



*Saves Your Energy*

# SUUNNITTELUOHJE

Ilmanvaihdon teoriaa & käytännön tietoa

***enervent***<sup>®</sup>



# SUUNNITTELUOHJE

Ilmanvaihdon teoriaa & käytännön tietoa

Ensto Enervent Oy  
Kipinätie 1, 06150 PORVOO  
Puh 0207 528 800  
[www.enervent.fi](http://www.enervent.fi)  
1. painos, 9/2014

## Sisällysluettelo

<b>1</b>	Alkusanat.....	6
<b>2</b>	Mitä sisäilma on?.....	8
<b>3</b>	Ilmanvaihdon tehtävät.....	12
<b>4</b>	Tarvekartoituksesta apua suunnittelutason määrittelyyn .....	24
<b>5</b>	Hyvän ilmanvaihtojärjestelmän rakennuspalikat.....	38
<b>6</b>	Esi- ja jälkilämmitysratkaisut.....	52
<b>7</b>	Ohjausjärjestelmät hyvän sisäilmaston takuuna.....	56
<b>8</b>	Tuloilman viilennys/jäähdytys.....	68
<b>9</b>	Lämpöpumput.....	78
<b>10</b>	Miellyttävä ja energiatehokas ilmalämmitys .....	84
<b>11</b>	Enervent CHG – ilmanvaihdon esilämmitys ja -jäähdytys .....	92
<b>12</b>	Suunnittelun sudenkuopat .....	96
<b>13</b>	Esimerkkiratkaisuja – Enervent-ilmanvaihtoratkaisu erilaisissa kohteissa.....	102
<b>14</b>	Piloteista perusrakentamiseen – passiivi- ja 0-energiarakentaminen on pian valtavirtaa.....	122
	Lähteet .....	130

*Kaikki Enervent-ilmanvaihtolaitteet voi mitoittaa Energy Optimizer -mitoitushjelmalla. Ohjelma on vapaasti käytettävissä Ensto Enerventin kotisivuilla [www.enervent.fi](http://www.enervent.fi).*



# 1

## ALKUSANAT

Onneksi olkoon, pitelet kädessäsi uutta ja merkittävää kirjaa. Olemme koonneet sinulle suunnitteluoppaan, jonka toivomme kuluva jokaisen LVI-alan ammattilaisen ja erityisesti alan suunnittelijan käsissä. Uskomme, että se on tarpeellinen ohjenuora nykyaikaisen pientalojen ja asuinrakennusten huonekohtaisen ilmanvaihdon ymmärtämiseen ja suunnitteluun.

Rakentaminen ja talotekniikka ovat muuttuneet ja kehittyneet muutamassa vuosikymmenessä niin paljon, että jopa alan ammattilaisten on vaikea pysyä vauhdissa mukana. Eriyisen paljon kehitystä on tapahtunut nimenomaan ilmanvaihdon alalla. Alan viimeisimmät viranomaismääräykset on kuitenkin annettu yli kymmenen vuotta sitten. Nekin perustuvat pitkälti vieläkin vanhempiin määräyksiin, ohjeisiin ja toimintatapoihin.

**Rakentamisessa on totuttu luottamaan koeteltuihin keinoihin**, materiaaleihin ja ratkaisuihin, joiden toimivuudesta on mahdollisimman pitkä näyttö. Energiatohokkaan rakentamisen ilmanvaihdon asettamat haasteet sekä vaatimuksemme ja odotuksemme rakennusten taloteknisten ominaisuuksien toimivuudesta ovat kuitenkin muuttuneet niin paljon, ettei niihin vanhoilla keinoilla ja tietämyksellä voi enää vastata.

Siksi kentällä on tarvetta selkeälle, nykyaikaiselle suunnitteluohjeelle, joka yhdistää niin ilmanvaihdon teoriaa kuin käytännön tietoa helppolukuisella tavalla.

### Ilmanvaihdon haasteet muuttuvassa ympäristössä

Entistä energiatehokkaampien rakennusten rakentaminen ja jo olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuuden parantaminen on yksi selkeimmistä keinoista hidastaa ilmastonmuutosta.

Aikaisempaa tiiviimpien ja paremmin eristettyjen rakennusten ilmanvaihdon suunnittelu on vaativa tehtävä. Vanhat, hyväksi koetut säännöt ilmamääräistä, alipaineesta, korvausilmasta ja muista ilmanvaihdon toiminnan kannalta kriittisistä osista eivät enää pädekään.

**Harvaan rakennukseen ilmavuodot** ovat tarpeen vaatiessa tuoneet korvausilmaa, mutta tiiviissä talossa ilmanvaihtolaite on talon ainoa henkireikä ulkomaailmaan. Tiivis rakennus ei anna anteeksi suunnittelun tai asennuksen virheitä eikä salli suunnittelutilanteessa ajatellusta poikkeavaa käyttöä. Näin ollen aikanaan kokemusperäisesti todetut ilmamäärät eivät enää täytäköön nykyaikaisen käytön ja rakentamisen vaatimuksia.

**Mitä energiatehokkaampia rakennuksia toteutamme**, sitä tärkeämpään asemaan ilmanvaihdon ja koko rakennuksen moitteeton toimivuus kohoaa. Nollaenergiataso rakentamisessa tulee asettamaan entistäkin suurempia haasteita ilmanvaihtokoneiden toiminnalle ja energiatehokkuudelle.

Harppaukset tuhansia vuosia täysin toimivasta asunnon huonon ilman vaihtamisesta tuuletuksen avulla suunniteltuun ilmanvaihtoon ja siitä edelleen ilmastointiin ovat valtavia. Sopeutumista on nopeuttanut autoissa jo lähes välttämätön ilmastointi, josta monikaan ei olisi valmis luopumaan. Ilmastointi tuo mukanaan tiloihin suunnittelijan asettamien kriteereiden perusteella vaihtuvan ilman lisäksi myös muuta: sisäilman viilennyksen/jäähdytyksen sekä hiilidioksidipitoisuuden sekä kosteuden hallinnan –toisin sanoen hallitun, hyvän sisäilmaston.

**Tekniikan kehitys ja energiatehokas rakentaminen** ovat tuoneet ilmalämmityksen takaisin uusiin omakoti-, pari- ja rivitaloihin. Tiiviissä passiivitalossa ei tarvita totutun kaltaista massiivista lämmitysjärjestelmää. Nykyaikaisessa ilmalämmityksessä (ja –viilennyksessä) käytetään lämpöpumppua ja kiertoilmaa. Sisäilman laatua ohjataan paitsi lämpötila-, myös hiilidioksidi- ja kosteusantureilla.

Energitehokkuuden ohella rakentamisessa puhuttaa terveellisyys ja turvallisuus. Sairaassa rakennuksessa ei kenenkään soisi joutuvan asumaan tai työskentelemään. Meidän kaikkien rakennus- ja kiinteistöalalla työskentelevien velvollisuus on pyrkiä kaikkiin mahdollisiin keinoin varmistamaan uusien rakennusten terveellisyys ja parantaa olemassa olevat, sairaaksi todetut kiinteistöt, jos se suinkin käy päinsä.

**Ilmanvaihdon tärkein tehtävä on taata** terveellinen ja turvallinen sisäilma. Sisäilmaongelmat ja homealtistus ovat asioita, joista ei enää tulevaisuudessa pitäisi joutua keskustelemaan, siihen meidän on pystyttävä IV-alan ammattilaisina vaikuttamaan. Keskiössä on Life Cycle Management (LCM) – oikea suunnittelu, asennus, käyttö ja huolto.

Haasteineen ja nopeasti kehittyvine teknisine ratkaisuineen ilmanvaihtoala on jännittävässä vaiheessa. Pitkälti juuri meidän käsissämme on tulevaisuuden rakennusten terveellisyys ja turvallisuus sekä asukkaiden ja käyttäjien tyytyväisyys.

Haluamme tämän suunnitteluohjeen kautta olla mukana auttamassa sinua, hyvä lukija, pääsemään omassa työssäsi parhaaseen ja asiakastasi miellyttävään lopputulokseen. Olemme onnistuneet tavoitteessamme, kun sinä suunnittelijana ja ilmanvaihdon ammattilaisena saat työstäsi positiivista palautetta tyytyväiseltä asiakkaalta tai loppukäyttäjältä.

*Mukavia lukuhetkiä!*



## 2

## MITÄ SISÄILMA ON?

### D2

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 (alun perin vuodelta 2003, päivitetty 2012) antaa minimivaatimukset rakennusten sisäilmastolle ja ilmanvaihdolle. Niitä noudattamalla päästään sisäilmaluokituksen mukaiseen tyydyttävälle tasolle (S3). Rakennuslupaan se oikeuttaa, mutta ei siis vielä takaa hyvää sisäilman tasoa. Varsinkin omaa kotia rakennettaessa pitäisi pyrkiä mahdollisimman hyvälle, mieluiten parhaalle mahdolliselle sisäilman tasolle.

Hyvä sisäilma on huomaamatonta. Sitä ei näe, haista, maista, kuule eikä tunne. Hyvään sisäilmaan ei tarvitse kiinnittää huomiota. Eron huomaa heti, kun joutuu huonoon sisäilmaan.

Ilmasto on useimmille terminä tuttu ja ainakin periaatteessa meistä jokainen tietää, mitä sillä tarkoitetaan. Sisäilmasto on maallikoille vieraampi käsite. Sillä tarkoitetaan rakennuksen ihmisen terveyteen ja viihtyvyyteen vaikuttavia ympäristötekijöitä.

Tällaisia ympäristötekijöitä ovat lämpö- ja kosteusolosuhteet, ilman epäpuhtaudet sekä allergeenit, sähkömagneettiset kentät, radioaktiivisuus, valaistusolosuhteet sekä melu.

Ilmanvaihdolla on tekemistä käytännössä kaikkien sisäilmaston laatuun vaikuttavien tekijöiden kanssa, valaistusta lukuun ottamatta.

Suomen rakennusmääräyskokoelman osan D2 määräykset ja ohjeet koskevat uuden rakennuksen sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa. Loma-asuntojen osalta määräykset koskevat vain kokovuotiseen tai talviaikaiseen käyttöön tarkoitettuja rakennuksia.

*“Ilmanvaihdolla tarkoitetaan D2:ssa huoneilman laadun ylläpitämistä ja parantamista huoneen ilmaa vaihtamalla.” D2 3.1.1*

### 2.1

## Sisäilmaston laatu ja terveys

Nykyisin ymmärretään, että huono sisäilmasto aiheuttaa oireita monille ihmisille. Oireilu voi pitkittyessään johtaa työkyvyttömyyteen tai pahimmillaan estää oleskelun rakennuksissa, joiden sisäilmasto ei ole parhaalla tasolla. Varsinaisesta tautiluokituksista ei huonon sisäilmaston sairastuttamille ihmisille ole vielä onnistuttu sopimaan. Syynä on vaikeus altistuksen ja oireiden välisen mekanismin aukottomaan osoittamiseen. Ongelma on kuitenkin todellinen ja monien asiantuntijoiden mukaan voimakkaassa kasvussa.

*Ihminen viettää 90 prosenttia elämästään sisätiloissa ja hengittää siis sisäilmaa, hyvää tai huonoa, noin 20 kg vuorokaudessa.*

Huonon sisäilmaston nimenomaan ilmanvaihtoon liittyviä haittoja ovat esimerkiksi erilaiset, vaikkapa homekasvustosta johtuvat epämiellyttävät hajut, ilman tunkkaisuus, korkea hiilidioksidipitoisuus ja veto sekä liian lämmin tai kylmä sisälämpötila.

Osa ihmisistä reagoi sisäilmaston ongelmiin muita herkemmin. He ovat ikään kuin ilman laadun ilmaisimina käytettyjä undulaatteja 1800-luvun hiilikaivoksissa. Kun undulaatti lakkasi laulamasta, ihmistenkin oli aika siirtyä kaivoksesta pikavauhtia maan pinnalle. Siksi herkästi sisäilman laatuun reagoivien ihmisten oireet onkin otettava vakavasti. Yleisimmin huono sisäilmasto aiheuttaa hengitystieoireita, silmien ärsytystä, päänsärkyä ja väsymystä.

Silmien, hengitysteiden ja limakalvojen ja ihon ärsytysoireita voivat aiheuttaa liian korkea lämpötila, liian kuiva ilma, orgaaniset kaasut, kuten formaldehydi, hiukkasmaiset epäpuhtaudet tai bioaerosolit.



Liiallinen lämpö, korkea hiilidioksidipitoisuus, orgaaniset kaasut tai huonot valaistusolosuhteet voivat olla syynä päänsärkyihin, pahoinvointiin, huimaukseen ja väsymykseen.

Kun huono sisäilma todella sairastuttaa, ollaan jo hankalassa tilanteessa. Kliinisestikin havaittavia sairauksia ovat allerginen nuha ja homepölykeuhko, joiden aiheuttajana ovat voineet olla esimerkiksi ilman homeitiöt. Tupakan savu ja radon voivat puolestaan lisätä riskiä sairastua keuhkosityöpään.

Allergia- ja astmaoireet ovat merkittävä kansanterveydellinen ja myös kansantaloudellinen ongelma sairauspoissaolojen aiheuttamien kustannusten vuoksi. Jopa 2/3 lapsista on kärsinyt allergia- tai astmaoireista. Sisäympäristöllä on tutkimusten mukaan ratkaiseva merkitys ihmisen altistumiseen. Sen osuus kaikesta altistuksesta on noin 75 %. Allergia- ja astmaoireita lisäävät mm. huono ilmanvaihto sekä ilman tai rakenteiden korkea kosteustaso.

Onneksi kaikki sisäilmaston ongelmista kärsivät ihmiset eivät sairastu, mutta huono sisäilmasto vaikuttaa kuitenkin niin mielialaan kuin työtehoonkin.

*”Rakennus on suunniteltava ja rakennettava kokonaisuutena siten, että oleskeluyöhykkeellä saavutetaan kaikissa tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto.” D2 2.2.1*

## 2.2 Huomio lämpötilaan

Ihminen tuntee olonsa viihtyisäksi, kun hänen kehonsa on tasapainolämpötilassa. Hänen aineenvaihduntansa siis tuottaa yhtä paljon energiaa kuin siitä siirtyy ympäristöön. Tasapainotila on kuitenkin aina henkilökohtainen. Yhden liian lämmin on toiselle kylmä. Suuren ihmisjoukon keskimäärin sopivana pitämä lämpötila on talvella +20–22°. Kaikille se ei kuitenkaan sovi ja jopa 30 % ihmisistä saattaa tuntea olonsa epämukavaksi normisisälämpötilassa. Hento vanhus tarvitsee ehkä toisenkin neuleen, kun vieraisilla oleva raavas kehonrakentajamies hikoilee tuskaisena.

Olisikin paras, jos jokainen voisi säätää oleskelutilansa lämpötilan vastaamaan omia tottumuksia ja mieltymyksiä.

*”Oleskeluyöhykkeen huonelämpötilan lämmityskauden suunnitteluvarvona käytetään yleensä lämpötilaa +21 °C ja .... kesäkauden suunnitteluvarvona lämpötilaa +23 °C.” D2 2.2.1.1*

Liian lämmin sisäilma lisää tutkimusten mukaan sisäilmaan liittyvää oireilua ja kuivattaa esimerkiksi entisestään atooppista ihoa. Lämpötilojen pitäminen sopivalla tasolla onkin erinomainen keino paitsi parantaa sisäilmastoa, myös lisätä ihmisten viihtyvyyttä ja kaiken muun ohella vähentää energiankulutusta.

Lämpötila tulisi pitää mahdollisimman tasaisena. Ihminen tunnistaa vedoksi ilman liikkeen tai liian suuren ilmavirran, mutta vedon tunnetta voi aiheuttaa myös ilman tai pintojen liian alhainen lämpötila.

*”Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, etteivät ilman liike, lämpösäteily ja pinalämpötilat aiheuta epäviihtyisyyttä oleskeluvyöhykkeellä käyttöaikana.” D2 2.2.3*

## 2.3

### **Pöpöt pihalle ilmanvaihdon avulla**

Tuotamme itse lemmikkeinemme merkittävän osan sisäilman epäpuhtauksista. Päästämme ilmaan esimerkiksi hiilidioksidia, metaania ja aldehydejä. Niistä nimenomaan hiilidioksidia käytetään yleisesti **ihmisperäisten epäpuhtauksien** indikaattorina.

Ihmisperäiset epäpuhtaudet poistetaan tilasta riittävän ilmanvaihdon avulla. Ilmanvaihtoa tulisi myös ohjata todellisen tarpeen mukaan.

*”Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sisäilmassa ei esiinny terveydelle haitallisessa määrin kaasuja, hiukkasia tai mikrobeja eikä viihtyisyyttä alentavia hajuja.” D2 2.3.1*

*”Sisäilman hiilidioksidin pitoisuus tavanomaisissa sääoloissa ja huonetilan käyttöaikana on yleensä enintään 2160 mg/m<sup>3</sup> (1200 ppm).” D2 2.3.1.1*

Hiilidioksidi on terveydelle haitallista vasta melko korkeina pitoisuuksina (yli 5000 ppm). Jotta hiilidioksidin pitoisuus pysyisi edes tyydyttävällä tasolla (alle 1500 ppm), ihmistä kohti lasketun ulkoilmavirran tulisi olla noin 6 litraa sekunnissa. Vaadittua ulkoilmavirran määrää kasvattavat ihmisten lisäksi asuinrakennuksissa myös kotieläimet.

Sisäilman tunkkaisuudesta kärsitään erityisesti makuuhuoneissa. Suosittelemme, että perusilmanvaihdossa (erikseen siis viilennys ja lämmitys), yhden lapsen makuuhuoneen ilmamääräksi lasketaan 2 x 6 l/s ja päämakuuhuoneen 3 x 6 l/s. Näin siksi, että voitaisiin varautua rakennuksen elinkaaren aikaisiin muutoksiin. Ilmamäärää voidaan tarvittaessa laskea, mikäli asumiskuormaa on vähemmän (tarpeenmukainen ilmavaihto).

Perusilmanvaihto poistaa sisäilmasta myös **rakennusperäisiä epäpuhtauksia**. Rakennusmateriaaleilla on suuri merkitys sisäilman laadulle. Parhaan sisäilman takaamiseksi pyritään valitsemaan vähäpäästöisiä S1-sisäilmaluokan materiaaleja.

Oikein ja oikeassa paikassa käytettynä normaalit rakennusmateriaalit eivät yleensä aiheuta vakavia ongelmia. Kaikista materiaaleista vapautuu uutena kuitenkin epäpuhtauksia, joten ensimmäisen käyttövuoden aikana ilmanvaihto olisi pidettävä suuremmalla teholla.

Ilmanvaihtoa ei ole syytäkään suunnitella poistamaan sisäilmasta sellaisia epäpuhtauksia, joista päästään järkevimmin esimerkiksi materiaaleja vaihtamalla.

Usein tilassa on yksittäisiä laitteita tai toimintoja, jotka tuottavat runsaasti epäpuhtauksia ja/tai aiheuttavat lämpö- ja kosteuskuormitusta. Toimistoissa tällaisia tiloja ovat vaikkapa kopiokone-tilat – kodissa märkätilat ja kodinhoituhuoneet pyykinkuivatukseen.

D2:n nykyisiä ilmamääriä määriteltäessä on oletettu, että pyykit kuivataan ulkosalla tai kuivaushuoneissa. D2:n minimi-ilmamäärä kylpyhuoneelle on 10 l/s, jos tehostusvara on 15 l/s. Suunniteltaessa ilmamääriä asunnon kylpyhuoneeseen ja kuivaushuoneeseen voidaan käyttää myös D2:n yhteistilojen ilmamääriä: kylpyhuone 3 l/s/m<sup>2</sup> ja kuivaushuone 2 l/s/m<sup>2</sup>.

Tuuletustekniikan käsikirjassa vuodelta 1959 suositus kylpyhuoneen ilmavirralle on 17–27 l/s ja kuivatushuoneelle 83 l/s. Näin aikana, jolloin kosteuskuorma oli nykyistä huomattavasti pienempi.

Tuloilma johdetaan perinteisesti asunnoissa puhtaammista oleskelutiloista märkätiloihin, jotta sisäilman laatu pysyisi mahdollisimman hyvänä. Paras lopputulos saavutetaan kuitenkin huonekohtaisella tulo/poistoilmanvaihdolla. Liikerakentamisessa epäpuhtauslähteet voidaan esimerkiksi varustaa omalla huuvallaan, jonka kautta epäpuhtaudet siirretään ulos.

**Ulkoilman epäpuhtaudet** kiusaavat ihmistä eniten nimenomaan sisätiloissa.

Ne pääsevät sisään paitsi ikkunoista ja ovista, myös ilmanvaihdon ja ilmavuotojen kautta. Taajama-alueilla ongelmana ovat erityisesti liikenteen saasteet, kuten häkä, hiilivedyt, hiukkaset (noki) ja typen oksidit. Teollisuusalueilla ongelmia voivat aiheuttaa teollisuuden päästöt. Eloperäiset hiukkaset, esimerkiksi siitepölyt, ovat kiusana erityisesti maaseudulla ja puistojen lähistöllä.

Tehokkain tapa pitää sisäilma vapaana ulkoisista epäpuhtauksista on suodattaa likainen ulkoilma ennen sen päästämistä sisään. Myös pöly ja noki saadaan poistettua, kun käytetään karkeasuodattimien lisäksi hienosuodattimia. Puhdastilojen ilman puhtaus varmistetaan aktiivihiihi-, izonisaattori-, kaasu- tai HEPA-suodatuksella, vaikkakin ne ovat tavanomaiseen tilaan usein vielä liian kalliita. Niiden käyttäminen on välttämätöntä, jos ulkoinen epäpuhtauskuorma on suuri.



# 3

## ILMANVAIHDON TEHTÄVÄT

*“Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava rakennuksen suunnitellun käyttötarkoituksen ja käytön perusteella siten, että se luo omalta osaltaan edellytykset tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle sisäilmastolle” D2 3.1.1*

Rakennuksen terveellisen ja viihtyisän sisäilmaston järjestämisessä ilmanvaihdolla on erittäin tärkeä tehtävä.

Hallitulla ilmanvaihdolla varmistetaan, että rakennuksessa riittää puhdasta ilmaa hengittämiseen ja rakennuksessa syntyvät epäpuhtaudet poistetaan tehokkaasti.

