-300-50 kanavaäänenvaimennin
LT1	Huoneen lämpötilan säädin	ÄV4	PVA-125-900-100 kanavaäänenvaimennin
LL	Lattialämmitys		
LT2	Lattian lämpötilan säädin	LE15	Höyrytiivis lämmöneriste 15 mm
T3	OKA-S-125 tuloilmalaite (ei lämmittävä)	LE100	Höyrytiivis lämmöneriste 100 mm
P1	PINODq-125 poistoilmalaite		
P2	Vallox DL SK 600 design-liesikupu	IVL-kone	Vallox 200 SE MLV ilmanvaihtolämmityskone
S1	KIP-600 siirtoilmalaite	MLV	Ilman esilämmitys ja viilennys maan lämmöllä
S2	KIP-800 siirtoilmalaite	IV-kone	Vallox 70 keittiön ilmanvaihtokone
S3	KIP-1000 siirtoilmalaite		
OR	Ovirako 30 mm, siirtoilma-aukko		

Kuva 28. Kuunilja-pientalon 1. kerroksen ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän mallisuunnitelman vaihtoehto 2. Kuvassa 26 esitetään 2. kerroksen mallisuunnitelma.

Taulukko 16. Kuunilija-pientalon ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän vaihtoehdon 2 osaluettelo.

Nimike	Esimerkkituote	Lukumäärä	Koko	Kuvaus
Ulkoilma				
Ulkoilmasäleikkö	Fläkt Woods RISV-315	1	315	
Ulkoilmasäleikkö	RCL Climecon UPSI-125	³⁾	125	
Ulkoilmakanava	Fläkt Woods		250	Höyrytiivis lämmöneriste, 100 mm
Tuloilma				
Äänenvaimennin	IVK-Tuote PVA-250-900-100	1	250	Pituus 900 mm
Tuloilmakanava osineen	Fläkt Woods		250	Höyrytiivis lämmöneriste, 15 mm
Tuloilmakanava osineen	Uponor		200	Höyrytiivis lämmöneriste, 15 mm
Tuloilmakanava osineen	Uponor		160	Höyrytiivis lämmöneriste, 15 mm
Tuloilmakanava osineen	Uponor		125	Höyrytiivis lämmöneriste, 15 mm
Äänenvaimennin	IVK-Tuote PVA-125-300-50	2	125	Pituus 300 mm
Äänenvaimennin	IVK-Tuote PVA-125-900-100	1	125	Pituus 900 mm
Poistoilma				
Poistoilmakanava osineen	Fläkt Woods		250	Kierresaumakanava
Poistoilmakanava osineen	Uponor/Fläkt Woods		200	Kierresauma tai muovikanava ²⁾
Poistoilmakanava osineen	Uponor/Fläkt Woods		160	Kierresauma tai muovikanava ²⁾
Poistoilmakanava osineen	Uponor/Fläkt Woods		125	Kierresauma tai muovikanava ²⁾
Äänenvaimennin	IVK-Tuote PVA-250-900-100	1	250	Pituus 900 mm
Äänenvaimennin	IVK-Tuote PVA-125-900-100	1	125	Pituus 900 mm
Jäteilma				
Jäteilmakanava	Fläkt Woods	1	250	Höyrytiivis lämmöneriste, 100 mm
Ulospuhallushajotin joko ulkoseinäpuhallus tai kattopuhallus	RCL Climecon UPA-200 IVK-Tuote UVD-250	1-2 1	200 250	
Ulospuhallushajotin ³⁾	RCL Climecon UPSI-125	1	125	
Ilmanvaihto-, lämmitys- ja viilennyslaitteet				
Ilmanvaihtolämmityskone	Vallox 200 SE MLV	1		LTO:lla varustettu ilmanvaihtokone
Äänenvaimennusyksikkö	Vallox			Äänenvaimennus tulo-, poisto-, ulko- ja jäteilmakanavassa
Keittiön ilmanvaihtokone	Vallox 70	1		LTO:lla varustettu ilmanvaihtokone
Maalämpöpatteri	Vallox MLV			
Maalämpöputkisto	Vallox		¹⁾	
Maalämpöputkiston tekniikka	Vallox			
¹⁾ Mitoitus maaperän mukaan				
²⁾ Keittiön kanavointi kierresaumakanavaa				

Lähdeviitteet

Passiivenergiatalo harkoista – LVI-tekniikan ratkaisumallit ja suunnitteluohje.
VTT Tutkimusraportti. Espoo 2009 (VTT-R-08496-09)

Suomen rakentamismääräyskokoelma (RakMk), niihin liittyvät ja D3
Tasauslaskin 2010. www.ymparisto.fi/rakentamismaaraykset

Vuoden 2012 rakentamismääräyskokoelman osien C4, D2, D3 ja D5
luonnosversiot (28.9.2010). www.ymparisto.fi/rakentamismaaraykset