*Ihmisen keuhkojen kautta kulkee yli 15 000 litraa ilmaa vuorokaudessa.*

### **Painovoimaisesta ilmanvaihdosta ilmastointiin**

Rakennuksen ilmanvaihto perustuu paine-eroon, joka saadaan aikaan joko koneellisesti puhaltimilla tai painovoimaisessa ilmanvaihdossa lämpötilan ja tuulen yhteisvaikutuksella. Tulo- ja poistoilmanvaihdossa myös tuloilma puhalletaan sisään koneellisesti, poistoilmanvaihdossa puhallinta käytetään vain jäteilman poistamiseen. Ilmastoinnissa tuloilmaa voidaan kosteuttaa tai kuivattaa sekä jäähdyttää että lämmittää. Erilaisten sisäilman laatua mittaavien antureiden avulla sisäilma voidaan pitää ennalta määrättyssä tasapainotilassa ulkoisten olosuhteiden tai käytön muutoksista riippumatta.

Painovoimainen ilmanvaihto oli erityisesti edullisten investointikustannustensa vuoksi yleisin ilmanvaihtotapa aina 1970-luvun loppuun saakka. Painovoimainen ilmanvaihto perustuu lämpötilan ja tuulen aiheuttamiin paine-eroihin sisä- ja ulkoilman välillä. Ruokailaitto vaatii usein erillisen ja suoran poistoilmaratkaisun.

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa on ongelmansa. Ilmanvaihdon ilmavirrat vaihtelevat sääolosuhteiden mukaan: kylmällä säällä ilmanvaihto on suurimmillaan ja lämpimällä säällä usein riittämätön. Tuloilma otetaan sisään suoraan, täysin puhdistamattomana ja käsittelemättömänä. Poistoilman mukana pihalle lasketaan myös kallista lämpöenergiaa.

Painovoimainen ilmanvaihto on toiminut aikakautensa hyvin rakennetussa talossa suhteellisen hyvin kun huonekorkeus on riittävän suuri ja ilman tulo- ja poistoreitit on suunniteltu oikein eikä niitä ole tukittu. Vanhassa talossa painovoimainen ilmanvaihto ei kuitenkaan yleensä enää toimi suunnitellulla tavalla. Korvaavaa ilmaa alkaa tulla jo hatarien rakenteiden läpi. Mitä enemmän vetona tuntuvaa kylmän tuloilman vuotamista yritetään tukkia, sitä suurempia ongelmia saadaan aikaan.

Kun painovoimaisella ilmanvaihdolla varustetun vanhan rakennuksen tiiveyttä parannetaan ja esimerkiksi asennetaan uudet ikkunat, korvausilmaa ei ehkä enää saada riittävästi.

Joskus korjaamisessa tehdään selviä virheitä. Asennetaan väärä päätelaitteita tai asennetaan vaakavetoja ilmanvaihtohormiin. Se kasvattaa paine-eroa, joten hormi ei enää vedäkään.



## Tärkeitä termejä

Lämmön talteenoton tehokkuutta vertaillaan **lämpötilasuhteen** ja **vuosihyötysuhteen** avulla. Lämpötilasuhte kuvaa itse lämmön talteenottolaitteen kykyä ottaa lämpöä talteen standardoidussa testitilanteessa. Vuosihyötysuhde puolestaan kertoo, kuinka suuri osuus ilmanvaihdon tarvitsemasta lämmitysenergiasta lämmön talteenotolla katetaan. Vuosihyötysuhde ottaa huomioon koko lämmityskauden, rakennuksen sijainnin sekä lämmönsiirtimen jäätymisen eston vaikutuksen.

Ilmanvaihtolaite kuluttaa aina sähköä. Sen **ominassähköteho** (SFP - Specific Fan Power) paljastaa, kuinka paljon laitteen puhaltimet tarvitsevat sähköä ilman siirtämiseen. Ominassähkötehoon voidaan vaikuttaa myös hyvällä ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelulla.

Kun vanhaan taloon tehdään energiaremonttia, sen ilmanvaihto on suunniteltava uudesta ja tässä vaiheessa sekä energiatehokkain että asumismukavuutta eniten kokenut vaihtoehto on hankkia moderni koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä.

Koneellinen poistoilmanvaihto alkoi yleistyä omakotitaloissakin 1960-luvulta lähtien. Se otettiin käyttöön, kun painovoimainen ilmanvaihto ei enää tuntunut toimivaksi halutulla tavalla. Taloihin asennettiin poistokanavisto ja huippuimuri. Käytetty ilma poistetaan puhaltimen avulla ja korvausilma otetaan usein ikkunoiden yläpuolelle asennettujen korvausilmaventtiilien kautta. Ongelmana oli sisään tulevan kylmän ilman aiheuttama vedon tunne. Vedon poistamiseksi korvausilmaventtiileitä tukittiin, joten korvausilma etsi reittinsä rakenteiden läpi.

Koneellisen poistoilmanvaihdon ongelma – oikeinkin toimiessaan – on erittäin huono energiatehokkuus. Huippuimuri työntää kalliilla lämmitetyn ilman suoraan ja armotta harakoille. Korvausilman määrää on vaikea hallita tarkasti, joten suuremmalla porukalla sisäilman hiilidioksidipitoisuus nousee helposti liian korkealle tasolle.

Vanhaa taloa kunnostettaessa ja sen rakenteita tiivistettäessä ilmanvaihtojärjestelmä on myös käytävä läpi huolellisesti, jotta korvausilman määrä ei jäisi riittämättömäksi. Moderni koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto tehokkaine talteenottoineen on kannattava investointi.

Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto on kasvattanut suosiotaan asuinrakennuksissa oikeastaan vasta energiatehokkuusvaatimusten myötä.

Mitä energiatehokkaammaksi rakennukset suunnitellaan, sitä vaikeampi haluttu sisäilmaston taso on saada aikaan ilman koneellista ilmanvaihtoa tai ilmastointia. Tervehdelliseltä kannalta koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon puolesta puhuu voimakkaasti mahdollisuus tuloilman tehokkaaseen suodatukseen ja käsittelyyn sekä energiatehokkuuden näkökulmasta lämmön talteenottoon poistoilmasta.

Moderneissa, erityisen energiatehokkaissa rakennuksissa on tarve koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa vieläkin paremmin kontrolloidulle sisäilmastolle. Ilmastoiduissa tiloissa on aina tasaiset hyvät sisäolosuhteet säästä, vuodenajasta tai käytöstä riippumatta.

*”Ilmastoinnilla tarkoitetaan huoneilman puhtauden, lämpötilan, kosteuden ja ilman liikkeen hallintaa tulo- tai kierrätysilmaa käsittelemällä.” D2 1.3.1*

## Väärää energiansäästöä

Toimiva ilmanvaihto kuluttaa väistämättä energiaa tuottaessaan hyvän ja terveellisen sisäilmaston. Taloa, saati sen asukkaita, ei missään tapauksessa saa säästää hengiltä heikentämällä ilmanvaihtoa. Tehokas lämmön talteenotto hyödyntää kertaalleen maksetun energian ja auttaa siten pitämään kustannukset kurissa. Pyöriväkennoisella lämmön talteenotolla päästään jopa 80 prosentin vuosihyötysuhteeseen. Minimi-ilmanvaihdolla 140 m<sup>2</sup>:n talossa se tarkoittaa lähes 9000 kWh:n säästöä vuodessa.

Tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla puolestaan varmistetaan, ettei energiaa kulu turhaan. Ilmanvaihdon tai ilmastoinnin taso ja voimakkuutta säädetään siis esimerkiksi sisälämpötilan, ilman hiilidioksidipitoisuuden tai kosteuden perusteella.

Uusimmilla laitteilla ja ratkaisuisa, oikein suunniteltu ja käytetty ilmanvaihto on hyvin energiatehokas ja kuluttaa siis vähän sekä lämpöenergiaa että sähköä.

Ilmanvaihtolaitteen- ja järjestelmän sähkönkulutusta kuvaa SFP-luku (Specific Fan Power). Kun SFP-luku pidetään alle 1,5 kW/(m<sup>3</sup>/s), laite käy riittävän rauhallisesti ja sähköä kuluu vähän. Helppo tapa laitteen valintaan onkin muistisääntö: Kun laitteen SFP-luku on alle 1,5 kW/(m<sup>3</sup>/s), se on hiljainen ja siinä on tehostusvaraa.

Ilmanvaihtoa on käytettävä suunnitellulla tasolla, jotta saadaan hyvä ja toimiva sisäilman laatu. Siksi koneellisen ilmanvaihdon on oltava aina päällä – varsinkin nykyaikaisessa, tiiviissä rakennuksessa. Myös tyhjässä rakennuksessa sisäilmaan pääsee ainakin rakennusmateriaaliperäisiä epäpuhtauksia. Koulurakennuksessa energian säästämiseksi loma-ajaksi suljettu ilmanvaihto johtaa ojasta allikkoon. Pintamateriaaleihin varastoituvat sisäilman epäpuhtaudet siirtyvät takaisin ilmaan, kun ilmanvaihto aikanaan laitetaan taas päälle.

Riittävästä ilmanvaihdosta ei tule koskaan tinkiä energiansäästön nimissä.

## Rakenteiden ilmavuodot

Uudet, energiatehokkaat rakennukset ovat erittäin paljon tiiviimpiä, kuin mihin olemme tottuneet. Kun vielä vuosituhaten alussa uusien omakotitalojen tyypillinen ilmanvuotoluku (q50) oli noin 4 l/h, nykyisellään päästään alle 1,5 l/h:n ja 0-energiatalon ilmanvuotoluku on n. 0,4 l/h

Energiatehokas rakennus on aina tiivis. Siksi se on helppo pitää lämpimänä – tai vastavasti viileänä. Tiiviin talon sisäilmastoa on helppo hallita, sillä siellä ei synny hallitsemattomia ilmavirtoja. Se ei kuitenkaan tarkoita, ettei tiiviissä talossa riittäisi ilmaa hengitettäväksi. Ns. 1970-luvun öljykriisin jälkeen rakennettujen pullotalojen ongelma ei ollut rakenteiden tiiveys, vaan puutteellinen ilmanvaihto.

Tiiviissä talossa tarvitaan koneellista ilmanvaihtoa myös varmistamaan rakenteiden toimivuus. Ilmanvaihdon tulee pystyä pitämään tiiviin talon sisätilat hieman alipaineisina, jotta seinärakenteen sisään ei missään olosuhteissa pääsisi kylmässä tiivistyvää kosteutta. Tehokkaimmin se varmistetaan ohjaamalla kaikki ilma ilmanvaihtojärjestelmän kautta.

*Hataran rakennuksen ilmanvaihtoa ei ole mahdollista hallita koneellisesti eikä hallitsemattoman vuotoilmanvaihdon lämmitykseen kuluva energia ole mahdollista saada talteen edes ilmanvaihdon lämmön talteenottolaitteilla.*

## Esimerkki:

SFP 1,5 kW/(m<sup>3</sup>/s) euroissa (120 m<sup>2</sup>:n talo ja ilmamäärä 70 l/s, kone LTR-3 MDE)

## Ottotehot

Puhaltimet: (52 + 53)W = 105W  
 LTO:n moottori: 5W  
 Automatiikka: 9W  
 Yhteensä: 119 W = 0,119 kW

## Energian kulutus vuodessa

0,119W x 8760h = 1042 kWh / vuosi

## Kustannukset ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutuksesta:

1042 kWh x 0,13 €/kWh = 136 €/Vuosi

Sivu 1  
08.09.2014

**Energy Optimizer**

**ENSTO** Saves Your Energy

## LTR-3 MDE

**Kohde:**  
**Käsittelijä:**

	Tulo	Poisto
Mitoitusarvot:	70 l/s	70 l/s
Ilmavirta:	115 Pa	115 Pa
Kanavapaine:	F5	F5
Suodatusaste:		

	Tulo:	Poisto:
Tulokset:		
Mitoituspisteessä:	73 %	73 %
Puhallinnopeus:	70 l/s	70 l/s
Ilmavirta:	115 Pa	115 Pa
Kanavapaine:	52 W	53 W
Ottoteho:	<b>1,50 kW/(m<sup>3</sup>/s)</b>	
<b>SFP:</b>		
Huipputeho:	93 l/s	92 l/s
Ilmavirta:	202 Pa	200 Pa
Kanavapaine:	33 %	32 %
Tehostusvara:		

Pyörivä lämmönsiirrin:	
Mitoituspisteessä -26 °C / 90 %RH:	78,3 %
Hyötysuhde:	10,8 °C
Tuloilma jälkeen LTO:n:	616 W
Jälkilämmitystarve:	

**Patterit:**  
Lämmityspatteri: 500 W Sähkö Ø125mm sisäinen  
Otsapintanopeus: 5,70 m/s

Vuosilaskenta: Helsinki, Suomi	
Poistoilmasta talteenotettu lämpöenergia:	8656 kWh
Vuotuinen jälkilämmitystarve:	693 kWh
Tuloilman tavoittelämpötila:	18 °C
Lämpökerron:	1 kWh sähköä = 8,6 kWh lämpöä
<b>Vuosihyötysuhde: Moniste 122:n mukaisesti</b>	<b>78,2 %</b>

Yllä mainitut arvot koskevat ilmanvaihtolaitetta, ei ilmanvaihtojärjestelmää.

Laitetiedot: LTR-3 MDE										
Kanavälähdöt	Ø 160 mm									
Leveys	833 mm									
Korkeus	510 mm									
Syvyys	480 mm									
Paino	52 kg									
Puhaltimen nimellisteho	119 W									
Pyörivä lämmönsiirrin	500 W									
Sähköpatterin teho										
Ei jäähdytystä										
Asennus kylmään tilaan mahdollinen (vaatii lisäeristyksen)										
Tuotenumero	P02 212 0002									
LVI-numero	7935674									
Sähkö tiedot: 230 V/50 Hz, 1-vaihe, sulake 10 A nopea										

Äänet:	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB	dB(A)
Tila	59	51	53	44	37	32	29	24	60,4	47,0
Tila: 10 m2 absorptio LpA:										
Tulo	87	79	71	46	63	61	55	49	88,0	69,6
Poisto	70	71	60	39	52	42	35	27	73,8	58,5
Ulko	68	71	60	54	52	42	35	27	73,3	59,0
Jäte	86	80	72	68	64	61	54	48	87,4	70,9

**enervent**

www.enervent.fi  
p. +358(0)207 528 800  
fax +358(0)207 528 844

Ensto Enervent Oy  
Keskustie 1

## Ekosuunnittelu-direktiivi

Tuotteiden ekosuunnitteludirektiivin (2009/125/EY) tavoitteena on vähentää tuotteiden ympäristövaikutuksia ja erityisesti parantaa energiatehokkuutta. Direktiivillä edistetään kestävä kehitystä ja ympäristön suojelun tasoa sekä samalla energiahuoltovarmuutta. Ekosuunnitteludirektiivin nojalla määritellään tuotesuunnittelun ympäristövaatimukset erilaisille sähköä kuluttaville tuoteryhmille. Samassa yhteydessä laitteille saadaan myös valintaa hankintavaiheessa helpottava energiamerkintä, joka on jo tuttu vaikkapa kotien kylmälaiteista ja televisioista.

LVI-puolella ekosuunnitteluvaatimukset ovat jo olemassa huoneilmastointilaitteille ja -tuulettimille, puhaltimille, tilalämmittimille, yhdistelmälämmittimille, vedenlämmittimille sekä kuumavesisäiliöille. Lämmityskattiloiden, keskuslämmitys- ja jäähdytyslaitteiden sekä ilmastointi- ja ilmanvaihtojärjestelmien osalta ne ovat valmiilla. Ilmastointi- ja ilmanvaihtojärjestelmien ekosuunnitteluvaatimukset tulevat voimaan tammikuun alussa vuonna 2016.

Ekosuunnitteluvaatimukset tulevat selkiyttämään energiatehokkaiden ilmanvaihtojärjestelmien suunnittelua ja toteutusta ja myös helpottamaan erilaisten ratkaisujen vertailua.

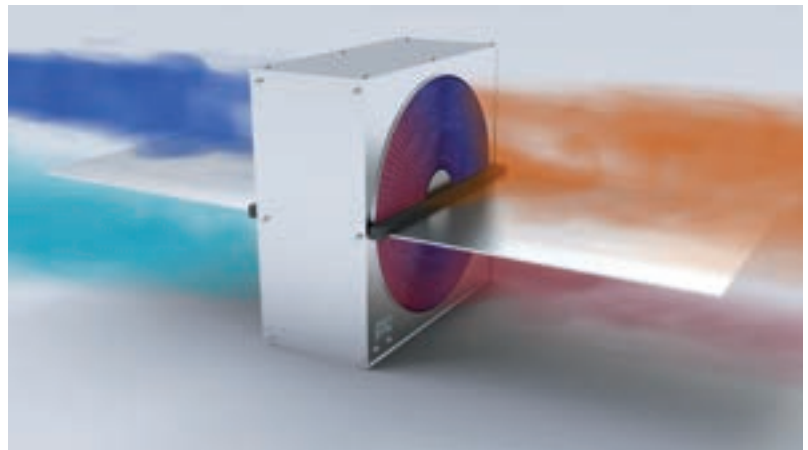
## 3.1

### Lämmön ja kylmän talteenotto ilmanvaihdosta

Ilmanvaihto poistaa rakennuksesta ilmaa ja aiheuttaa siten väistämättä lämpöhäviöitä. Energiatieteissä rakentamisessa tällaista harakoita hyödyttävää tuhlaamista ei tietenkään voida hyväksyä. Mitä tehokkaampi lämmön talteenotto ilmanvaihtolaitteessa on, sitä energiatehokkaammin koko järjestelmä toimii ja sitä enemmän se säästää asiakkaan sähkölaskussa.

Uusien IV-laitteiden vuosihyötysuhde on parhaimmillaan yli 80 % ja lämmön talteenottoon yhdistetyn poistoilmalämpöpumpun kanssa yli 90 %.

**Levylämmönsiirtimessä** lämpö siirtyy poistoilmasta kiinteän kennoston seinämien läpi taloon tuotavaan kylmään ilmaan. Levylämmönsiirtimien vuosihyötysuhde on tyypillisesti noin 50–65 % – uusimmissa ristivastavirtakennoilla varustetuissa lämmön talteenottolaitteistoissa valmistajien mukaan jopa yli 75 %. Asumiskuorma ja sisäilman kosteus vaikuttaa merkittävästi levylämmönsiirtimen vuosihyötysuhteeseen. Mikäli huoneilma on kostea, levylämmönsiirtin joutuu sulattamaan jatkuvasti ja tuloilma lämmitetään esimerkiksi sähköpattereilla. Se heikentää vuosihyötysuhdetta.



**Pyörivä lämmönsiirtin** on regeneratiivinen eli lämpöä varaava lämmönsiirtin. Lämmönsiirron hyötysuhde on suuri, sillä lämpö siirtyy suoraan lämmönsiirtimen pinnalta kulkematta aineen läpi. Pyörivässä lämmönsiirtimessä lämmin poistoilma varaa kennoja puolen kierroksen verran ja toisella kierroksen puolikkaalla kennot luovuttavat lämpönsä ulkoilmavirralle. Pyörivän lämmönsiirtimen massa ja lämmönsiirtopinta-ala on perinteistä lämmönsiirintä huomattavasti suurempi. Suurempi massa pystyy varaamaan itseensä enemmän lämpöä. Lämmön talteenoton vuosihyötysuhde on parhaimmillaan yli 80 % ja yhdistämällä poistoilmalämpöpumppu pyörivään lämmönsiirtimeen päästään yli 90 prosentin vuosihyötysuhteeseen.



Pyörivässä siirtimessä lämmönsiirtoa voidaan tarvittaessa säätää portaattomasti muuttamalla moottorin pyörimisnopeutta tai pysäyttämällä se kokonaan. (Lämmön talteenoton ohitus tai osaoitus). Näin tilojen viilennykseen voidaan hyödyntää ilmaista viileää ulkoilmaa. Mahdollisuus hyödyntää viileää yöilmaa sisätilojen jäädytyksessä on erityisen tärkeää passiivi- ja 0-energiataloissa. Se auttaa osaltaan pitämään jäädytysenergiakustannukset kurissa ja siten parantaa koko rakennuksen energiatehokkuutta ja ympäristöystävällisyyttä.

Pyörivää lämmönsiirrintä voidaan myös hyödyntää jäädytyksen talteenottoon tilanteissa, joissa ulkoilman lämpötila on korkeampi kuin jäädytetyn tilan poistoilman lämpötila. Jäädytysenergian ja kosteuden talteenottava ratkaisu parantaa kokonaisuuden energiatehokkuutta myös kesällä ilmanvaihdon jäädytystilanteissa. Se pitäisikin aina ottaa huomioon talteenoton vuosihyötysuhdetta laskettaessa. Esimerkiksi saksalainen Passivhaus Institute ottaakin huomioon koneen ottotehon/m<sup>3</sup> ja kosteudensiirron  $Pe < 0,45 \text{ Wh/m}^3$ . Lämpöpumppuja hyödyntämällä lämmön ja kylmän talteenottoa voidaan edelleen tehostaa.

**Glykolilämmönsiirtimessä** lämpöä otetaan talteen poisto/tuloilman välillä olevaan nestekiertoiseen patteriin. Glykolilämmön talteenoton vuosihyötysuhde on parhaimmillaan samaa tasoa (n. 50–60 %) perinteisten levylämmönsiirtimien kanssa. Nestekiertoisen lämmön talteenotto toimii parhaiten isommilla ilmamäärillä. Menetelmää käytetään Enervent Pallas-ilmanvaihtolaitteessa vaihtoehtona kohteissa, joissa pyöreää lämmönsiirrintä ei voi käyttää.



Passive House Institute  
Dr. Wolfgang Feist  
64283 Darmstadt  
GERMANY

# Certificate

## Certified Passive House Component

For cool, temperate climates, valid until 31 December 2014

Category: **Heat recovery unit**  
 Manufacturer: **Ensto Enervent Oy**  
**06150 PORVOO, FINLAND**  
 Product name: **Pelican eco ED(DP), Pelican eco EDE(DP),  
 Pelican eco EDW(DP), Pelican eco  
 EDX(DP)**

**This certificate was awarded based on the following criteria:**

Thermal comfort	$\theta_{\text{supply air}} \geq 16.5 \text{ °C}^1$ at $\theta_{\text{outdoor air}} = -10 \text{ °C}$
Effective heat recovery rate	$\eta_{\text{HR,eff}} \geq 75\%$
Electric power consumption	$P_{\text{el}} \leq 0.45 \text{ Wh/m}^3$
Moisture recovery	Moisture recovery rate < 0.6    yes Adjustment of air flow by means of moisture control required:    no
Air Tightness	Interior and exterior air leakage rates less than 3% of nominal air flow rate
Balancing and adjustability	Air flow balancing possible:    yes Automated air flow balancing:    yes <sup>2)</sup>
Sound insulation	Sound level $L_w \leq 35 \text{ dB(A)}$ not met Here $L_w = 47.2 \text{ dB(A)}$ Unit must be installed in a separate building services room.
Indoor air quality	Outdoor air filter F7 Extract air filter G4
Frost protection	Frost protection for the heat exchanger with continuous fresh air supply down to $\theta_{\text{outdoor air}} = -15 \text{ °C}$

1) Only with additional heater coil in the supply air stream

2) Available as optional equipment

Further information can be found in the appendix of this certificate.

**Certified for air flow rates of**  
**214 – 306 m<sup>3</sup>/h**

$\eta_{\text{HR,eff}}$   
**85%**

**Average moisture recovery**  
 $\eta_x=0.47$

**Electric power consumption**  
**0.44 Wh/m<sup>3</sup>**



**CERTIFIED COMPONENT**  
Passive House Institute

[www.passivehouse.com](http://www.passivehouse.com)

0252vs03

### Kosteuden palautus huoneilmaan pakkasilla

Pyörivän lämmönsiirtimen kyky siirtää talvella kosteutta poistoilmasta tuloilmaan säästää energiaa ja pienentää lämmityslaskua. Kosteus sisältää suuren määrän energiaa, jonka hyödyntäminen jätetään usein huomiotta. Ilma ei kuitenkaan käytännössä koskaan ole kuivaa. Mitä lämpimämpää ilma on, sitä enemmän se voi sisältää energiaa.

Normaaleissa lämmön talteenoton käyttötilanteissa pyörivä lämmönsiirrin siirtää ainoastaan poistoilman lämpöä tuloilmaan. Mikäli ulkoilman lämpötila on alhainen, poistoilman lämpötila laskee lämmönsiirtimessä kasteasteeseen. Tällöin poistoilmassa olevaa kosteutta kondensoituu lämmönsiirtimen pinnalle, josta se siirtimen pyöriessä siirtyy kuivaan tuloilmaan. Pyörivä lämmönsiirrin auttaa siis myös talvella pitämään sisätilojen kosteustason miellyttävällä tasolla siirtäessään kosteutta takaisin sisäilmaan.

Sisäilman kosteus ei talvellakaan saa nousta liian korkeaksi, mutta vaaraa ei ole, kunhan ilmanvaihtolaite on mitoitettu oikein. Ensto Enerventin MD-malleissa kosteudentehostustoiminto on vakiona ja EC-malleihin sen saa lisävarusteena. Se huolehtii hetkellisesti esimerkiksi pyykinpesun tai saunomisen liian korkeaksi nostamasta kosteuskuormasta.

### Vuotuinen energiankulutus erilaisilla ilmanvaihtoratkaisuilla

LÄMMÖNTALTEENOTTOMENETELMÄ	VUOTUINEN ENERGIANKULUTUS
Huippumuri (ei lämmöntalteenottoa)	16 600 kWh
Ristivirtalevylämmönvaihdin	8 500 kWh
Vastavirtalevylämmönvaihdin	7 000 kWh
Pyörivä lämmönsiirrin	4 700 kWh

*Pyörivä lämmönsiirrin maksaa itsensä nopeasti takaisin säästetyn lämmitysenergian kautta.*

### 3.2 Lämmitys ja viilennys

Jokainen rakennus tarvitsee lämmitysjärjestelmän. Kun vaihtoehtoja päälämmitysjärjestelmän valintaan on vuosikymmenten ajan ollut vain muutamia, on niitä nyt rakennuttajan valittavaksi liiaksi asti.

Aina 1960–1980-luvun alkuun saakka myös pientaloissa käytössä ollut ilmalämmitys on rakentamisen energiatehokkuuden myötä alkanut jälleen olla hyvin varteenotettava ja käyttökelpoinen lämmitysmuoto.

Erittäin energiatehokkaissa rakennuksissa ei tarvita entisen kaltaista raskasta lämmitysjärjestelmää, joten ilmanvaihtojärjestelmään liitetty lämmitys on toimiva ja kustannustehokas valinta.

Ilmalämmityksen etuja on myös se, ettei tiloihin tarvitse asentaa muuta, usein tilaa vievää lämmönjakojärjestelmää. Patterit voivat olla hankala sovittaa sisustukseen tai asentaa suurten, yhtenäisten lasipintojen eteen. Märkätiloihin tarvitaan kuitenkin tilojen kuivatuksen ja mukavuuden vuoksi joko lattialämmitys ja/tai pyyhekuivauspatterit.

**Parhaimmillaan ja yksinkertaisimmillaan** koko lämmitys- ja tarvittaessa jäähdytysjärjestelmä on asennettu koneellisen ilmanvaihtojärjestelmän yhteyteen tai jopa sisälle.

Lämpimän ja viileän jakojärjestelmänä toimii **ilmanvaihtokanavisto**. Tehokas lämmön talteenottojärjestelmä ottaa lämmön talteen poistoilmasta ja käyttää sen sisään otettavan ulkoilman lämmitykseen. Lisää tehoa lämmön talteenotolle saadaan järjestelmään liitetystä poistoilmalämpöpumpusta. Järjestelmässä voi olla myös ulkoyksiköllä lisää lämpöenergiaa ulkoilmasta ottava lämpöpumppu. Haluttaessa lämpöenergiaa voidaan varata energiavaraajaan ja käyttää sieltä esimerkiksi käyttöveden lämmitykseen.

Tarvittava lisälämpö voidaan tuottaa sähköllä. Järjestelmä voi olla myös osana hybridijärjestelmää erityisesti kohteissa, joissa lämpimän käyttöveden tarve on suuri. Silloin samaan energiavaraajaan voidaan kytkeä vaikkapa vesitakka tai ilma/vesilämpöpumppu tai pienitehoinen maalämpöpumppu.

Energiatehokkaassa talossa sisäiset lämpökuormat voivat nousta niin suuriksi, että vaikka

aurinkosuojaus olisikin hyvin toteutettu, lämpiminä vuodenaikoina tarvitaan asumismukavuuden kannalta sisäilman viilennystä tai jäädytystä. Se hoidetaan mieltyvimmin ilmanvaihdon kautta, jolloin siihen voidaan liittää myös sisäilman kuivatus.

### 3.3 Kosteuden hallinta

*”Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sisäilman kosteus pysyy rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisissa arvoissa. Sisäilman kosteus ei saa olla jatkuvasti haitallisen korkea eikä kosteus saa tiivistyä rakenteisiin eikä niiden pinnoille tai ilmanvaihtojärjestelmään siten, että se aiheuttaa kosteusvaurioita, mikrobien tai pieneliöiden kasvua tai muuta terveydellistä haittaa.” D2 2.3.2*

*”Jos sisäilman kosteus ylittää arvon  $7\text{gH}_2\text{O}/\text{kg}$  kuivaa ilmaa, kostutetaan huoneilmaa vain painavista syistä esimerkiksi prosessin tai varastoinnin niin vaatiessa. Arvo  $7\text{gH}_2\text{O}/\text{kg}$  kuivaa ilmaa vastaa huoneilman tilaa, jossa suhteellinen kosteus on 45 %, kun huoneilämpötila on  $+21\text{ °C}$  ja ilman paine on  $101,3\text{ kPa}$ . Alhaisesta sisäilman suhteellisesta kosteudesta aiheutuvien haittojen vähentämiseksi vältetään lämmityskauden aikana tarpeettoman korkeita huoneilämpötiloja.” 2.3.2.1*

Hyvä sisäilma on ilmankosteudeltaan sekä ihmisten, kotieläinten, sisustusmateriaalien että talon rakenteiden kannalta sopivaa. **Liian kuiva** sisäilma tuntuu kaikista epämiellyttävältä – ei vain hengityselinsairauksista että atopiasta kärsivistä. Liian kuiva sisäilma voi jopa sairastuttaa. Kuiva ilma hidastaa hengitysteiden värekarvojen liikettä ja heikentää liman poistumista hengitysteistä. Se heikentää limakalvojen kykyä vastustaa tulehduksia. Liian vähäinen ilman kosteus lisää myös staattisen sähkön muodostumista. Liian kuivas sisäilmassa kissan karva kipinöi.

Kokopuiset sisustusmateriaalit, kuten parketit tai paneelit tai kalusteet eivät myöskään viihdy liian kuivassa sisäilmassa.

**Liian kostea** sisäilma tuntuu tunkkaiselta ja paksulta hengittää. Erityisesti hengityselinsairaille se aiheuttaa vaikeuksia.

Pölypunkit puolestaan viihtyvät kosteassa ilmassa. Pintaan ja rakenteisiin tiivistyvä kosteus lisää myös mikrobikasvun riskiä.

Sauna- tai pyykkipäivänä tilapäisesti kohoavasta huoneilman kosteudesta ei yleensä ole haittaa. Ikkunat se tosin huurruttaa, sillä kosteus tiivistyy eniten kylmille ja silleille pinnoille. Energiatohokkaiden ikkunoiden kylmä sisäpinta saa siis vesipisaraverhon. Hyvässä ilmanvaihtolaitteessa automatiikka huolehtii kosteustehostuksen kautta tiläpääsen kosteuskuorman hallinnasta. Ominaisuus on sisäänrakennettuna Ensto Enerventin MD-ohjauksessa. Poistoilman suhteellisen kosteuden asetusarvon ylittyessä laite tehostaa automaattisesti ilmamäärää, jolloin talvella päästään haluttuun kosteustasoon.

Asunnon ilman suhteellisen kosteuden tulisi olla noin 20–60 %. Aina sen saavuttaminen ei ole Suomen vaihtelevassa ilmastossa helppoa. Siksi ilmanvaihdon suunnitteluun tarvitaan osaavia suunnittelijoita.

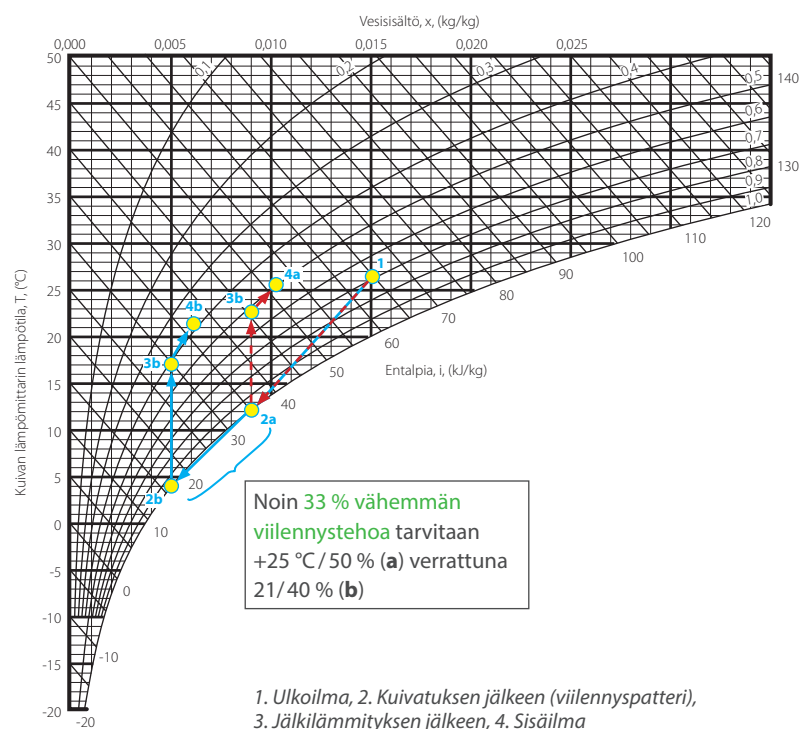
Lämmityskaudella sisäilma on kuivempaa, noin 25–45 %, mutta kosteina hellekesinä sisäilman suhteellinen kosteus ajoittain jopa yli 60 prosenttia.

Ulkoisen lämpökuormituksen aiheuttama sisäilman jäähdystarve vaihtelee Suomessa vuodesta toiseen runsaastikin. Vuonna 2013 hellepäiviä oli 26, kun vuonna 2014 hätyyteltiin jo kaikkien aikojen hellepäiväennätystä 38.

Ilman kosteuden aiheuttama sisäilman kuivatustarve vaihtelee paitsi vuosittain, myös vuodenajoin. Yleensä kuivatustarve on suurimmillaan loppukesästä alkutalveen, erityisesti etelärannikolla. Runsaiden sateiden ennustetaan lisääntyvän ilmastomuutoksen vuoksi ja näin lisäävän kuivatustarvetta entisestään.

Ilmastomuutoksen vaikutusta rakennusten energiankulutukseen simuloitiin FRAME-hankkeessa vuonna 2011. Ilmatieteen laitoksen dataa hyödyntäneiden simulaatioiden mukaan rakennusten jäähdystarve kasvaa vuoteen 2050 mennessä 10–30 prosentilla ja vuoteen 2100 mennessä peräti 20–75 prosenttia.

### Kostean ilman Mollier-käyrästä



Voimakkaasti vaihteleva ilmankosteuden määrä vaikuttaa paitsi ihmisten viihtyvyyteen, myös puumateriaalien pitkäikäisyyteen sisustusmateriaalina. Luonnonmateriaalina se elää ts. kutistuu ja turpoo ilmankosteuden vaikutuksesta. Parkettivalmistajat esittävätkin, että sisäilman suhteellinen kosteus pidetään 40–60 %:n välillä ja huoneen lämpötila +18–24 °C, jotta parketeissa ei esiintyisi rakoilua tai laajenemista.

Ilmastoidussa tilassa olosuhteet pystytään myös sisäilman kosteuden suhteen pitämään ihanteellisella tasolla ulkoisista olosuhteista ja käytöstä huolimatta.

Sisäilman kuivatus voidaan toteuttaa hyödyntämällä ilmanvaihtojärjestelmässä maa- tai ilma/vesilämpöjärjestelmää tai ilmanvaihtolaitteen lämpöpumppua. Se jäähdyttää sisään otettavan ilman ensin minimissään +7 asteeseen, jolloin se kuivuu. Sen jälkeen sisään puhallettava ilma lämmitetään miellyttävään haluttuun lämpötilaan. Kun varsinaista lämpötilasta johtuvaa kuivatustarvetta ei ole, mutta ilma on liian kostea, käytetään ilmanvaihtolaitteen kuivatustoimintoa. Sisään puhalletaan miellyttävän lämpöistä kuivaa ilmaa.

### 3.4 Sisäilmasankari

Ilmanvaihdon suunnitteleminen on todellinen taitolaji. Ei vielä riitä, että tuntee ja taitaa perusteet sekä hallitsee määräykset. Jokainen rakennus on yksilö ja sen käyttäjien tarpeet ja toiveet ainutlaatuisia. Siksi mikään ratkaisu ei ole sellaisenaan monistettavissa toiseen kohteeseen. IV-suunnittelijan tulee olla **alansa kokenut ammattilainen**.

Hyvä IV-suunnittelija lähtee rakennuksen loppukäyttäjien – työntekijöiden tai asukkaiden – tarpeista ja osaa kaivaa sisäilman tason määrittelyä varten tarvittavat tosiasiat ja seikat esiin myös silloin, kun loppukäyttäjä tai asukas ei niitä suoraan osaa antaa. IV-suunnittelijan tulee olla **hyvä ihmistuntija ja haastattelija**.

Ammattikäyttöön tulevilla rakennuksissa hyvä IV-suunnittelija tuntee rakennuksen tulevaa käyttöä niin paljon, että pystyy ottamaan huomioon ja ennakoimaan sen ilmanvaihdolle aiheuttamat haasteet myös muuttuvissa olosuhteissa. Hänen on oltava selvillä myös erikoishaasteista suunniteltaessa vaikkapa puhdastiloja tai tarkkuusilmastoituja tiloja museoihin, taidekeskuksiin, lääke- ja elintarviketehtaisiin ja laboratorioihin. IV-suunnittelijan tulee olla vähän **kaikkien alojen erikoisasiantuntija**.

Hyvä IV-suunnittelija on riittävästi perillä myös rakennusfysiikasta, erilaisten rakenteiden ja rakennusmateriaalien kosteuskäyttäytymisestä sekä muista sisäilman laatuun vaikuttavista ominaisuuksista. IV-suunnittelijassa tulee olla hieman myös **rakennesuunnittelijan ja rakennusmestarin vikaa**.

Hyvä IV-suunnittelija on perillä energiatehokkuuden vaatimuksista, mutta ymmärtää myös ihmisen käyttäytymistä. Lopullisen järjestelmän on toimittava hyvin myös silloinkin, kun loppukäyttäjä ei välttämättä sen toimintaa perinpohjaisesti hahmota eikä haluakaan. IV-suunnittelijan tulee olla **energia-asiantuntija ja käyttäytymistieteilijä**.

Asuinrakennuksen ilmanvaihtoa suunnitellessaan hyvä IV-suunnittelija on ennen kaikkea itsekin asukas. Hän muistaa ottaa huomioon muuttuvat elämäntilanteet, uusioperheet, urheiluharrastuksen – ja teinien – aiheuttaman äkillisesti lisääntyvän kosteusrasituksen, lemmikkieläimet, akvaariot ja viherkasviviidakot. IV-suunnittelijan tulee olla **asumisen asiantuntija**.

Ihminen tottuu moneen. Huonossa sisäilmassa aikaansa viettänyt ei ehkä huomaa heti parempaa vaatiakaan. Silloin IV-suunnittelija tehtävä on kertoa, mihin jokaisella asukkaalla ja työntekijällä on oikeus: hyvään sisäilmaan. Hyvä IV-suunnittelija on **todellinen sisäilmasankari!**





## 4 TARVE- KARTOITUKSESTA APUA SUUNNITTELU- TASON MÄÄRITTELYYN

### 4.1 **Toisiinsa vaikuttavia päätöksiä pientalon ilmanvaihtojärjestelmän valinnassa**

Uuden omakotitalon rakentamista tai vanhan peruskorjaamista suunnitteleva on erittäin monen hankalan päätöksen edessä. Useimmilla jo projektin varsin varhaisessa suunnitteluvaiheessa tehdyillä päätöksillä on kauaskantoisia vaikutuksia, joita ehkä ensikertalaisella rakennuttajalla ei ole valmiuksia ennakoida.

Yksittäiset, alun perin hyvältä vaikuttavat päätökset voivat sulkea myöhemmin pois vaihtoehtoja, joita olisi haluttu ehdottomasti käyttää. Näin vaikkapa pohjaratkaisultaan ja julkisivuiltaan miellyttävän valmistalopakettin valinta voi sinetöidä samalla käytettävissä olevat talotekniset ratkaisut. Osa halutuista muutoksista voi osoittautua mahdottomiksi toteuttaa tai ne voivat nostaa paketin hintaa liikaa. Rakennus talotekniikkajärjestelmien on suunniteltava kokonaisuutena.

Omakotirakentajan ja peruskorjaajan parhaat luottohenkilöt projektin alkuvaiheista lähtien ovat myös pientalojen suunnitteluun erikoistunut pääsuunnittelija ja LVI-suunnittelija, jotka valintoja asiakkaansa kanssa läpi käydessään osaavat myös kertoa, mihin kulloinenkin päätös voi johtaa ja mitä se voi myöhemmässä vaiheessa sulkea pois.

**Pääsuunnittelijaa** opastetaan ottamaan tarkkaan selvää asiakasperheen elämäntyylistä, harrastuksista ja toiveista. Nykyisen asunnon hyvät ja huonot puolet käydään läpi. Tässä vaiheessa mietitään myös, mitä uudessa kodissa pitää välttää, mitä sen ratkaisuisissa ei hyväksytä.

Toiveiden ja tarpeiden listaa peilataan käytössä oleviin resursseihin ja ne pyritään täyttämään kustannustehokkaasti erilaisia vaihtoehtoja pohtien ja niiden kustannusvaikutuksia vertaillen – sekä hankintavaiheessa että asumisen aikana. Budjetti määrittää lopulta, mikä on mahdollista ja mistä joudutaan ehkä karsimaan.

**LVI-suunnittelija** olisi ehdottoman tärkeää saada mukaan suunnitteluprosessiin mahdollisimman varhaisessa vaiheessa niin uudisrakennus- kuin peruskorjaushankkeissakin. Näin varmistetaan, ettei haluttujen ratkaisujen toteutus käy mahdottomaksi tai vaikeaksi jo tehtyjen valintojen vuoksi.

Ilmanvaihtojärjestelmä vaatii paljon tilaa. Sen osat ja kanaviston reititys pitäisi olla siksi selvillä jo ennen tilojen sisustus- ja kalustussuunnittelua.

Mitä paremmin rakennus- ja talotekniikka saadaan yhteen sovitettua jo varhaisessa suunnittelun vaiheessa, sitä paremmin toimiva talo saadaan aikaan.



## 4.2

### **Sekä kohteen tiedot että asiakkaan tarpeet selville**

Kohteen sisäilmaston ja ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelu lähtee liikkeelle asiakkaan tarpeiden ja toiveiden kartoittamisesta sekä kohteen perustietojen kirjaamisesta. Suunnittelija pääsee helpommalla tarvekartoituksen tehtyään. Tarvekartoitus antaa selkeät lähtökohdat suunnitteluratkaisuiden tekemiseen ja nopeuttaa sekä itse suunnittelua että varsinkin järjestelmävaihtoehtojen läpikäyntiä.

On hankalampi ryhtyä muuntamaan ehkä jo pitkään käytettyä malliratkaisua vastamaan asiakkaan tarpeita kuin aloittaa puhtaalta pöydältä.

Omakotitalon ilmanvaihtoratkaisun suunnittelussa on vaikkapa kauppakeskuksen tai kerrostalon suunnitteluun verrattuna se erinomainen puoli, että ainakin lähitulevaisuuden loppukäyttäjät on vähällä vaivalla haastateltavissa. Vauva tai perheen koira eivät ehkä osaa ilmaista kantaansa, mutta ainakin heidän olemassaolonsa voidaan ottaa huomioon.

Kokenut suunnittelija pystyy tarvekartoitustilanteessa kaivamaan esiin myös sellaisia seikkoja asiakkaiden elämästä ja tarpeista, joita he eivät itse ole ehkä edes ajatelleet tuoda esille.

Loppukäyttäjien/asukkaiden toiveiden ja tarpeiden perusteella rakennukselle on laadittavissa toimintakaavio, joka paljastaa yhdellä silmäyksellä, mitä missäkin tilassa tehdään ja myös, mitä taloteknisiä ratkaisuja se edellyttää – eikä pelkästään ilmanvaihdon osalta. Järjestelmäsuunnitelman nimi voisikin olla ”**Toimiva talo**”.

#### 4.2.1

#### **Huomioon otettavia seikkoja tontin ja rakennuksen suhteen**

- » **Tontti ja rakennuspaikka** ilmansuuntineen ja maastollisine olosuhteineen. Maaseudulla tai kaupungissa, vilkaasti liikennöityjen liikenneväylien ja vesistön läheisyys, puusto ja pinnanmuodot.
- » **Rakennuksen sijainti** tontilla / ilmansuunnat. Auringon kulku, maastolliset esteet, tuulisuus.
- » **Rakennuksen koko**, muoto, asuinkäytössä olevat kerrokset, pinta-ala/kerros, tilavuus.
- » **Rakennustyyppi / arkkitehtuuri**: ikkunoiden suuntaus ja koko, räystäiden leveys, passiivinen aurinkosuojaus, kerrokset, sisätilojen avaruus.
- » **Märkätilojen lukumäärä**
- » **Energialuokka**, johon pyritään: rakennuksen tiiveys, lämmöneristävyys, ikkunoiden energialuokka.
- » **Lämmitys-/jäähdytystarve**
- » **Muut sisäilman laatuun vaikuttavat tekijät**, kuten kosteuden hallinnan tarve, jäähdytys.
- » **Lämmönjakoratkaisu**
- » **Päälämmönlähde, tukilämmitysmuodot**
- » **Ääniolosuhteet**

#### 4.2.2

### Asukkaiden tarpeet: oikeat olosuhteet himoliikkujalles ja kissatädille

#### » *Asukkaiden määrä*

Hyvä suunnittelija ei vain kirjaa ylös kahta aikuista ja kahta lasta. Tyynyjen määrä arkkitehtuuripiirroksissa ei esitä absoluuttista totuutta. Suunnitelmissa on varauduttava myös muutoksiin perheolosuhteissa. Lapsia syntyy lisää tai muuttaa pois. Uusioperheissä lasten määrä voi vaihdella päivittäinkin. Perheeseen voi tulla au pair tai mummo voi muuttaa vierashuoneeseen.

#### » *Lemmikkieläimet*

Yksi pieni koira tai kissapari ei juuri ilmanvaihdon suunnitteluun vaikuta, mutta entäpä, jos asukkaat alkavat kasvattaa päivät sisätiloissa viettäviä berninpaimenkoiria tai kaksi kissaa tuottaa sisäkissalauman? Tehokas keskuspölynimuri voi olla hyvä ratkaisu ja kodinhoitohuoneeseen tarvitaan tassunpesuallas. Jatkuva tassujen suihkuttelu lisää kosteuskuormitusta rospuuttokelillä päivittäin ja useamman kerran päivässä.

#### » *Liikunnallisuus*

Jumppaaminen ja painotreenit sisällä vaikuttavat ilmanvaihdon tehon tarpeeseen. Urheiluvaatteiden kuivatukselle on varattava tilaa ja myös se vaikuttaa ilmanvaihtoon.

#### » *Kuivatuksen tarve*

Runsas saunominen, teiniien pitkät suihkut ja porealtaan käyttö kasvattavat sisäilman kosteuskuormitusta, samoin viherkasviviidakko, akvaariot ja terraariot.

#### » *Suuri sisäinen lämpökuorma*

Sisäistä lämpökuormaa kasvattavat viihde-elektronikka, terraariot, kasvilamput ja suuret lemmikkieläimet.

#### » *Muutokset rakennuksen käyttötavoissa*

Rakennuksen käyttötarkoitus voi väliaikaisesti muuttua: pientalossa voi alkaa vaikkapa lasten tai vanhusten päivähoito, pienimuotoinen catering.

#### » *Sisäilman laatua heikentävät harrastukset*

Kaikki harrastukset eivät ole tasapuolisia siinä, miten ne vaikuttavat sisäilman laatuun. Eläinten tai kasvien kasvattamisen lisäksi kannattaa ottaa huomioon vaikkapa nikkarointi taidemaalaukselle ja autojen tai moottoripyörien tuunaus.

#### 4.2.3

### Piilevätkin toiveet huomioon

Useimpien ihmisten toiveet sisäilman laadulle ovat samat. Sen tulisi olla: tasainen, sopivan lämmin, raitis, huomaamaton, äänetön ja helposti säädettävissä.

Ilmiselvistä asioista keskusteleminen käy yleensä helposti. Sen sijaan esimerkiksi sisäilman viilennystä ei ehkä osata ottaa esille. Sisäilman viilennys/jäähdytys tulee ottaa joka tapauksessa tarvekartoituksen yhteydessä esille.

Ihmisten kyky kestää epämukavuutta ja liian kuumaa sisäilmaa vaihtelee kovasti. Erityisen tuskalliseksi olonsa liian kuumassa sisäilmassa tuntevat vanhuksset, vauvat, raskaana olevat sekä sydän- että hengityselinsairauksista kärsivät.

*Ei ole kenenkään etu, jos uuteen omakotitaloon joudutaan ensimmäisen asumiskesän jälkeen hankkimaan yksi tai jopa useampikin ilmalämpöpumppu ennalta arvaamattomaan jäähdytystarpeeseen.*

#### 4.2.4.

#### **Kätevästi säädettävissä tai täydellistä automatiikkaa**

Painovoimaiseen ilmanvaihtoon tottuneet saattavat ajatella, että ilmanvaihdon säätöjärjestelmä tarkoittaa samaa kuin ikkunan avaaminen, jos tuntuu tunkkaiselta. Järjestelmän säätömahdollisuuksiin ja -keinoihin kannattaa käyttää aikaa tarvekartoituksen yhteydessä.

Koska ihmiset kokevat sisäilman laadun eri tavalla, huonekohtainen olosuhteiden säädettävyys on monelle erittäin tärkeä asumismukavuutta lisäävä seikka.

Jotkut ovat teknisemmin suuntautuneita. He seuraavat sekä kirjaavat mielellään toteutuneita kulutusarvoja ja säätävät järjestelmiä ihan mielikseen. Toiset arvostavat automaattisesti tarpeiden mukaan säätyviä järjestelmiä, joihin ei tarvitse kiinnittää itse minkäänlaisia huomiota. Samassa perheessä voi olla niin tekniikanörttejä kuin huolettomampiakin asukkaita. Useimpien mielestä säätöjärjestelmän tulee olla ennen kaikkea niin selkeä ja helppokäyttöinen, että sitä kuka tahansa osaa käyttää jokapäiväisessä elämässään oppaita esille kaivamatta.

Järjestelmä, jota ei osata käyttää, on käyttökelvoton.

Ensto Enerventin uuden, älykkään kosketusnäytöllisen ohjaimen eAirin kehitystyössä lähdettiinkin nimenomaan helppokäyttöisyydestä. eAirin logiikka perustuu käyttötilanteisiin, joiden hallinta tapahtuu visuaalisesti selkeällä ja yksinkertaisella kosketusnäytöllä. Käyttötilanteet kattavat kaikki kodin tarpeet ja ne aktivoidaan yksinkertaisesti painamalla kuvaruudun symbolia.

#### 4.2.5

### Esimerkki tarvekartoituksesta pientalon ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelussa

Ohessa esimerkki hyvästä tarvekartoituksesta. Ilmanvaihtolaitemalli hahmottuu, kun asukas ja suunnittelija käyvät sen yhdessä läpi. Kartoituksen avulla on helppo valita oikea, myös esimerkiksi päälämmönlähdettä tukeva ilmanvaihtoratkaisu.

## Askel 1: Kiinteistöni tänään



Lämmitysmuoto:		Lisälämmönlähde:	
Sähkölämmitys		Takka	
Poistoilmalämpöpumppu		Vesikiertotakka	
Maalämpö		Ilma-ilmalämpöpumppu	
Ilmalämmitys		Muu	
Kaukolämpö			
Ilmanvaihto:			
Painovoimainen		Tulo- ja poistoilmavaihto lämmön talteenotolla	
Poistopuhallin		Ei ilmanvaihtoa	
Poisto lämpöpumpun kautta		Muu	
Muut tiedot:		Asentajalle:	
Asuinpinta-ala m <sup>2</sup>		x 0,5 l/s =	
Asukkaiden määrä		x 4 l/s =	
Millä paikkakunnalla asut?		Mitoituslämpötila =	
Rakennusvuosi			
Vuotuinen energiankulutus kWh			
Muuta:			

## Askel 2: Toiveeni



### Minua kiinnostaa seuraavat ratkaisut:

- |  |  |
|--|--|
| Parempi ilmanvaihto                            |  |
| Lämmitys ilmanvaihdon kautta                   |  |
| Jäähdytys ilmanvaihdon kautta                  |  |
| Radonpitoisuuden vähentäminen                  |  |
| Pienempi energiankulutus                       |  |
| Vanhan ilmanvaihtolaitteen vaihtaminen uuteen  |  |
| Lämmin käyttövesi                              |  |
| Kokonaisratkaisu, sis. ilmanvaihto ja lämmitys |  |

### Yhteystietoni:

Nimi	
Katuosoite	
Postinumero ja -toimipaikka	
Puhelinnumero	
S-postiosoite	

### 4.3

## **Kestävän kehityksen ratkaisuja**

Merkittävä osa ilmanvaihtosuunnittelijan ammattiasiakkaista painottaa valinnoissaan kestävän kehityksen ratkaisuja, mutta yhä tärkeämmäksi ne muodostuvat myös omakotitalojen rakennuttajille ja peruskorjajille. Ehkä ei keskustella nimenomaan kestävästä kehityksestä tai edes ympäristöystävällisyydestä, mutta ainakin energian säästäminen ja ratkaisujen pitkä käyttöikä ovat kaikille asiakkaille yhtäläisen tärkeitä asioita.

Pitkäikäinen ratkaisu on korkealaatuinen, laadukkaista materiaaleista toteutettu, helposti huollettavissa, korjattavissa ja uusittavissa ja mahdollisuuksien mukaan muunneltavissa/laajennettavissa. Näin sekä ratkaisu että koko kiinteistö voivat toimia energiatehokkaasti koko rakennuksen käyttöajan.

Energiatehokas ratkaisu tarkoittaa, että ilmanvaihdolle asetetut vaatimukset täytetään siihen mahdollisimman vähän energiaa käyttäen. Uusimmilla laitteilla ja ratkaisuissa, oikein suunniteltu ja käytetty ilmanvaihto on hyvin energiatehokas ja kuluttaa siis vähän sekä lämpöenergiaa että sähköä. Oikein suunniteltu ilmanvaihto vie vain vähän sähköä. Lue lisää SFP-luvusta sivuilta 14.

Täytyy myös muistaa, että ilmanvaihtojärjestelmän asumismukavuutta lisäävät ominaisuudet voivat osaltaan auttaa säästämään energiaa. Esimerkiksi tuloilman viilennyksen ansiosta ei tarvita erillisiä siirrettäviä ilmastointilaitteita tai ilmalämpöpumppuja. Tilakohdainen säätö tarkoittaa, ettei palelevan tarvitse käyttää erillisiä lämmittimiä. Talteen otetun lämmön varastoiminen energiavaraajaan tuottaa samalla lämmintä käyttövettä.

Taloteknisen järjestelmän yksinkertaisuus ja monipuolisuus ovat tärkeä osa kestävästä kehitystä. Tekniikan kehitys rakentamisen energiatehokkuuden lisääntymisen myötä on mahdollistanut koneellisen ilmanvaihdon ympärille rakentuvat, monipuoliset, nykyaikaiset ja energiatehokkaat, energiaväylää hyödyntävät ilmalämmitysjärjestelmät. Ne soveltuvat käytettäväksi kaikenlaisissa rakennuksissa omakotitaloista myymälöihin ja teollisuusrakennuksiin.

### 4.4

## **Muuntojoustavuus ja sopeutuminen muuttuviin olosuhteisiin**

Ammattikohteissa otetaan annettuna, että käyttäjät vaihtuvat ja tilojen tuleekin olla käyttökelpoisuutensa säilyttääkseen mahdollisimman muuntojoustavia. Myös näköpiirissä oleviin muuttuviin tarpeisiin pitäisi ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelussa pystyä varautumaan – ainakin siinä määrin, ettei valittu ratkaisu kovin nopeasti osoittaudu vanhanaikaiseksi tai liian jäykäksi muuntaa.

Vastaava joustavuus tulisi mahdollisuuksien mukaan ottaa huomioon myös omakotitalon ilmanvaihtosuunnittelussa.

Uudisrakennusten energiatehokkuusvaatimukset kiristyvät jo lähitulevaisuudessa. Vaikka vuoden 2020 lähes 0-energiatasolle ei useimpien omakotitalojen rakentamisessa voidakaan vielä yltää, jatkossa vanhojen talojen myyntiarvon määrittää pitkälti niiden energialuku sekä sisäilman taso. Hyvää sisäilmaa on helppo myydä eteenpäinkin.

Vaikka useimmat perheet ovatkin rakennuttamassa omakotitaloa loppuelämänsä kodiksi, on kuitenkin todennäköistä, että talo jossakin vaiheessa myydään. Taloteknisten ratkaisujen tulisi olla sellaisia, että ne eivät ainakaan muodostu myynnin esteeksi, mieluummin olisivat myyntivaltteja. Tässä mielessä ilmanvaihtojärjestelmä joustavuus ja monipuolisuus, energiatehokkuus ja pitkäikäisyys sekä helppo uusittavuus/päivitettävyydet ovat selkeä etu.

Ilmastomuutos merkinnee Suomessa entistä lämpimämpiä ja kosteampia kesä- ja talvikuukausia entistä useammin sekä runsaslumisia tai -sateisia talvia. Myös näihin olosuhteisiin on ilmanvaihtojärjestelmän venyttävä suorituskyvyssään.

## 4.5

### **Ammattikohteiden haasteet**

Suunnitteluprosessi etenee varsin samalla tavalla, oli sitten kyseessä yhden perheen omakotitalo, asuinkerrostalo, toimistohotelli tai kauppakeskus. Mittasuhteet ovat toki toisenlaiset ja huomioon otettavia muuttujia usein roppakaupalla enemmän. Päätehtävänä on kuitenkin varmistaa asiakkaalle/loppukäyttäjälle mahdollisimman hyvät sisäolosuhteet energia- ja kustannustehokkaasti.

Jos loppukäyttäjä on tiedossa jo suunnittelun alkuvaiheessa, tarvekartoitus on helposti toteutettavissa. Ongelmallisempi on tilanne silloin, kun loppukäyttäjä ei vielä ole tiedossa tai osapuolia on varsin runsaasti. Ammattitaitoinen ja hyvään sisäilmastoon pyrkivä rakennuttaja on tällaisessa tilanteessa ilmanvaihtosuunnittelijalle korvaamaton apu.

Modernissa toimistohotellihankkeessa ovat alkuvaiheessa usein selvillä vain päävuokralaiset. Hanketta ryhdytään kehittämään niiden tarpeiden ja toiveiden perusteella yrittäen kuitenkin jättää mahdollisuuksia myös myöhemmin mukaan tulevien osapuolten valinnoille, jos suinkin mahdollista. Erityisesti sisäolosuhteisiin kohdistuvia muutoksia voi olla rakennusvaiheessa mahdotonta tai kallista toteuttaa. Vuokrattavista tiloista olosuhteeseen tulisikin pyrkiä tekemään mahdollisimman hyvätasoisia, mutta myös tarpeen vaatiessa helposti muunneltavia.

Erikoiskohteet, kuten näyttely ja museot, terveydenhoidon kiinteistöt, tutkimuslaitokset tai vaikkapa puhdistiloja edellyttävät laboratoriot ja lääketehaat rakennetaan tarjoamaan tarkalleen jo ennalta määritellyt sisäolosuhteet. Suunnittelijoiden tehtävänä on pyrkiä toteuttamaan ne budjetin rajoissa ja niin, että kiinteistö kokonaisuutena toimii ajatellulla tavalla, energiatehokkaasti sekä ympäristöstävällisestään koko pitkän käyttöikänsä ajan.

Apuna ovat myös esimerkiksi ympäristöjärjestelmät, jotka tarjoavat hyvät puitteet energiatehokkaan, ympäristöystävällisen ja tarpeet täyttävän hyvän rakennuksen ja sen sisäolosuhteiden toteuttamiseen.

#### 4.5.1 Vihreää rakentamista

Green Building Council Finland määrittelee vihreää rakentamista tavaksi rakentaa ja käyttää menetelmiä, jotka ovat ekologisesti vastuullisia ja resurssien käytön kannalta tehokkaita rakennuksen koko käyttöajan. Vihreä, kestävä kehityksen rakentaminen parantaa rakentamisen laatua kaikissa julkisissa rakennuksissa, liike- ja asuinkiinteistöissä.

Rakentamisesta aiheutuu nykyisin 30 % maailman hiilidioksidipäästöistä ja 40 % maailman luonnonvarojen kulutuksesta. Vihreän rakentamisen tärkein tavoite on optimoida rakennusten ympäristövaikutukset käyttäen elinkaariajattelua, jossa rakennuksessa käytettyjä materiaaleja ja tuotteita arvioidaan käyttäen lähtökohtana rakentamisen parasta tasoa.

Vihreiden rakennusten suunnittelu perustuu kolmeen yleiseen periaatteeseen:

- » **Energiatehokkuus** – rakennukset käyttävät mahdollisimman vähän energiaa
- » **Luonnonvarojen säästäminen** – luonnonvarat ovat rajalliset
- » **Sisätilojen laatu** – vihreät rakennukset on suunniteltu terveellisiksi rakennuksiksi

Green Building Council Finlandin tavoitteena on tuoda kestävä kehityksen näkökulma luonnolliseksi osaksi kaikkea kiinteistö- ja rakentamisalan toimintaa. Yhdistys tarjoaa jäsenilleen kestäväan kehitykseen liittyvää koulutusta, tietopalvelua ja kehitystoimintaa. Yhdistyksen jäsenistöön kuuluu ammattimaisesti toimivia kiinteistöjen omistajia, rakennuttajia ja kiinteistöjen käyttäjiä, kiinteistö- ja käyttäjäpalvelujen tuottajia, suunnittelijoita rakentajia sekä kaupallisia ja teollisia yrityksiä. Perustajajäseniä yhdistyksellä on 29.

Vihreän rakentamisen edistämisen ja tiedonvälityksen lisäksi yksi Green Building Council Finlandin tärkeimmistä tehtävistä on kiinteistöjen ympäristöluokitusten edistäminen.

#### 4.5.2 Ympäristöluokitusjärjestelmistä apua suunnitteluun

Rakennusten ympäristöluokitusjärjestelmät on kehitetty helpottamaan kiinteistöjen vertailua. Tietoja kaipaavat niin sijoittajat, viranomaiset kuin käyttäjätkin. Korkealle luokiteltu kiinteistö on huomattavasti parempi tai luokittelematonta naapuriaan arvokkaampi sijoituskohde ja sen vuokrataso on parempi.

Yhtä ylivoimaista ympäristöluokitusjärjestelmää ei ole. Tällä hetkellä Suomessakin käytetään yhtä kotimaista, PromisE:a ja kahta kansainvälistä järjestelmää. Sekä amerikkalainen LEED että eurooppalainen BREEAM ovat varsin samanlaisia ja painottavat samoja asioita. Sertifioituja kohteita on maailmalla jo satoja tuhansia.

EU rahoittaa useita ympäristöluokitusta kehittäviä hankkeita. Näitä ovat muun muassa Green Public Procurement, Open House ja Super Buildings. Green Public Procurement keskittyy julkisiin tiloihin ja julkisiin hankintoihin.

Laajojen ympäristöluokitusten Suomessa on käytössä muitakin rakennuksen ympäristövaikutuksia jonkin osa-alueen osalta arvioivia työkaluja Rakennusten energiatodistus, sisäilmaluokitus tai Taloyhtiön kuntotodistus.

### **LEED**

LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) -sertifioinnissa rakennusprojektia arvioidaan kuudella eri kriteerillä: kestävä maankäyttö, tehokas vedenkäyttö, energian käyttö, materiaalien valinta ja kierrätys, sisäilman olosuhteet ja innovaatiot suunnitteluprosessissa. Korkein, platina-taso edellyttää vähintään 80 pistettä, kulta 60 pistettä, hopea 50 pistettä ja perustaso vähintään 40 pistettä.

### **BREEAM**

BREEAM (*Building Research Establishment's Environmental Assessment Method*) ohjaa niin rakennuksen suunnittelua, rakentamista kuin käyttöäkin. Se tarkastelee ympäristövaikutuksia esimerkiksi johtamisen, energian- ja vedenkulutuksen, käytettyjen materiaalien, maankäytön ja liikenteen kautta. Tekijät pisteystetään ja pisteiden perusteella rakennukselle myönnetään arvosana. Luokitus voidaan antaa myös olemassa olevalle rakennukselle. BREEAM Europe kattaa toimistot, liiketilat ja teollisuusrakennukset, mutta se voidaan myös räätälöidä muille rakennustyypeille.

### **PromisE**

Suomalainen **PromisE** on esimerkki kansallisista luokitusjärjestelmistä. Käytännönläheisen ja helposti omaksuttavan luokitusjärjestelmän kehityksessä on otettu huomioon paikalliset olosuhteet ja tarpeet. Sen perusideana on arvioida kiinteistön merkittävimpiä ympäristövaikutuksia yksinkertaisten ja luotettavien mittareiden avulla. Mittaustulokset pisteystetään ja rakennukselle annetaan arvosana A-E, joka kuvaa sen ympäristöominaisuuksien laatua. Ympäristöjärjestelmä on aluksi ehkä työläs, mutta myöhemmin hyvä työkalu hyvän sisäilmaston suunnittelussa. Usein erityisesti vaativimmissa kohteissa suunnittelua tehdään yhteistyönä ja ympäristöjärjestelmän vaatimukset hyvin hallitsevan konsultin avustuksella.

Ympäristöluokittelujärjestelmä edellyttääkin suunnittelussa kaikkien rakentamisen osatekijöiden arviointia. Tavoiteltuun "luokkaan" pääseminen voi edellyttää monenlaisien rakenteellisten ja taloteknisten ratkaisujen kombinaatioiden tutkimista ja valittu luokitusjärjestelmä on vaatimuksineen tunnettava. Ilmastoinnin jäähdytysjärjestelmän suunnittelijan ja toimittajan olisi tiedettävä, mitä valitussa luokittelujärjestelmässä IV-jäähdytysjärjestelmältä ja sen komponenteilta vaaditaan. Valitun luokitusjärjestelmän vaatimukset voidaan täyttää monenlaisella ratkaisulla. Se antaa hyvinkin vapaat kädet suunnittelijalle luovuutensa toteuttamiseen.



<b>Superior</b> Laitteet: • HP Aqua								
<b>Premium</b> Laitteet: • HP eAir • MDX								
<b>Dynamic</b> Laitteet: • MDE-CG • MDW-CG								
<b>Classic</b> Laitteet: • MDE • MDW • eco ECE								
<b>Standard</b> Laitteet: • MD • eco EC								

## 4.6

### **Enervent-ratkaisut ilmanvaihtotarpeisiin**

Ilmanvaihtoratkaisujen esitteleminen asiakkaalle laitekokonaisuuksien nimillä, usein hankalasti hahmotettavine kirjain/numeryhdistelmineen, on hankalaa puuhata. Enervent-ilmanvaihtoratkaisut on luokiteltu ominaisuuksiensa perusteella helposti ymmärrettäviin ryhmiin. Niistä oikean järjestelmän valinta käy nopeasti, kun tarpeet ja toiveet on kartoitettu.

Huomioon otettavia tekijöitä ovat sisäilman hiilidioksidipitoisuus, kosteuden hallinta, äänitaso, sisään tulevan ilman suodatustaso, järjestelmän säädettävyys, viilennys/jäähdytystarve, lämpimän veden tuotto jne. Suunnittelutasoluokkia on viisi perustason Standardista aina Superior-tason mukavuuteen.

Koneellisen ilmanvaihdon perustasonkin kuuluvat riittävä, raittiin ilman takaava ilmanvaihto, lämmön talteenotto, joka lisää niin järjestelmän kuin koko rakennuksen energiatehokkuutta sekä ohjausjärjestelmä. Mitä korkeammalle suunnittelutasolle siirrytään, sitä tarkemmin rakennuksen sisäilmastoa pystytään hallitsemaan ilmanvaihtojärjestelmän avulla.

#### 4.6.1 **Standard**

Standard-luokan ratkaisu takaa raittiin ilman, lämmön talteenoton sekä ohjausjärjestelmän. *Enervent-vaihtoehdot: MD sekä eco EC.*

#### 4.6.2 **Classic**

Classic-talon ratkaisussa on mukana myös tuloilman lämmitys. Tuloilman lämmitys on erittäin tärkeä ominaisuus pohjoisen ilmanalan ratkaisussa, sillä se lisää asumismukavuutta valtavasti pakkaskaleilla vedon tunteen poistuessa. Sen aiheuttamaa energiahukkaa ei kannata pelätä, sillä se on päällä vain tarvittaessa. *Enervent-vaihtoehdot: MDE, MDW ja eco ECE.*

### 4.6.3 **Dynamic**

Dynamic-tasolla ilmanvaihtojärjestelmässä on mukana myös tuloilman viennin maapiirin liuksella. Se on asumismukavuutta voimakkaasti lisäävä ominaisuus kesäkaudella, mutta viennistä tarvitaan usein jo aikaisin keväällä auringon alkaessa lämmittää. Eri-tyisesti tiiviissä passiivitaloissa, aurinkoisilla, avoimilla tonteilla ja jos sisätiloissa on suuri lämpökuormitus, tuloilman jäähdytyksen tarve voi alkaa jo maaliskuussa.

*Enervent-vaihtoehdot: MDE-CG ja MDW-CG.*

### 4.6.4 **Premium**

Kun ilmanvaihtojärjestelmä hyödyntää myös ilmalämpöpumppua, se mahdollistaa sekä sisäilman lämmitykseen että jäähdytykseen lämpöpumpun avulla. HP eAir-laitteissa poistoilmalämpöpumppu on sisäänrakennettu ilmanvaihtolaitteeseen. MDX-laitteissa on erillinen ulkoyksikkö. Lämmitetty/viennetty tuloilma jakautuu tasaisesti koko rakennukseen ilmanvaihtokanavistoa pitkin.

*Enervent-vaihtoehdot: HP eAir ja MDX.*

### 4.6.5 **Superior**

Superior-luokan ratkaisussa on kaikki Premium-luokan ominaisuudet ja lisäksi Superior-luokan ratkaisussa lämpöä voidaan varastoida energiavaraajaan, käyttäen tuloilman lämmitykseen sekä vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä ja lämpimän käyttöveden tuottamisessa. *Enervent-vaihtoehdot: HP Aqua.*

## 4.7 **Energiaväylä**

Energiatohokkaassa rakennuksessa kertaalleen hankittu energia hyödynnetään mahdollisimman tarkkaan uudelleen, oli se sitten ostettua energiaa tai ilmaisenergiaa. Ilmaisenergiaa ovat esimerkiksi auringon säteilylämpö sekä kiinteistön käytöstä syntyvä lämpöenergia, joka on peräisin ihmisistä, kotieläimistä ja laitteista. Tämä ilmaisenergia kerryttää lämpökuormaa, joka aikaisemmin tuuletettiin hukkalämpönä ulos.

Toistaiseksi pesu- ja huuhteluvien mukana viemäriin joutuva lämpöenergia on vielä hukkaenergiaa, mutta **energiaväylä** hyödyntämällä kaikki muu lämpö- ja jäähdytysenergia voidaan ottaa talteen ja hyödyntää rakennuksen ja sen käytön kannalta kaikkien tehokkaimmalla ja taloudellisimmalla tavalla.

Lämpökuorma ja lämmöntarve eivät jakaannu rakennuksessa välttämättä tasaisesti. Talvisaikaan esimerkiksi lämmöntarve on suuri yöllä ja yllälämpöä puolestaan syntyy vaikkapa toimistorakennuksissa erityisesti iltapäivällä, kun työntekijät ovat paikalla ja kaikki koneet päällä. Toisella puolella rakennusta lämpöä voi olla liian vähän ja toisaalla taas liikaa. Toisaalle ostetaan lisää energiaa ja toisaalla sitä heitetään hukkaan.

Ajatellaanpa vaikka tavanomaista omakotitaloa. Lämpimässä saunassa lämpöä voi olla liikaa, mutta perimmäisessä makuuhuoneessa liian vähän. Teollisuushallin perällä voi puolestaan olla työkoneista johtuvaa, jäähdytystä edellyttävää yllämpöä, kun toimistohuoneissa palellaan.

Ensto Enerventin energiaväylän avulla energiaa voidaan siirtää juuri sinne, missä siitä on puutetta. Ensin käytetään rakennuksen sisäiset energiakuormat hyödyksi ja ulkopuolista energiaa ostetaan vasta, kun siihen on todellinen tarve.

Energiaväylä välittää talteen otetun energian sinne, missä sitä tarvitaan ja milloin sitä tarvitaan. Talteen otettu lämpö- (ja kylmä-) energia talletetaan energiapankkiin, energiavaraajaan, josta se hyödynnetään tarpeen mukaan rakennuksen ilmanvaihdon lämmityksessä tai jäähdytyksessä sekä haluttaessa myös vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä tai käyttöveden tuottamisessa. Talteen otettu ja uudelleen käytettävä energia siirtyy automaattisesti sinne, missä sitä kulloinkin tarvitaan tai varastoituu energiavaraajaan myöhempää käyttöä varten.

## 4.8 **Täyden paketin ilmanvaihtoratkaisu energiaväylän avulla**

Energiaväylää hyödyntämällä rakennuksen lämpökuormien ja energiankäytön hallinta onnistuu yhdellä järjestelmällä. Esimerkiksi **Enervent Pallas HP Aqua** -kiertoilmalaite on kehitetty huolehtimaan täydellisesti rakennuksen sisäilmastosta ja sen ohjaamisesta, lämmön talteenotosta, lämpimän veden tuottamisesta sekä vedenjäähdyttämisestä. Näin se vastaa monen suunnittelijan ja rakennuttajan unelmaan yksinkertaisesta ja varmatoimisesta kokonaisratkaisusta.

Energiaväyläratkaisun hyödyntäminen onnistuu käytettäväksi kaiken kokoisissa rakennuksissa. Luvussa 13 löytyvät esimerkit niin teollisuusrakennuksesta (uudisrakennus), elintarvikeliikkeestä (saneeraus) kuin uudesta omakotitalostakin. Joustava järjestelmä muuntautuu tarpeiden mukaan. Omakotitalossa lämmityksen ja jäähdytyksen tarve riippuu rakennuksen energiatehokkuudesta, mutta lämmintä käyttövedettä tarvitaan enemmän kuin vaikkapa elintarvikeliikkeessä.

Sisäilman kuivatuksen ja jäähdytyksen tarve tulee jatkossa kasvamaan myös asuinrakennuksissa. Elintarvikeliikkeissä energiatehokkuusvaatimukset edellyttävät kylmäkalusteiden ovittamista, mikä puolestaan nostaa sisäilman suhteellisen kosteuden liian suureksi erityisesti kesäaikana. Avoimet kylmäkalusteet ovat osaltaan huolehtineet sisäilman kuivatuksesta, mutta ovitetussa myymälässä asia on hoidettava ilmanvaihdon avulla.

Monissa tuotantolaitoksissa kosteutta syntyy myös varsinaisessa toiminnassa.

Energiatohokkaiden rakennuksen jäähdytystarvetta voidaan vähentää paitsi arkkitehtonisin ja rakenteellisin, ns. passiivisin keinoin, myös huolehtimalla sisäilman kosteustasapainosta. Mitä suurempi suhteellinen ilmankosteus on, sitä tukalamman kuumalta se ihmisestä tuntuu. Pitämällä ilmankosteus sopivalla tasolla sisätilojen lämpötilaa voidaan pitää muutaman asteen korkeammalla sen tuntumatta ikävältä. Ilman kosteuden säätelyminen on hyvä myös sisustusmateriaalien, kalusteiden ja talon rakenteiden toimivuuden kannalta.

#### 4.8.1 Esimerkkinä asuinkerrostalo

Hyväksi esimerkiksi energiaväylän hyödyntämisestä rakennuksen ilmanvaihto-, lämmitys- ja jäähdytysratkaisusta käy asuinkerrostalo, jonka katutasossa sijaitsee elintarvikemyymälä.

Tavanomaisessa ratkaisussa myymälän ilmanvaihto- ja kaupan kylmäratkaisu toteutetaan omana kokonaisuutenaan ja päällä sijaitsevien asuntojen omanaan. Kiinteistö voi olla kaukolämpöverkossa ja lämmityslasku jaetaan neliömäärän perusteella osakkaiden kesken.

Jos sama kokonaisuus toteutetaan mahdollisimman energiatohokkaana, ympäristöystävällisenä kokonaisuutena, kaikkiin tiloihin saadaan ideaaliset sisäolosuhteet mahdollisimman energiatohokkaasti, vähäpäästöisesti ja taloudellisesti.

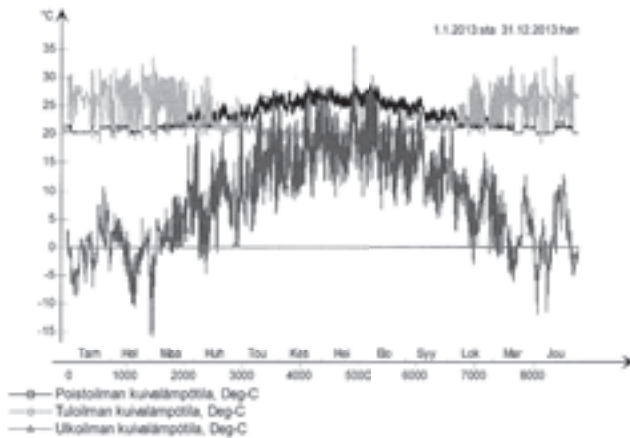
Lämmityksen ja jäähdytyksen/sisäilman kuivatuksen tarpeet vaihtelevat eri tilojen välillä jopa samana vuodenaikana. Jo varhain keväällä aurinkoisella sivustalla voidaan tarvita jäähdytystä, kun varjoisalla vielä eletään täyttä lämmityskautta. Ilmanvaihdon jäähdytyksen ja kuivatuksen tarve kasvaa myymälässä voimakkaasti kesän tulon myötä. Kun talteen otettu lämpö- ja jäähdytysenergia varastoidaan energiapankkeina toimiviin energiavaraajiin, sitä voidaan joustavasti hyödyntää samassakin rakennuksen eri lohkoissa samaan aikaan oleviin erilaisiin energian tarpeisiin: jäähdytykseen, lämmitykseen tai lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Katso sivu 120.

#### 4.8.2 Ensto Enervent Pallas HP Aqua kiertoilma

Ensto Enerventin pisimmälle kehitetty, monimuotoisin ja monipuolisin ratkaisu rakennuksen ilmanvaihtoon, lämmön talteenottoon, ohjaukseen, lämmitykseen, jäähdytykseen ja sisäilman kuivatuksen sekä lämpimän että kylmän veden tuottamiseen on Ensto Enervent Pallas HP Aqua kiertoilma. Se on sisäänrakennetulla poistoilmalämpöpumpulla varustettu ilmanvaihtolaitte (ilmamäärä 200–700 l/s, 300 Pa). Siinä on kaikki yhdessä laitteessa, erillisiä sisä- tai ulkoyksiköitä ei tarvita eikä työmaalla tarvita erillistä kylmäasennusta. Koko järjestelmää ohjaa Enervent MD-ohjausjärjestelmä.

Erityisesti kesäkeleillä viilennystilanteessa lämpöpumpun prosessissa menee energiaa hukkaan, mutta Enervent Pallas HP Aqua kiertoilma hyödyntää energian veden lämmitykseen ja/tai jäähdytykseen, sillä se pystyy tuottamaan sekä lämmintä, että kylmää vettä omiin varaajiinsa. Sieltä se voidaan puolestaan käyttää esimerkiksi tilojen lämmitykseen ja viilentämiseen joko vesikiertoisen jakojärjestelmän tai kiertoilman avulla.

## Ilmanvaihtolaitteen lämpötilat



## Energiaraportti vyöhykkeelle "IV-kone"

kWh (tuntuva ja sidottu)

Kuu	Q_HEAT	Q_COOL	Q_REHEAT	Q_RECOOL	Q_HUM	Q_FANS
1	1017.0	0.0	2018.0	0.0	0.0	123.8
2	919.6	0.0	1881.0	0.0	0.0	111.7
3	719.4	0.0	1810.0	0.0	0.0	124.2
4	174.3	0.7	1285.0	0.0	0.0	121.0
5	30.3	80.5	773.7	0.1	0.0	126.0
6	0.0	172.6	383.4	0.6	0.0	122.6
7	0.0	376.0	208.8	7.6	0.0	127.0
8	0.0	286.9	313.6	3.0	0.0	126.8
9	12.4	36.5	721.9	0.1	0.0	122.0
10	301.4	0.6	1288.0	0.0	0.0	125.1
11	815.4	0.0	1697.0	0.0	0.0	120.3
12	935.7	0.0	1867.0	0.0	0.0	124.0
<b>Yhteensä</b>	<b>4925.5</b>	<b>953.8</b>	<b>14267.4</b>	<b>11.5</b>	<b>0.0</b>	<b>1474.5</b>

Kiertoilmatoiminto kierrättää sisäilmaa lämmityspatterin läpi kun kiinteistöä pitää vain lämmittää, mutta ilmanvaihtoa ei tarvita.

CO<sub>2</sub>-anturi muuttaa kiertoilmalla varustetun laitteen toiminnan kiertoilmalaitteesta tavalliseksi ilmanvaihtolaitteeksi jos asetusarvo ylittyy, eli kiinteistöön tulee ihmisiä. Sisäilman kosteutta hallitaan tuloilman absoluuttisen kosteusarvon (g/kg) avulla. Jälkilämmitys tehdään laitteen itse tuottamalla lämmöllä vesivaraajasta vedontunteen välttämiseksi.

Laitteen erinomainen vuosihyötysuhde perustuu tehokkaaseen lämmön talteenoton ja lämpöpumpun yhdistämiseen. Tuoteperheen pyörivällä lämmön talteenotolla varustettujen mallien vuosihyötysuhde on jopa yli 90% ja nestekiertoisen glykoli-lämmön talteenoton n. 45–65%.

Enervent Pallas HP Aqua kiertoilma sopii lämmityksen tukijärjestelmäksi ja tietyissä paikoissa päälämmönlähteeksi erityisesti matalaenergia- ja passiivitorakentamisessa. Se on erinomainen ratkaisu erityisesti sellaisilla alueilla, joissa lämpöpöppujen ulkoyksiköitä ei julkisivuun saa asentaa.

Enervent Pallas HP Aqua kiertoilma täyttää RES-direktiivin vaatimukset.

Aikaisemmassa kerrostaloesimerkissä ratkaisuna on kaksi energiavaraajaa sekä jokaiseen kerrokseen asennettu Enervent Pallas HP Aqua kiertoilmalaitte.

Enervent Pallas HP Aqua kiertoilmajärjestelmän suunnitteluun tarvitaan mallintamista, jotta sen monipuoliset mahdollisuudet saataisiin täysimääräisesti hyödynnettyä parhaalla mahdollisella tavalla. Nykyisin rakennusten ja jäähdytyksen mallintaminen ei olekaan enää mielekästä perinteisesti "käsi pelillä". Kokonaisuuden hallintaan tarvitaan avuksi dynaamista laskentaa, joka tutkii ja mallintaa rakennuksen toimintaa hetki hetkeltä. Mallinnuksen avulla pystytään mm. tutkimaan, miten jäähdytys, energiaväylä, energiapankki ja rakennuksen energiatase käyttäytyvät erilaisissa ulkoisissa ja sisäisissä olosuhteissa. Enervent Pallas HP Aqua kiertoilmajärjestelmää ollaan parhaillaan mallintamassa suoritettuun mallinnusohjelmaan IDA-ICE:en.

*Yksinkertaisen, toimivan ja energiatehokkaan sisäilman toteuttamisen salaisuus: Katso ensin, mihin pystytään ilman avulla ja lisää muuta vasta sitten!*



# 5

## HYVÄN ILMAN- VAIHTO- JÄRJESTELMÄN RAKENNUSPALIKAT

### 5.1 **Ilmavirtojen mitoitus**

Yleensä ilmanvaihtosuunnittelija mitoittaa rakennuksen ilmanvaihdon soveltaen D2:n tilakohtaisten ilmavirtojen ohjearvoja. Usein mitoitusilmanvaihdon suuruus määräytyy ulkoilmavirtojen perusteella, mutta pienissä taloissa määrääväksi voivat kuitenkin muodostua tilakohtaiset poistoilmavirrat. Mitoitusilmanvaihdon ilmavirrat merkitään ilmanvaihtopiirustuksiin.

Kun pientalon ilmanvaihdon ilmavirrat suunnitellaan D2:n ohjeellisten käyttöajan tehostamattomien ilmavirtojen mukaan, keskimääräiseksi ilmavirraksi tulee noin 0,5 l/s/m<sup>2</sup>. Keskimääräinen ilmanvaihto vaihtelee hieman talon koon ja tyyppin mukaan. Tämä ilmavirta vastaa kuitenkin vain tyydyttävää sisäilman laatua tavanomaisessa käytössä. D2 perustaso täyttää vain noin 60 % hyvän sisäilman vaatimuksista. Uusien energiatehokkaiden talojen osalta D2:n vaatimukset ovat jääneet jälkeen.

#### **Entiset säännöt eivät enää päde**

Viimeisen vuosikymmenen kuluessa ilmastoinnin merkitys on oivallettu hyvin esimerkiksi toimitilarakentamisessa sekä teollisuuden prosesseissa. Asuintalot ovat edelleen jääneet vähemmälle huomiolle. Ehkä asiaa selittää lähihistoria: koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto teki läpimurtonsa vasta 2000-luvulla ja omakotitaloissakin 1990-luvulla.

Ensimmäinen kattava suomenkielinen LVI-suunnittelun ja ilmamäärien mitoittamisen käsikirja ilmestyi jo vuonna 1959. Lämpö- ja vesijohto sekä tuuletustekniikan käsikirjassa ilmamääristä käytettiin yksikkönä vielä eurooppalaista m<sup>3</sup>/h, vasta myöhemmin alettiin käyttää l/s. On varsin mielenkiintoista, että käsikirjassa suositellut ilmamäärät olivat asuinrakennuksissa suuremmat kuin vuoden 2003 D2:ssa. Esimerkiksi kylpyhuoneen ilmamäärä oli nykyistä minimitasoa 12 % suurempi.

Vuosisata tai vielä 50 vuotta sitten vettä käytettiin rakennuksissa ihan eri tavalla kuin nykyisin. Ennen sotia Helsingissä tavattiin kysellä: *"Tuleeks teille jo Huuberit?"* Huubereiksi nimettiin vesijohtoja samannimisen vesijohtoasennusliikkeen mukaan. Ilman vesijohtoja vedellä ei suuremmin voinut lutrata, toisin kuin nykyään. Ennen saunat sijaitsivat piharakennuksissa. Nykyisin koteihin rakennetaan kotikylpylöitä höyrysaunoineen ja poreammeineen.

Kotikylpylät ovat mukavaa arjen ylellisyyttä, mutta ne tulisi myös ottaa huomioon ilmanvaihdon suunnittelussa. Valitettavan usein jo toisen suihkun asennuksen vaikutus jää suunnitelmiin kirjaamatta. Pahimmassa tapauksessa mennään D2:n minimillä 15 l/s. Suosittelemme kylpytilaan peukalosäätöä 15 l/s per suihku ja mikäli tilassa on amme, niin ilmamäärän tulee olla minimissään 30 l/s.

Vielä joitakin vuosia sitten koneellisen poistoilmanvaihdon ollessa vallitseva ilmanvaihtotapa suunnittelu aloitettiin määrittämällä poistoilmavirrat. Tapa jäi elämään ja samaa kaavaa noudatettiin tulo- ja poistoilmanvaihdon suunnittelussakin. Näin tuloilman ilmamäärä oli 90 % poistoilmavirrasta (0,9 x poisto). Ehdottomasti parempi tapa on aloittaa suunnittelu tarpeiden määrittelystä, halutusta laatutasosta ja siihen pääsemiseksi edellytettävien tuloilmavirtojen määrittelystä. On myös otettava huomioon, ettei erittäin

tiivin talon tulo- ja poistoilmavirtojen suhde voi mitenkään olla 0,9. Talossa vallitsisi silloin liian suuri alipaine. Nykyrakentamisessa sääntönä on, että tuloilman ilmamäärä on 95–97 % poiston ilmamäärästä.

### Tuplaten parempi

D2:n mukainen ilmanvaihtokerroin on 0,5 l/s/m<sup>2</sup>. Suosittelemme nostamaan sen perusilmanvaihdossa 0,6–1,0 l/s/m<sup>2</sup>. Pienissä asunnoissa voidaan olla lähempänä 1,0:tä ja suuremmissa 0,6:ta. Ilmanvaihtoa pitää pystyä tehostamaan siten, että ilmaa saadaan 0,9–1,2 l/s/m<sup>2</sup>.

Esimerkiksi sataneliöisessä neljän makuuhuoneen talossa ilmanvaihtokerroin tulisi olla lähempänä 1,0 l/s/m<sup>2</sup>:iä, kun vastaavasti perusvarustellun 200 m<sup>2</sup>:n ja viiden makuuhuoneen talon ilmavaihtokerroin voi olla 0,6 l/s/m<sup>2</sup>.

Vanhassa talossa asuva on saattanut vuosien mittaan tottua tunkkaisuuteen vaikkapa makuuhuoneissa. Normi 6 l/s/henkilö makuuhuoneessa ei kuitenkaan ole riittävä, vaan ilmamäärä tulisi tuplata. Pieneenkin makuuhuoneeseen tarvitaan raitista ilmaa minimissään 8 l/s. Kuivatus, jäähdytys ja lämmitys vielä lisäävät tarvittavia ilmamääriä entisestään.

Ulkoilmavirta mitoitetaan yleensä arvioidun tilakohtaisen henkilökuormituksen tai tilan koon perusteella. Arkkitehdin piirtämien tyynyjen varaan ei voi kuitenkaan laskea, sillä kuormitus voi vaihdella suuntaan jos toiseen. Ilmanvaihdon tehostustarpeessa ilmavirtoja on voitava tehostaa vähintään +30 %, mutta olisi turvallisempaa, jos se voitaisiin kaksinkertaistaa.

Suunnittelussa olisikin varauduttava maksimaaliseen tarpeeseen. Asiantuntijat suosittelvatkin, että omakotitalon ilmanvaihtojärjestelmä mitoitettaisiin mitoitusilmavirtoja 1,5–2-kertaa suuremmille ilmavirroille, jotta riittävä tehostustarve tulisi otettua huomioon. Tehostustilanteessa liian pienille ilmavirroille mitoitettu järjestelmä on meluisa sähkösyöppö. Järjestelmä saadaan sopeutumaan muuttuviin tilanteisiin ohjauksen optimoinnilla.

Pieneen asuntoon tarvitaan pienemmät ilmavirrat. On kuitenkin muistettava, että yksiosä on kaikki samat lämpö- ja kosteuskuormitusta aiheuttavat toiminnot kuin suuremmassakin asunnossa. Mitoitus on pienemmässä asunnossa suurempi, sillä kosteat tilat määräävät poistoilmamäärän. Tuloilman määrän on puolestaan oltava siihen nähden oikeassa suhteessa.

Poissaoloilmavirrat saavat olla enintään 60 % kotonaoloilmavirtoja pienemmät.

Kun tilakohtaiset ilmavirrat on mitoitettu, ilmanvaihtosuunnittelija varmistaa ilmavirtojen riittävän tasapainon ja sisäilman lievän alipaineisuuden ulkoilmaan verrattuna.

## Ilmanvaihdon hyötysuhde

**Ilmanvaihdon hyötysuhteella** tarkoitetaan ilman lyhyimmän iän keski-iän suhdetta samalla ilmavirralla. **Ilman keski-ikä** puolestaan on aika, joka kuluu ilman kulkiessa pääte-elimistä tarkastelukohtaan. Sekoittavassa ilmanjaossa hyötysuhde on 50 %, kun tulo- ja huoneilma sekoittuvat täydellisesti.

## 5.2

### Ilmanjakotavan valinta

Ilmanvaihtokanaviston tehtävänä on välittää raitis ilma tilaan ja kuljettaa poistoilma takaisin lämmön talteenottolaitteeseen ja jäteilmana ulos rakennuksesta. Tämä sen pitäisi pystyä tekemään mahdollisimman hiljaisesti, säädettävällä tavalla ja energiatehokkaasti kaikissa olosuhteissa.

Valittu ilmanjakotapa vaikuttaa keskeisellä tavalla siihen, miten hyvänä ilmanvaihtoa pidetään. Ilmanjakotavoista (sekoittava, syrjäyttävä, vyöhyke- tai mäntävirtausilmanjako) yleisin on esimerkiksi omakotitaloissa käytettävä sekoittava ilmanjako. Se perustuu huonetilaan suurella nopeudella puhallettavaan ilmasuihkuun, johon huoneilma imeytyy ja sekoittuu tehokkaasti. Huoneilman epäpuhtaudet laimenevat ja ilma on suhteellisen samanlaista koko tilassa. Myös tilan sisäilman jäähtytys onnistuu hyvin sekoittavalla ilmanjaolla.

Määräykset täyttävä ilmanvaihto ottaa raitista ilmaa puhtaisiin oleskelutiloihin ja poistaa käytetyn ilman likaisten, kosteiden tilojen kautta. Korkeatasoinen sisäilmasto saadaan varmimmin toteutettua tehtäessä ilmanvaihdosta huonekohtaisesti säädettävä. Se edellyttää huonekohtaista tulo- ja poistoilmanvaihtoa.

Siirtoilmareittejä tarvitaan tavallisesti asuinhuoneista käytävätiloihin ja niistä edelleen poistoilmakohteisiin. Siirtoilmareittien paine-ero mitoitetaan niin pieneksi, että sen vaikutus ilmavirtoihin ja tilojen paineeseen on vähäinen.

## 5.3

### Kanavisto ja sen mitoittaminen

*”Ilmakanavat on määräysten mukaan mitoitettava käyttöajan tehostetuille ilmavirroille.”*  
**RakMk osa D2, liite 1**

Kanavat pyritään suunnittelemaan paitsi parhaan mahdollisen toiminnallisuuden, myös helpon asennettavuuden, puhdistettavuuden ja hankinnan sekä asennuksen taloudellisuuden kannalta optimaalisella tavalla.

Ilman virtausnopeudet kanavistossa käyttöajan tehostamattomilla ilmavirroilla ovat 1–2 m/s. Lyhyissä ilmanvaihtolaitteelta lähtevissä kanavissa virtausnopeus voi olla enintään 3 m/s.

Kanaviston materiaali on pitkälti makuasia, vaikkakin peltikanava on edelleen suosituin vaihtoehto. Valinnan saattavat ratkaista valitun urakoitsijan mielipyykset.

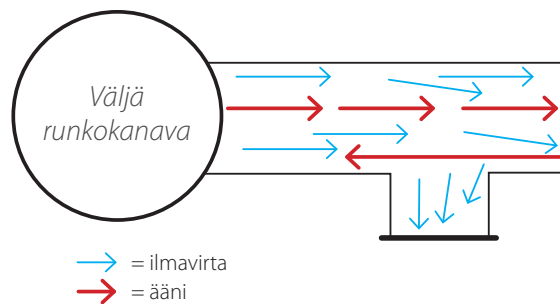
Kanavan koon määrittäminen ei kuitenkaan saa jäädä kenenkään mielipyyksten varaan, sillä sen merkitys koko järjestelmän toimivuuden, energiatehokkuuden sekä asumismukavuuden kannalta on ratkaisevan tärkeä.

Taloudellisinta ratkaisua valittaessa on oletettava huomioon paitsi itse kanavan hankintahinta, myös puhallinenergian ja perussäädön kustannukset. Suurempi kanava on hinnakkaampi ja puhallusenergiaa tarvitaan vähemmän. Toisaalta se mahdollistaa



ilmanvaihdon jäähtytyksen ja kuivatuksen. Suuremmissa kanavissa myös ilma liikkuu hiljaisemmin, joten häiriöääniltä vältetään. Äänitasosta kannattaakin asiakkaan kanssa keskustella. Herkkäuniset kärsivät äänistä makuuhuoneessaan. D2:n mukaan maksimiäänitaso on asuinhuoneessa 28 dB.

*Kanavisto pitää suunnitella ja rakentaa ääniteknisesti oikein. Päätelaitteille mentäessä käytetään T-haaroja, jotta ääni saadaan hallintaan.*



Jäteilman johtaminen ulos rakennuksesta on järjestettävä siten, ettei se aiheuta kosteuskuormitusta rakenteille eikä myöskään hajuhaittoja ulos puhallettaessa. Katolle johdettaessa se ei saa talvisaikaan sulattaa lunta.

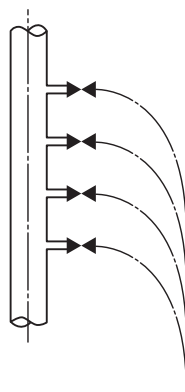
Suunnittelu ja mitoitus on järkevintä tehdä suunnitteluohjelmalla. Ohjelmaan on tärkeää syöttää oikeat arvot. Muutamaa peukalosääntöä noudattamalla päästään hyvään lopputulokseen:

- » Painehäviö/kitkahäviö on alle 1 Pa/m.
- » Kanavisto on mahdollisimman yksinkertainen ja painehäviöiltään symmetrinen (itsesäätyvyys).
- » Runkokanavat ovat mahdollisimman suuria (toimivat jakotukkeina ja "reservinä").
- » Päätelaitteella on tarpeeksi auktoriteettia säätöä varten.

Alla olevassa taulukossa näkyvät ilmamäärät ja kanavakoot, joilla taataan hiljainen ilmanvaihto ja hyvä SFP-luku.

Kanavan koko, Ø; mm	Max. $q_v$ , l/s asunnot, radioasemat	Max. $q_v$ , l/s toimistotilat, myymälät
100	25 (asunnoissa usein 125)	35
125	40	60
160	65	100
200	120	180
250	190	280
315	320	480
400	520	800
500	850	1400

Runkokanavan tulisi olla mahdollisimman väljä ja toimia jakotukkina.



*Lämpö-, vesi- ja ilmanvaihtoverkosto on mitoitettava niin, että johto on väljä ja venttiili ahdas.*

*Tällöin venttiili yksin määrittää virtaaman suuruuden, riippumatta muiden venttiilien asennosta.*

Palo-osastoinnit on tärkeää ottaa huomioon. Pientalon kytketty autotalli on eri palo-osastoa kuin asuintilat. Kerrostaloissa palo-osastoja on kymmeniä, jo jokainen asunto on oma palo-osastonsa. Suosittelemmekin aina tila-, lohko- tai asuntokohtaista ilmanvaihtoa, sillä se on paras tapa varmistaa tehokas palo-osastointi. Ei tarvita kalliita ja huoltoa vaativia palopeltejä ja eristäminenkin on helpompaa. Kun laitteet ja kanavistot ovat tila- ja lohko-kohtaisia, saadaan kaupan päälle parempi säädettävyyys.

### 5.3.1

#### Hiiren hiljaa – ilmanvaihtoa ilman melua

Ilmanvaihtojärjestelmästä saadaan oikealla virtausteknisellä mitoituksella ja tehokkaalla äänenvaimennuksella käytännössä äänetön.

D2:n sallima äänitaso on usein korkeampi kuin huonetiloissa oleskelevien häiritseväksi aistima äänitaso. Siksi äänenvaimennukseen on jo suunnitteluvaiheessa kiinnitettävä erityistä huomiota. Taustahälyä hiljaisempi ilmanvaihto toteutetaan n. 0,5-kertaisella ilmanvaihdolla.

Kun mahdollista, äänenvaimentamiseen on hyvä käyttää ilmanvaihtolaitteeseen liitettävää äänenvaimennusyksikköä, jonka äänenvaimennusominaisuudet kanaviin tunnetaan. Äänenvaimennus voidaan toteuttaa myös erillisillä kanava-äänenvaimentimilla tulo- ja poistoilmakanavissa. Ulko- ja jäteilmakanaviin ei yleensä äänenvaimennusyksikön lisäksi tarvita kanava-äänenvaimentimia. Äänenvaimentimille on suunnitteluvaiheessa muis-tettava jättää tilaa.

Ilmanvaihtolaite ja äänenvaimennusyksikkö olisi asennettava mieluiten tekniseen tilaan, jossa ilmanvaihtolaitteen ja äänenvaimentimien vaipan läpi tuleva ääni ei häiritse asumista. Samalla voidaan varmistaa helppo huolto. Omakotitalossa ilmanvaihtolaite voidaan joutua sijoittamaan esimerkiksi kodinhoitohuoneeseen. Olisi kuitenkin hyvä, jollei se sijaitisi ainakaan makuuhuoneen vastaisella seinällä. Kodinhoitohuoneeseen asennettaessa on muistettava ottaa huomioon kondenssiriiski ja huolehtia sekä kondenssieristyksestä että kondenssiveden poistosta.

Myös äänen siirtyminen on otettava huomioon. Jos makuuhuoneeseen otettava tuloilma siirtyy kynnyksraon kautta kodinhoituhuoneeseen, jossa ilmanvaihtolaite ja ilma poistuu poistoilmakanavan kautta, ääni pääsee häiritsemään nukkujaa. Jo Rakentamismääräyskokoelman osassa C1 edellytetään tällaisissa tilanteissa desibeliovien käyttöä ja näin ollen sekä tulo- että poistoilmaa makuuhuoneissa. (LVIS-laitteiden aiheuttamat suurimmat sallitut äänitasot rakennuksen sisällä).



Enervent Pelican- ja Pegasos-ilmanvaihtolaitteisiin on saatavana siistit äänenvaimennusmoduulit. Moduuliäänenvaimennin on nopea, helppo ja siisti tapa toteuttaa ilmanvaihtolaitteen äänenvaimennus. Valmis moduuli nostetaan ilmanvaihtolaitteen päälle ja työ on valmis. Valmiiden moduulien etuja ovat siisti yhtenäinen lopputulos, helppo asennus ja optimaalinen äänenvaimennus.

### 5.3.2 Kanavaeristys

**Ilmakanavien lämpöhäviöt** heikentävät ilmanvaihdon lämmön talteenoton tehoa ja aiheuttavat siten myös ylimääräistä lämmitys- ja viilennystarvetta.

Kanavien lämpöhäviöt minimoidaan sopivalla huonejärjestyksellä ja sijoittamalla ilmanvaihtolaite ja ilmakanavisto mieluiten sisätiloihin niin, että ilmakanavistosta tulee mahdollisimman lyhyt ja yksinkertainen lämpöeristää. Kanavat voidaan asentaa kylmiinkin tiloihin tai esimerkiksi ullakolle. Tällöin on kiinnitettävä huomiota riittävään kondenssi- ja lämpöeristykseen.

Tulo- ja poistoilmakanavien kosteusvaurioiden ja homeiden kasvun estämiseksi ilmakanaavia ei olisi hyvä asentaa ullakotilaan höyrynsulun ulkopuolelle.

Tulo- ja poistoilmakanavat sijoitetaan kulkemaan lämpimissä tiloissa. Niitä ei siis pitäisi sijoittaa kylmälle ullakolle, koska siitä aiheutuu ilma- ja kosteusvuotoriskejä sekä turhia ylimääräisiä lämpöhäviöitä.

Kanaviston huolellisen eristämisen merkitystä ei voi korostaa liikaa. Eristämätön tai huolimattomasti ja väärin eristetty kanavisto vähentää koko järjestelmän tehokkuutta, jos tuotettu tai talteen otettu lämpö tai viileys karkaa matkalla. Pahimmillaan se voi aiheuttaa myös pahoja kosteusongelmia, mikäli kanavien lämpötilaolosuhteista johtuva hikoilu pääsee kastelemaan ympäröiviä rakenteita.

Lämpö- ja jäähdytyshäviöiden estämiseksi rakennuksen sisällä lämpimissä tiloissa kulkevat tuloilmakanavat on lämpöeristettävä höyrytiivillä eristeellä erityisesti, jos tuloilmaa käytetään viilennykseen tai lämmitykseen.

**Tuloilmakanavan eristys** ilmanvaihtolaitteelta päätelaitteelle on suunniteltava ja toteutettava siten että virtaavan ilman lämpötilan muutos kanavassa on maksimissaan 1 °C.

**Poistoilmakanavan eristys** päätelaitteelta ilmanvaihtolaitteelle on suunniteltava ja toteutettava siten että virtaavan ilman lämpötilan muutos kanavassa on maksimissaan 1 °C.

Ulkoilmakanava on eristettävä. Myös jäteilmakanava on eristettävä, sillä kanavissa on talvella pakkasta. Vaikka pientalon poistokanavat kulkisivatkin lämpimissä tiloissa, ilma voi niiden koteloissa olla huomattavastikin huonetilaa kylmempää. Jos asian suhteen on pienintäkin epävarmuutta, kanavat tulee eristää.

Keittiön erillinen jäteilmakanava on paloeristettävä.

Vaipan höyrynsulku voidaan joutua lävistämään ilmanvaihtokanavilla. Lävistysten ilmatiivyys on varmistettava esimerkiksi tiivistysosien avulla, jotta sisäilman kosteus ei pääse vuotokohdista eristekerroksiin.

Ilmanvaihtokanavien lämmöneristykseen on kehitetty erilaisia verkko- tai lamellimattoja sekä alumiinilaminaatilla päällystettyjä eristekouruja ja -mattoja, jotka teipattuna myös pitävät kosteuden ulkopuolella. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää myös valmiiksi eristettyjä kanavia.

Eristetyypin valintaan vaikuttavat monet seikat eristyskyvystä hintaan. Omakotitalojen ilmanvaihtoeristyksissä tärkeä tekijä on luonnollisesti työn helppous. Suurista summista keskimääräisen omakotitalon kanavaeristyksessä ei kuitenkaan ole kyse eikä tässä kohdassa pidä säästellä.

*Erityisesti ilmastoidussa (ilmanvaihdon viilennys/jäähdytys ja lämmitys) talossa kanavien huolellinen kondenssi- ja lämpöeristys ilmastointijärjestelmässä on edullinen keino varmistaa talon toimivuus ja terveellisyys.*

**Pyöreän kanavan lämmöneristys**

Kanavan halkaisija Ø mm	Minimi eristyspaksuus mm. * 1)					
	Δt °C Eristyspaksuus mm.					
	5	10	20	30	40	50
63	-	-	20	30	50	50
80	-	-	20	30	50	50
100	-	-	20	50	50	75
125	-	-	20	50	50	75
160	-	-	30	50	50	75
200	-	-	30	50	75	75
250	-	-	30	50	75	100
315	-	-	30	50	100	100
400	-	-	30	50	100	100
500	-	-	50	50	100	100
630	-	-	50	75	100	100
800	-	-	50	75	100	100
1000	-	-	50	75	100	100
1250	-	-	50	100	100	100

**Ehto:**

- Eristyspaksuudet perustuvat:
- » Ilman nopeus kanavassa 1–5 m/s
  - » Kanavan pituus enintään 30 m
  - » Ilman lämpötila +20 °C
  - » Ympäristön tilan ilman liikenopeus 0 m/s
  - » Ympäristön tilan lämpötila +15, +10, +0, -10, -20, -30 °C

**Huom.**

Paksuudet tulee AINA mitoitaa laitoskohtaisesti.

**Ohje:**

Paloeristys on huomioitava erikseen

\*) Taulukon arvot soveltuvat ULTRA luokituksen mukaisille tuotteille keskilämpötilassa (λ +10 °C < 33 mW/m °C)

Jos eriste on muuta kuin ULTRA-luokkaa, niin minimi eristepaksuus korjataan paksuuskertoimella (2.3).

**Huom.**

- » Paksuus määräytyy taloudellisin perustein
- » Tilakustannusta ei ole huomioitu!

Lähde: Isover

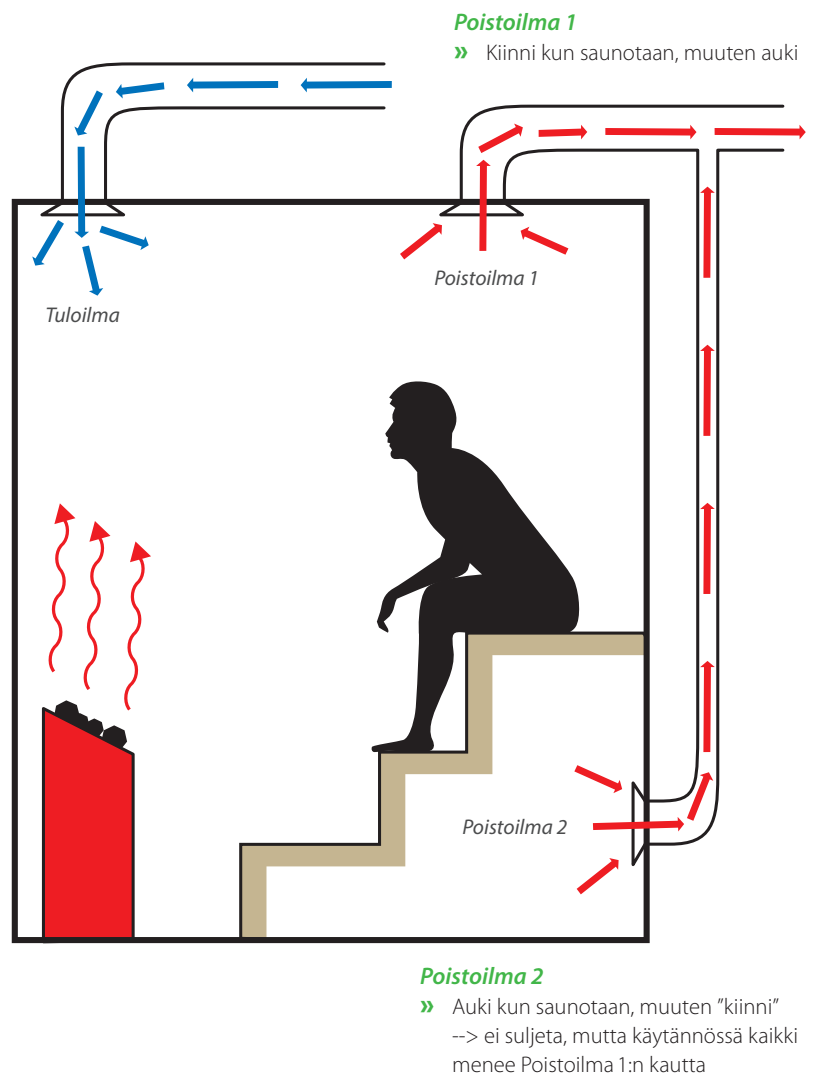
**5.4****Päätelaitteiden valinta ja sijoittaminen**

Päätelaitteen sijoittamisella on suuri vaikutus tilan asumis- ja käyttömukavuuteen.

Päätelaitteen sijoittaminen rakennuksen keskivyöhykkeelle parantaa tilan ilmanvaihtuvuuden hyötysuhdetta. Tuloilmalaitteiden sijoittamisella ja niiden puhallussuunnalla muodostetaan tilan virtauskenttä. Virtauskenttään vaikuttavat myös ikkunat, lämmityslaitteet sekä poistoilmalaitteet. Ulkoseinälle asennetut päätelaitteet toimivat hyvin sekä lämmittämisessä että jäähdytyksessä ja niillä saadaan tasainen virtaus koko huonetilaan. Päätelaitteen heittopituuden tulee kuitenkin yltää sisäseinään asti, jotta ilma sekoittuisi

### Hyviä löylyjä

Me suomalaiset rakastamme saunojamme ja pidämme kun-  
nia-asianamme osata suunnitella  
löylyhuoneemme periaatteessa it-  
sekin – oli siihen asiantuntemusta  
tai ei. Hyvän ilmanvaihdon perus-  
teista löylyhuoneessa tiedämme  
ainakin, että tuloilma tuodaan  
kiukaan yläpuolelle seinään tai  
kattoon ja poistoilma poistetaan  
lauteiden alta.



tehokkaasti myös lämmitettäessä. Käytäväseinältä puhaltaminen saattaa aiheuttaa vetohaittoja. Päätelaitte voidaan sijoittaa myös kattoon.

Tarvittavan ilmavirran määrä vaikuttaa sekä päätelaitteiden määrään, myös niiden mallin, valintaan. Päätelaitteiden on pystyttävä välittämään myös ilmanvaihdon tehostustilan-  
teen edellyttämät suuremmat ilmamäärät ilman, että ne alkavat viheltää. Suositeltava  
paine päätelaitteen takana on noin 10–20 Pa. Suuremmissa kohteissa on käytettävä  
ilmamäärään sopivaa säleikköä.

Avoimissa, yhtenäisissä tiloissa yksi päätelaite ideaalisestikaan sijoitettuna ei välttämättä riitä, vaan niitä tarvitaan kaksi tai jopa useampia, jotta ilmavirta todella pääsee sekoittumaan parhaalla mahdollisella tavalla.

Varsinaisten päätelaitteiden valintaan on syytä käyttää aikaa. Valittavan suuri osa ilmanvaihdon tuomista hyödyistä ja eduista menetetään, jos valitaan toimintakyvyiltään liian vaatimattomat päätelaitteet. Kysymys ei ole vain asumismukavuuden heikkeneemisestä. Jos lämmin tuloilma kerrostuu huoneen yläosaan sekoittumatta huoneilmaan riittävästi ja jää sinne leijumaan, se ilmanvaihdon hyötysuhdetta heikentäessään samalla heikentää myös koko järjestelmän energiatehokkuutta ja siis lisää kustannuksia.

Hyvän päätelaitteen erottaa huonosta tai valittuun käyttöönsä sopimattomasta sekoituskyky, sopiva heittokuvio, helppo säädettävyys ja puhdistettavuus sekä hiljaisuus. Riittävä paine-ero takaa hyvän sekoituskyvyn. Tilaan oikein valittu heitto/hajoituskuvio varmistaa, ettei lämmin ilma jää leijumaan kattoon eikä viileä putoa ihmisten niskaan.

Ilmalämmitykseen ja suuriin tiloihin kehitetty muuntojoustava päätelaite on hieman perinteistä lautasventtiiliä hintavampi, mutta sillä on monia etuja: muuntojoustavuus, tekniset ominaisuudet ja pitkä ja kapea hajotuskuvio. Hintaero edullisen, mutta riittämättömän ja parhaan tuloksen tuottavan päätelaitteen välillä on kokonaisuuden kannalta yleensä mitätön.

Päätelaitteen äänitaso on tärkeä erityisesti asuintiloissa ja makuuhuoneissa.

Päätelaitteen ulkonäölläkin on merkitystä. LVI-laitteiden muotoiluun on alettu sisustukselliselta kannalta kiinnittää todella huomiota vasta aivan viime vuosina. Markkinoilla on jo päätelaitevaihtoehtoja, jotka eivät riitele kovasti sen enempää antiikkihuonekalujen kuin minimalistisenkaan sisustuksen kanssa.

Päätelaitteiden valinnassa on otettava huomioon myös ilmanvaihtokanavien asennuksen helppous.

## 5.5. **Tulisijat, keittiö ja keskuspölynimuri**

Ilmaa poistuu rakennuksesta myös tulisijojen hormien ja keittiön huuvan kautta. Poistettu ilma on luonnollisestikin korvattava. Entisaikana poistoilmanvaihdon korvausilma ja tulisijan paloilma tulivat hatarassa talossa rakennuksen vaipan vuotoraoista suuria paine-eroja aiheuttamatta. Erityisesti tiiviissä nykyrakentamisessa se ei enää onnistu. Paine-erot nousevat liian suuriksi. Takkaan ei ehkä oikein saada sytytetyksi tulta ja savut puskevat sisään. Siksi korvaus- ja paloilman saanti on suunniteltava ja järjestettävä erikseen. Pätevältä LVI-suunnittelijalta se onnistuu – mutu-tuntumalla ei.

Ilmanvaihtolaite pystyy toimittamaan lyhyen aikaa kohtuullisen määrän korvausilmaa, vaikka takka sytytetään, liesituuletinta tai keskuspölynimuria käytetään. Pitkään korvausilmaa ei pitäisi kuitenkaan ottaa ilmanvaihtolaitteen kautta, sillä vaarana on tuloilman jäätyminen.

Energiatehokkaan ja tiiviin pientalon vaipan paine-erojen hallinta edellyttää erillispoistojen korvausilman tuontia koneellisesti. Näin ilmavirrat saadaan pysymään aina riittävässä tasapainossa. Erillisillä korvausilmaratkaisulla vaipan paine-eroa voidaan hieman pienentää, mutta sisään tulevan ulkoilman suodatus ja esilämmitys on vaikea toteuttaa. Korvausilmaratkaisun tulee olla suunniteltu erillispoiston ilmavirtaa vastaavaksi ja sen pitää olla tiiviisti suljettavissa tai itsestään sulkeutuva. Korvausilmaratkaisu ei saa heikentää vaipan ääneneristävyttä.

Korvausilma on suunniteltava niin, että se on käyttäjistä riippumaton, automaattinen.

### Käryt pois hiljaisesti ja energiaa hukkaamatta

Uusissa, energiatehokkaissa taloissakin keittiön liedien päältä käryjen poisto toteutetaan lähes poikkeuksetta omalla puhaltimella varustetulla liesituulettimella tai liesikuvulla, joka on liitetty katolla olevaan huippumuriin. Liesituulettimien ja -kupujen huonon kärynsieppauskyvyn takia poistoilmavirrat ovat suuria, samaa suuruusluokkaa kuin koko pientalon muun ilmanvaihdon poistoilmavirta. Nämä erillispoistot voivat aiheuttaa rakennuksen vaipan yli suuren paine-eron. Liesituulettimilla poistoilmavirta on käyttötilanteessa tyypillisesti 30–80 dm<sup>3</sup>/s ja huippumuria käytettäessä suurempikin.

Liesituulettimet ovat myös melkoisen äänekkäitä laitteita. Äänenvaimennettuun huippumuriin kytketty liesikupu on hiljaisempi ratkaisu.

Huippumurin poistoilmavirta on käyttötilanteessa tyypillisesti 30–100 dm<sup>3</sup>/s tai jopa suurempikin. Ilmavirran suurentuminen parantaa jonkin verran kärynsieppauskykyä. Jotta kosteuden tiivistyminen ei aiheuttaisi ongelmaa, kanavaan voidaan asentaa sulkupelti tai poistoa voidaan pitää pienellä teholla päällä jatkuvasti.

### Pölyt pois

Keskuspölynimurin poistoilmavirta on käyttötilanteessa tyypillisesti noin 50 dm<sup>3</sup>/s. Paras ta olisi, jos keskuspölynimuri huolehtisi itse korvausilman hallinnasta. Mikäli keskuspölynimurin poistoilma suodatetaan riittävän tehokkaasti, poistoilma voitaneen tavallisen pölynimurin tavoin palauttaa sisätiloihin.

### Toimiva tulisija

Tulisija toimii, kun savuhormi vetää ja palamisilmaa saadaan riittävästi. Rakennuksen ilmanvaihto ja erillispoistot onkin toteutettava niin, että ne eivät vaikeuta tulisijan toimintaa. Kylmänäkään tulisijan sisältä ei saa kulkeutua sisäilmaan tulipesän ilmaa tai epäpuhtauksia. Tulisijan savuhormin vedon varmistamisessa on hyvänä apuna ilmanvaihtolaitteissa oleva takkakytkin. Takkakytkimellä saadaan sisälle pieni tilapäinen (yleensä 15 minuuttia kestävä) ylipaine, joka varmistaa hormin vedon ulospäin.

Palamisilma tulee johtaa tulisijaan ilmanvaihdosta riippumattomasti. Tämä tarkoittaa sitä, että palamisilmaa ei oteta talon sisältä. Markkinoilla on erityisen energiatehokkaisiin taloihin tarkoitettuja ja tiiviisiin tulisijoihin liitettäväksi soveltuvia savuhormeja, jotka ottavat korvausilman ulkoa ja johtavat sen suoraan tulipesään. Sellaisia ovat esimerkiksi Schiedel Savuhormistojen Rondo Air ja Härmä Airin Iki Air.



Hyvin tiiviissä talossa suuren alipaineen aiheuttavia ilmanvaihtolaitteita kuten erillistä liesituuletinta tai huippuimuria tai esimerkiksi keskuspölynimuria ei tulisi käyttää samaan aikaan kun tulisijassa poltetaan puuta.

## 5.6.

### **Ilmanvaihtolaitteen sijoitus ja valinta**

Ilmanvaihtolaite on varsin monipuolinen ja monimutkainenkin kapine. Siihen kuuluvat tulo- ja poistoilmapuhaltimet, poistoilman lämmön- (ja kylmän-) talteenotto-laite, ilman-suodattimet ja mahdolliset lisälämmitykset sekä tarvittava ohjausautomaatiikka. Se on vastuussa ilman jakamisesta jokaiseen tilaan, lämmityksen ja jäähdytyksen hoitamisesta sekä kosteuden että hiilidioksiditasojen valvomisesta.

Omakotitaloon valitaan yleensä vain yksi ilmanvaihtolaite, mutta useammalla laitteella hajautetulla järjestelmällä saadaan usein toimivampi lopputulos: ilmanvaihdon säädettävyys säilyy hyvänä ja kanaviston koko säilyy kohtuullisena. Tarpeet vaikkapa kaksikerroksisessa omakotitalossa voivat vaihdella paljonkin: alakerroksessa saunotaan ja yläkerrassa nukutaan.

Ammattikohteissa ilmanvaihtolaitteiden määrän vaikuttaa paitsi tilojen koko/kerrosmäärä, myös se, kuinka tilakohtaisesti ilmanvaihtojärjestelmää halutaan säätää ja miten hyvin mahdollisiin tuleviin ilmanvaihtoremontteihin/käyttötarkoituksen muutoksiin varautua.

Laitteen sijoituspaikkaa valittaessa on otettava huomioon sen ympäristöönsä aiheuttama laiteääni. Laitetta ei pitäisi asentaa ääntä vahvistavalle kevytrakenteiselle seinälle eikä makuuhuoneeseen rajoittuvalle seinälle. Hyviä paikkoja ovat jämät kivrakenteiset seinät kodinhoitohuoneessa tai teknisessä tilassa. Sijoituspaikkaa määritettäessä on muistettava myös ulkopuoliset vesi-, sähkö- ja kondenssivesiliitännät. Tilaa olisi jätettävä laitteen ympärille helpon huollon varmistamiseksi.

## Enervent-ilmanvaihtoratkaisu valitaan ominaisuuksien mukaan

### Superior

Laitteet:  
• HP Aqua



Raikas ilma



Lämmön talteenotto



Ohjausjärjestelmä



Lämmitys ilmalämpöpumpulla



Jäähdytys ilmalämpöpumpulla



Lämmin käyttövesi



Kuivatus



Energiävyöly

### Premium

Laitteet:  
• HP eAir  
• MDX



Raikas ilma



Lämmön talteenotto



Ohjausjärjestelmä



Lämmitys ilmalämpöpumpulla



Jäähdytys ilmalämpöpumpulla



### Dynamic

Laitteet:  
• MDE-CG  
• MDW-CG



Raikas ilma



Lämmön talteenotto



Ohjausjärjestelmä



Tuloilman lämmitys



Tuloilman viilennys



### Classic

Laitteet:  
• MDE  
• MDW  
• eco ECE



Raikas ilma



Lämmön talteenotto



Ohjausjärjestelmä



Tuloilman lämmitys



### Standard

Laitteet:  
• MD  
• eco EC



Raikas ilma



Lämmön talteenotto



Ohjausjärjestelmä







# 6

## ESI- JA JÄLKI- LÄMMITYS- RATKAISUT

### 6.1

#### **Sähköinen ja vesikiertoinen esilämmitys**

Esilämmitin tasoittaa talven pakkaspiikkejä ja estää lämmönsiirtimen jäätyksen olosuhteissa, joissa poistoilman sisältämän kosteuden määrä aiheuttaisi pakkasella jäätymisriskin. Ilmanvaihtolaitteen jäätymisriski kasvaa silloin kun puhaltimien teho ei riitä viemään riittävästi kosteutta ulos talosta. Näin voi tapahtua, jos laitetta ajetaan liian hiljaisella teholla (tämän estämiseksi MD-automaatiikan kosteustehostus on erinomainen toiminto) tai jos laite on liian pieni (joko mitoitettu tai asennettu väärin) vallitsevaan kosteustasoon nähden. Ajatellaanpa paritaloa, jonka asunnot ovat identtiset: toisessa asunnossa eläkeläispariskunta pärjää pienellä laitteella, mutta naapurin suurperhe tarvitsee kolminkertaisen määrän ilmaa.

- » Ilmaa on tuotava ja poistettava riittävästi, jotta kosteuskuorma saadaan pysymään kurissa: 0,6–1,0 l/s/m<sup>2</sup> (isolla kuormalla 1,0 l/s).
- » Kosteus ei saisi ylittää huoneistossa seitsemää grammaa kilossa ilmaa (1 kg ilmaa = 1000 litraa).
- » Jäätymisriskin raja on levylämmönsiirtimillä heti nollassa asteessa ja pyörivillä lämmönsiirtimillä n. –10...–15 °C – sisäilman kosteudesta riippuen.

Sähköinen esilämmityspatteri sijaitsee – nimensä mukaisesti – ilmanvaihtolaitteessa ennen lämmön talteenottoa. Pyörivällä lämmönsiirtimellä varustettu, oikein mitoitettu ilmanvaihtolaite ei tarvitse sähköistä esilämmitystä. Oikein mitoitettuna se ei jäädy.

Nestekiertoinen esilämmityspatteri mahdollistaa ilmanvaihdon esilämmityksen ja –viilennyksen maapiirin avulla myös vanhoihin taloihin, kunhan niissä on koneellinen tulo-/poistoilmanvaihto ja mahdollisuus maapiirin asennukseen tai maalämpöpiirin hyödyntämiseen. Tästä enemmän luvussa 8.

### 6.2

#### **Sähköinen ja vesikiertoinen jälkilämmitys**

Raitis ilma ei tietenkään saa tarkoittaa samaa kuin kylmältä tuntuva ilma – ellei sitten tarkoituksena ole nimenomaan jäähdyttää sisäilmaa kesähelteillä. Vedon välttämiseksi tuloilma on usein kuivatuksen jälkeen edelleen lämmitettävä miellyttävälle tasolle. Tuloilman lämmittämiseen käytetään lämmityskaudella ensisijaisesti poistoilmasta talteen otettua lämpöä. Mitä enemmän tähän lämmitykseen talteen otettua lämpöä voidaan käyttää, sitä energiatehokkaammin koko ilmanvaihtojärjestelmä ja myös koko kiinteistö toimii.

Kun talteenotettu lämpö ei kuitenkaan vielä aivan riitä lämmittämään tuloilmaa halutulle tasolle, tarvittava lisälämpö tuotetaan joko sähköisellä tai vesikiertoisella jälkilämmityspatterilla.

Nykyiset, tehokkaat ilmanvaihtolaitteet kykenevät lämmittämään tuloilman suurimman osan vuodesta yli +17 °C:een pelkästään poistoilman lämpöenergialla. Erityisesti Etelä-Suomessa jälkilämmitystä tarvitaan tavanomaisina talvina harvoin.

**HUOM!**

Vesikiertoinen jälkilämmitin on aina suojattava sulkupellillä joka sulkeutuu automaattisesti sähkökatkon aikana.

Ilmanvaihtolaitteiden kehityksen, ts. hyötysuhteiden nousun myötä myös jälkilämmityspatterien energiankulutus on pienentynyt. Siitä huolimatta ilmanvaihdon jälkilämmityksellä ei ole tarkoitus tilaa lämmittää, ellei ilmastointia ole erityisesti suunniteltu lämmönjakotavaksi. Sopiva asetusarvo jälkilämmittimelle onkin +2–5 astetta vähemmän kuin huonelämpötila, n. +15–19°C.

Kohteeseen parhaiten soveltuvan jälkilämmitysmuodon valintaan vaikuttaa monta seikkaa, kuten kohteen koko, ja maantieteellinen sijainti, tehon tarve, lämmönjakotapa sekä valittu lämpöenergian lähde.

Sähköinen jälkilämmityspatteri voi sijaita joko kanavassa tai se voi olla sisään rakennettuna ilmanvaihtolaitteeseen.

Sähköiset jälkilämmityspatterit ovat sekä hankintahinnaltaan että asennuskustannuksiltaan vesikiertoisia jälkilämmityspattereita edullisempia. Sähkövastuksen puolesta puhuu sen varmatoimisuus. Esimerkiksi sähkökatkos tai kiertovesipumpun rikkoutuminen pakkasella ei vahingoita itse sähkövastusta.

Eteläisessä Suomessa jälkilämmityksen käyttöpäiviä on vähän tai korkeintaan kohtuullisesti. Niinpä erityisesti pientaloissa ja pienehköillä tehoilla ja ilmamäärillä sähköpatteri on hyvä ratkaisu. Mitä pohjoisemmaksi Suomessa siirrytään, sitä enemmän jälkilämmitystä edellyttäviä päiviä lämmityskaudella on tiedossa. Vesikiertoisen jälkilämmityksen taloudellisuus kohenee myös kohteen koon ja tehon tarpeen kasvaessa.

Nyrkkisääntönä voisi arvioida, että alle 200 l/s:lle mitoitettut laitteet kannattaa toteuttaa sähköpattereilla ja sitä suuremmissa voi jo tarkastella vesikiertoisen patterin kannattavuutta.

Vesikiertoinen jälkilämmityspatteri voi sijaita joko kanavassa tai se voi olla sisään rakennettuna ilmanvaihtolaitteeseen. Lämmin vesi vesikiertoiseen jälkilämmityspatteriin otetaan yleensä joko lattia- tai patterilämmityspiiristä.

Vesikiertoinen lämmönjakojärjestelmä mahdollistaa vesikiertoisten jälkilämmityspattereiden käytön kustannustehokkaasti. Näin erityisesti silloin, kun lämmitysenergia on joku muu kuin sähkö. Esimerkiksi kaukolämpöalossa tuloilmankin lämmitykseen voidaan käyttää kaukolämpöä sähkön sijaan.

Vesipatteri on luonteva ratkaisu maa- tai ilma/vesilämpöpumpputjärjestelmien yhteydessä ja energiatehokkaiden rakennusten hybridijärjestelmissä, joihin voidaan yhdistää myös esimerkiksi aurinkokeräimet tai vaikkapa vesikiertoinen takka. Talteen otettu ja kiinteistössä tuotettu lämpö voidaan varastoida energiavaraajaan, josta energiaa voidaan hyödyntää paitsi kiinteistön lämmitysjärjestelmässä, myös käyttövesijärjestelmässä.

Valinta sähköisen ja vesikiertoisen jälkilämmittimen välillä on aina syytä varmistaa kohdekohtaisilla laskelmilla.

## Oikeat säädöt

Rakentamismääräyskokoelman osassa D5 (Rakennuksen energian kulutuksen ja lämmitystehon-tarpeen laskenta) sanotaan, että jos muuta tietoa ei ole saatavilla, tuloilman lämpötilana käytetään +18°:a.

Tuloilman jälkilämmityksen asetusarvoksi suosittelemme arvoa +15 °C. Tehokkaalla lämmön talteenotolla varustetulla ilmanvaihtolaitteella tuloilman lämpötila laskee hyvin harvoin tämän alapuolelle. Kesällä viilennyskäytössä tuloilman pyyntilämpötilan tulee olla mahdollisimman matala, jotta esimerkiksi yöaikainen ulkoilman ilmainen viileys saadaan tehokkaasti hyödynnettyä.

## E-luku ja sähköinen jälkilämmitys

Sähkölämmityksen energiakerroin on E-lukua laskettaessa 1.7, joten sähköinen jälkilämmitys vaikuttaa E-lukuun. Pienillä ilmamäärillä jälkilämmityspatterin energiankulutus on vähäistä. Mikäli ei ole tarpeen E-luvun kannalta, niin näillä ilmamäärillä kannattaa käyttää sähköistä jälkilämmityspatteria.

## Ilmanvaihtojärjestelmä

Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus				
Pandion MDX click				
	Ilmavirta tulo/poisto	Järjestelmän SFP-luku	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisen-esto
	[m <sup>3</sup> /s] / [m <sup>3</sup> /s]	kW/[m <sup>3</sup> /s]	–	C
Pääilmanvaihtokoneet	0.056 / 0.056	1.65	> 77.0	– 10.00
Erillispoistot			–	
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.056/0.056	1.65		

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde: 77.0 %

## Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän kuvaus				
Sähkö, sähköinen lattialämmitys + MDX				
	Tuoton tulo/poisto	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökerroin (1)	Apulaitteiden sähkönkäyttö (2)
Tilojen ja iv:n lämmitys		85 %	2.80	0.50
LKV:n valmistus	1.00	92 %		0.00

(1) vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle

(2) lämpöpumpujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen

	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija	1	2000		
Ilmalämpöpumppu				

## 6.3

***Enervent MDX: Ilmanvaihdon jälkilämmitykseen ja -viilennykseen integroitu ilmalämpöpumppu***

MDX on ilmanvaihdon jälkilämmitykseen ja -viilennykseen integroitu ilmalämpöpumppu. Enervent-ilmanvaihtolaitteeseen integroituna se toimii energiatehokkaana energialähteenä. Järjestelmä voidaan asentaa niin uudisrakennukseen kuin saneerauskohteeseenkin. Lue MDX-ratkaisusta lisää luvuista 8.7.2 ja 9.1

## 6.4

***Enervent CHG: Maapiiri esilämmityksessä ja -viilennyksessä***

CHG-patteri (*Cooling Heating Geo*) on ilmanvaihtolaitteen raitisilmakanavaan asennettava, erilliseen tai nestelämmönsiirtimen kautta maalämpöpumpun maapiiriin kytkettävä lamellipatteri, joka voi käytöstä riippuen toimia sekä ilmanvaihtojärjestelmän esiviilennys- että esilämmityspatterina. CHG-patteri auttaa säästämään energiaa, sillä se alentaa ilmanvaihdon lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutusta merkittävästi hyödyntäessään ostoenergian sijaan ilmaista energiaa. Lue ratkaisusta lisää luvusta 8.7.1 ja 11.



MDX



CHG



## 7 OHJAUS- JÄRJESTELMÄT HYVÄN SISÄ- ILMASTON TAKUUNA

Kohtalaisen ja erinomaisen sisäilmaston erona voi olla ilmanvaihtojärjestelmän ohjausjärjestelmä. Ohjausjärjestelmä huolehtii ilmanvaihdon automatiikasta ja toiminnan sopeutumisesta muuttuviin olosuhteisiin. Sen avulla toimintaa voidaan ohjelmoida etukäteen ja muuttaa tarpeen vaatiessa. Parhaimmillaan se mahdollistaa olosuhteiden säätämisen jokaisen käyttäjän/asukkaan henkilökohtaisten mieltymysten mukaan. Nykyisin sitä on usein voitava ohjata joko taloautomaatiikan osana tai etänä vaikkapa älypuhelimella.

Mitä yksityiskohtaisemmin sisäilmastoa halutaan ilmastointilaitteen avulla hallita, sitä monimutkaisempi ohjausjärjestelmä on. Se ei kuitenkaan saa näkyä käyttäjälle saakka.

Paraskaan ohjausjärjestelmä ei täytä tarkoitustaan, jos käyttäjä ei sitä ymmärrä ja osaa käyttää myös kiireisessä arjessa. Yksityiskohtaisistakaan käyttöohjeista ei ole apua, jos käyttäjä ei – kuten yleensä – viitsi sitä kahlata läpi. Mitä monimutkaisempina, erilaisia polkuja sisältävänä ohjausjärjestelmä käyttäjälleen näyttäytyy, sitä varmemmin sen saloihin ei edes ole halua perehtyä.

Ohjausjärjestelmä voi olla miten monimutkainen tahansa, jos sen käyttäminen on käyttäjälle niin helppoa ja yksinkertaista, että sitä osaa käyttää niin leikki-ikäinen kuin seniorikin.

### Keskusteltavaa riittää

Erityisesti omakotitalojen ilmanvaihtojärjestelmää suunniteltaessa asukkaiden kanssa on käytävä tarkkaan läpi, mitä he ilmanvaihdon/ilmastoinnin ohjaukselta toivovat.

- » Onko toiveissa täysin automaattinen järjestelmä, johon ei tarvitse eikä haluta kiinnittää huomiota?
- » Halutaanko ilmanvaihtoa säätää mahdollisimman yksinkertaisesti, perustoimintojen kautta?
- » Onko käyttäjissä tekniikasta kiinnostunut henkilö, joka mielellään säästää, mittaa ja tilastoi?
- » Onko järjestelmää tarpeen ohjata etänä ja millä tavalla?
- » Mihin taloautomaatiojärjestelmään se halutaan liittää?
- » Varaudutaanko jo seniorivuosiin?

*Helppokäyttöinen ja monipuolinen ohjausjärjestelmä kasvattaa talon jälleenmyyntiarvoa.*

Ilmanvaihtolaitteen käytön opastusta ei saisi koskaan unohtaa eikä luottaa siihen, että ohjeiden läpikäyminen ns. "pääkäyttäjän" kanssa riittää. Ohjaus pitäisi käydä läpi jokaisen käyttäjän kanssa, oli sitten kysymys toimistosta tai yksityiskodista.



## 7.1 ECC-ohjaus

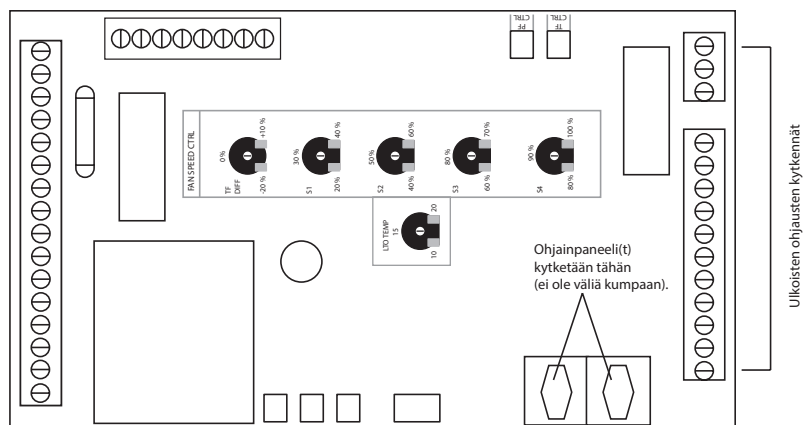
ECC-automatiikka on Enervent-ilmanvaihtolaitteisiin suunniteltu perusautomatiikka, jonka avulla hallitaan laitteen tärkeimpiä ominaisuuksia. ECC-ohjainpaneeli on selkeä, yksinkertainen ja helposti hahmotettavissa. Puhallintehoja säädetään neliportaisesti. Lämmön talteenotto saadaan päälle tai pois ja jälkilämmitys päälle, mikäli laitteessa on sähkövastus. Sähköistä jälkilämmitystä voidaan säätää neliportaisesti. Lisäksi paneelissa on huolto- ja vikatilanteet näytävä valo.

Takkatoiminnon ohjaus on sisäisessä ohjainkortissa. Takkatoimintoa käytetään erillisestä painonapista.

ECC-automatiikassa ohjauspaneelissa on neljä puhallinnopeutta. Varsinainen säätö tapahtuu koneen sähkökotelossa olevalta DCC-piirikortilta. Jokaista neljää nopeutta voidaan käsisäädöllä trimmata siten, että puhallimet pyörivät 20–100 % nopeudella. Oikeat painesuhteet voi säätää erillisestä säätimestä, joka muuttaa tulopuhaltimen nopeutta suhteessa poistopuhaltimeen.



ECC-ohjauksen ohjainpaneelit ECC05E ja ECC05



DCC-emokortti

### **Puhallintehot**

Puhallinnopeus paljastuu ohjauspaneelin led-valojen määrästä. Puhaltimen tehoa säädetään merkivalojen alla sijaitsevasta painikkeesta. Led -valo vilkkuu ylipaineistuksen aikana.

### **Lisälämmitys**

ECE-mallien ohjainpaneelissa on jälkilämmityksen / tuloilman lämpötilan asetuspainike. Puhaltimien suurimmilla nopeusasetuksilla ylempiä asetuslämpötiloja ei välttämättä saavuteta. Normaalioloissa lisälämmityksen asetusarvo asetetaan 5 astetta huonelämpötilaa alemmaksi.

### **Lämmön talteenotto**

Paneelissa on painike ja led-valo lämmön talteenotolle. Talteenotto on mahdollista kytkeä pois esimerkiksi kesällä, kun ulkolämpötila on sama kuin sisällä, tai kun sisäilmaa halutaan jäähdyttää viileällä yöilmalla. Kun talteenotto pidetään päällä kuumana kesäpäivänä, se toimii sisäviileyden talteenottolaitteena. Talteenotto on mahdollista kytkeä pois ainoastaan, kun ulkolämpötila ylittää +15 °C. Talteenotto käynnistyy automaattisesti, kun ulkoilman lämpötila laskee alle asetusarvon.

### **Huolto/vikatilanteet**

Huolto/vikatilanteiden punainen led-valo palaa jatkuvasti, kun se muistuttaa suodatinvaihdosta. Suodatinmuistutus annetaan kolmen kuukauden välein. Punainen led valo vilkkuu, kun tuloilman lämpötila lämmön talteenoton jälkeen on alle +5°C, lisälämmityksen ylikuumenemissuoja on lauennut, hätäseis on aktivoitu tai ulkopuolinen kosketintieto on antanut hälytyksen.

### **Ulkoisen ohjaus**

Laitteita voidaan ohjata monipuolisesti esimerkiksi Valvonta-alakeskuksesta tai muusta taloautomaatiojärjestelmästä. Ulkoiset ohjaukskäskyt päivittyvät kaikkiin ilmanvaihtolaitteeseen kytkettyihin ohjainpaneeleihin. Ohjauksia voidaan antaa joko ohjainpaneeleilta tai ulkoisesti siten, että viimeksi annettu käsky jää voimaan.

### **Takkakytkin (ylipaineistustoiminto)**

Ilmanvaihtolaitteen sisäisen ohjainkortin riviliittimelle voidaan kytkeä ulkoinen potentiaalivapaa jousipalautteinen painonappi, jolla ylipaineistus (takkatoiminto) ohjataan päälle. Ylipaineistuksen aikana tulopuhallin käy nopeudella 4 ja poistopuhallin nopeudella 2. Ylipaineistusaika on 15 minuuttia.

### **Ulkoisen nopeusohjaus**

Ulkoisilla potentiaalivapailla koskettimilla voidaan kytkeä käyttöön mikä tahansa käytössä oleva nopeus tai vaihtoehtoisesti pysäyttää puhaltimet. Pysäytyksen jälkeen ilmanvaihtolaite on käynnistettävissä joko ohjainpaneelin puhallinpainikkeesta tai ulkoisella kosketintiedolla.

### Hätäseis

Ohjainkortin riviliittimellä on paikka potentiaalivapaalle ilmanvaihtolaitteen pysäyttävälle hätäseis-kytkimelle.

### Jäähdytyksen talteenotto

Pyörivää lämmönsiirintä voidaan ohjata päälle ja pois esimerkiksi ulkoisella lämpötila-erotermostaatilla tai valvonta-alakeskuksesta. Jäähdytyksen talteenoton aikana lämmön talteenotonmerkkivalo vilkkuu. Lämmöntalteenottoa ei voi pysäyttää käsin ohjainpaneelista jäähdytyksen talteenoton aikana.

### Ulkoisen vikatieto

Ohjainkortille voidaan tuoda ulkoinen vikatieto esimerkiksi palovaarasta tai vesipatterin jäätymissuojalta. Ulkoinen vikatieto pysäyttää ilmanvaihtolaitteen. Se voidaan käynnistää uudelleen kuittaamalla ulkoinen vika ja katkaisemalla/kytkemällä ilmanvaihtolaitteen syöttöjännite.



eAir web-käyttöliittymä

## 7.2 MD-automatiikka

Vaativampaan sisäilmastonhallintaan tarkoitettu MD-automatiikkaan perustuva Enervent eAir -ohjain on kehitetty helpoksi käyttää. Sen ansiosta asukkaat tai työntekijät/käyttäjät esimerkiksi toimistotiloissa osaavat käyttää ilmanvaihtoaan oikein, sisäilma on raikasta ja terveellistä ja rakennuksessa on turvallista asua ja työskennellä.



### Ethernet-kaapelointi tarvitaan

eAir/MD-etäohjausta varten tarvitaan Ethernet-kaapeli. Suunnitelmiinsa eAir/MD-laitteen speksaavan ilmanvaihtosuunnittelijan tulee varmistaa, että sähkösuunnittelija suunnittelee ethernet-kaapeloinnin laitteen läheisyyteen. Se on erityisen tärkeää, mikäli laitetta ei sijoiteta tekniseen tilaan. Teknisessä tilassa on yleensä joka tapauksessa modeemi ja ristiinkytkentäpaneeli, joten Ethernet-kaapeli on helppo vetää ilmanvaihtolaitteelle.

Ohjauksen peruskäyttö on todella yksinkertaista. Ilmanvaihtoa hallitaan visuaalisesti selkeällä, kosketusnäytöllisellä ohjaimella valmiiden käyttötilanteiden kautta. Niitä ovat Kotona ja Poissa. Ohjaimessa on myös Eco-energiansäästötila. Se auttaa asukasta pienentämään kotinsa energiankulutusta sallimalla ilmanvaihtojärjestelmän mm. reagoida hitaammin lämpötilamuutoksiin.

Ohjaimessa on monipuolinen ajastustoiminto käyttötilanteiden ajastamiseen oman aikataulun mukaisesti. Toimintaa voidaan ajastaa sekä viikko- että vuositasolla.

### Tiedot talteen

Ympäristön tilasta ja teknologiasta kiinnostuneet seuraavat mielellään kodin energiankulutusta ja muita mitattavissa olevia arvoja. Enervent eAir –ohjaimen Mittaukset-valikko näyttää ilmanvaihtojärjestelmän tekemät mittaukset. Mittatiedot esitetään sekä numeeroina että käyrinä ja ne voi halutessa viedä omalle tietokoneelle.

### Etänä helposti

Ilmanvaihtolaitetta voi käyttää ohjainpaneelin lisäksi myös internetin välityksellä yhtä visuaalisesti selkeällä ja helppokäyttöisellä eAir web -verkkokäyttöliittymällä. eAir web -käyttöoikeus sisältyy laitetoimitukseen. Väyläohjaus luodaan joko Ethernet tai Modbus RTU-väylällä.

### Asentajan avuksi

Asentajan työtä helpottamaan ohjaimen on luotu Ohjattu asetus -toiminto. Asetustointi ohjaa asentajaa käymään läpi kaikki ilmanvaihtoon säädöt, kuten käyttötilanteiden tulo- ja poistoilmavirrat, käyttöönoton yhteydessä ja varmistaa näin onnistuneen asennuksen.

### MD-automatiikan toiminta

Ilmanvaihtolaitteen käyttöympäristöt ovat Koti, Toimisto, VAK1, VAK2 ja VAK3. Koti-käyttöympäristössä laite käy oletusasetuksena jatkuvasti. Toimisto-käyttöympäristössä laite käy aikaohjelman tai ulkoisen ohjauksen mukaan. Toimisto-käyttöympäristön voi aktivoida ohjainpaneelisti.

VAK1, 2 ja 3 -käyttöympäristöt on tarkoitettu suuriin kiinteistöihin, joissa laite toimii ulkoisen valvonta-alakeskuksen alaisuudessa eli käy vain ulkoisen ohjauksen käskyjen mukaan. VAK-käyttöympäristö asetetaan tarvittaessa etukäteen tehtaalla.

### Puhaltimet

Puhaltimet toimivat voimassa olevan tilan mukaisilla nopeuksilla. Kullekin tilalle määritellään puhallinnopeudet (tai kanavapaineet) käyttöönoton yhteydessä. Tulo- ja poistopuhaltimilla on kussakin tilassa omat nopeutensa.

### Puhaltimiin vaikuttavat tilat

- » Kotona
- » Toimisto (RH%, CO<sub>2</sub> tai lämpötilatehostus)
- » Poissa
- » Kesäyöjäähdytys
- » Manuaalinen tehostus
- » Ylipaineistus-, liesituuletin- ja keskuspölynimuritilat
- » Hälytystilat A ja B

Kullekin tilalle annetaan tulo- ja poistopuhaltimen nopeus, poikkeuksena hälytystilat, joissa tulopuhallin on aina pysähtynyt ja poistopuhallin on pysähtynyt tai käy miniminopeudella.

### Vakiokanavapainesäätö

Vakiokanavapainesäätö on vaihtoehto kiinteille puhallinnopeuksille. Tällöin kullekin tilalle annetaan kiinteän puhallinnopeuden asemesta kiinteä paine-ero, jonka automatiikka pyrkii ylläpitämään. Ilmanvaihtolaitteen emokorttiin voidaan kytkeä kaksi 0–10 V / 24 V paine-erolähetintä (lisävaruste). Ne mittaavat tulokanavan (poistokanavan) paine-eroa suhteessa ympäröivään ilmaan. Paine-erot pidetään tavoitearvoissa puhallinnopeuksia muuttamalla. Jos paine-eroa mitataan iirispellin yli, kyseessä on vakioilmamäärän säätö.

### Puhaltimien hiilidioksidi-, kosteus- ja lämpötilatehostus

Ilmanvaihtolaitteen puhaltimien tehoa ohjataan kuormitustilanteiden mukaan kosteus- ja/tai hiilidioksidianturien antamien mittaustietojen perusteella. Tilan hiilidioksidi- ja/tai kosteuspitoisuus pyritään pitämään ohjainpaneelissa asetetun raja-arvon alapuolella. Kosteusohjaus ohjaa puhaltimia ilmanvaihtolaitteen sisäisen ja mahdollisten ulkoisten kosteuslähettimien mukaan. Ilmanvaihtolaitteen perustoimitukseen kuuluu yksi sisäänrakennettu kosteusanturi.

Ilmanvaihtolaitteeseen voidaan kytkeä kolme hiilidioksidilähetintä ja kolme kosteuslähetintä. Lähettimet ovat lisävarusteita.

Hiilidioksidi-, kosteus- ja lämpötilatehostus voivat toimia Kotona-tilassa ja kosteustehostus myös Poissa-tilassa.

Kosteuden palautus on talvella erinomainen ominaisuus, mutta liikaa sisäilmaa ei kuitenkaan ole syytä kosteuttaa. Liiallisen kosteuden poistosta pitää huolen kosteustehostus-toiminto. Kun kosteustehostus on käynnissä, %RH-tehostus toimii automaattisesti, jos ulko-lämpötila on alle 0 °C ja kyseinen toiminto on aktivoitu Asetukset-valikossa. Toiminto hidastaa lämmonsirtimen toimintaa, jolloin kosteutta voidaan poistaa tehokkaammin.

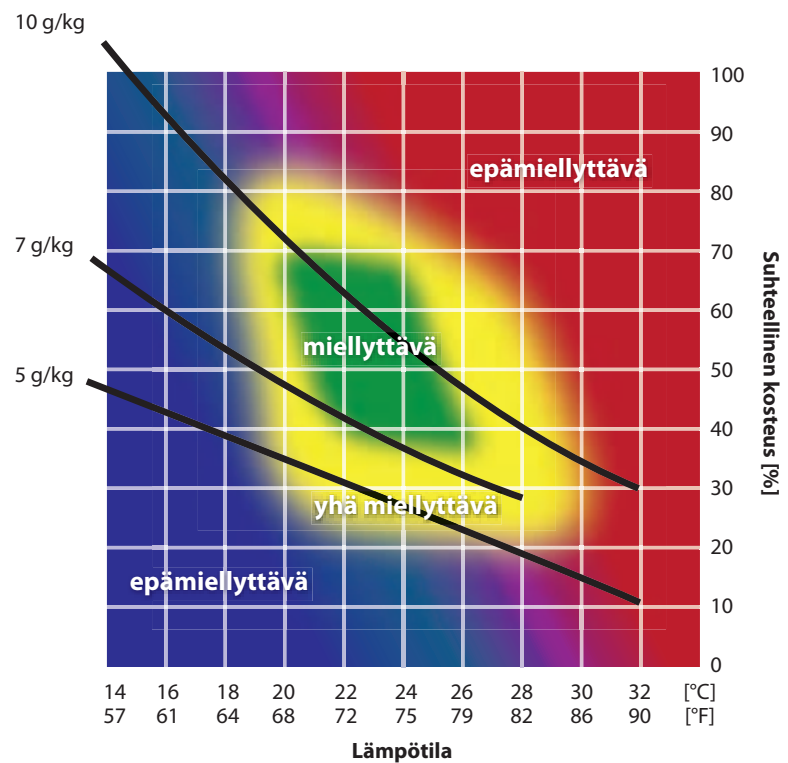
Tarvittaessa lisätään puhallintehoa, jotta ylimääräinen kosteus saadaan ulos.

## Kuivatus

Kuivatuksella varmistetaan miellyttävä ja terveellinen sisäilma silloin, kun ulkoilman kosteus liian korkea. Kuivatustoiminto pitää huolen siitä, että ilmankosteus pysyy säädetyllä tasolla.

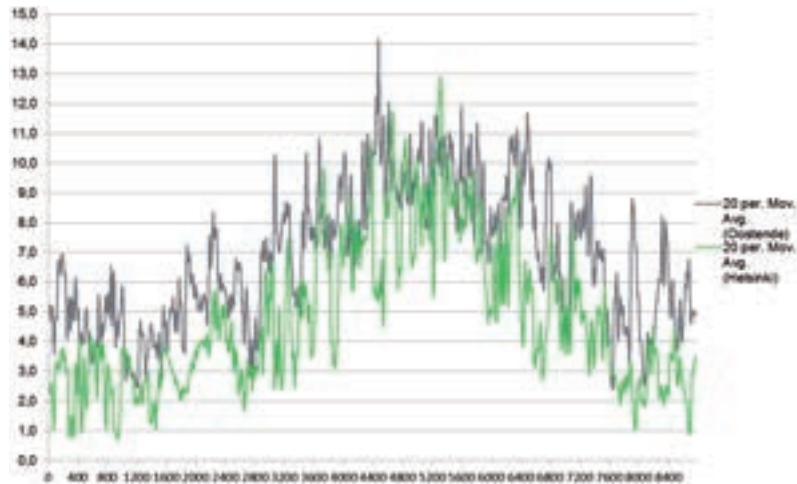
Esimerkiksi Helsingissä kuivatustarvetta on 40 % vuodesta. Ilmankosteutta mitataan absoluuttisena kosteutena (vesigrammat / kg ilmaa). Tämä tarkoittaa sitä, että jos ulkolämpötila on +15 °C ja sataa (absoluuttinen kosteus= 10,5 g/kg), sisäilmaa tulee kuivattaa (esim. tasolle 7 g/kg), jotta kosteustaso ei nouse epämiellyttävälle tasolle. Kun ilma on kuivatettu, se puhalletaan sisään miellyttävän lämpöisenä (esimerkiksi +18 °C).

1 vuosi =	8784	h	5 g/kg	%	7 g/kg	%	10 g/kg	%
Helsinki			3495	40	1946	22	290	3
London			6309	72	3525	40	477	5
Oostende			6456	73	4046	46	1024	12
Marseille			6899	79	4345	49	2277	26
Abu Dhabi			8719	99	8339	95	6463	74



Pelkästään lämpötilaa ei voi katsoa kun puhutaan miellyttävästä sisäilmasta. Lämmin ja kuiva ilma tuntuu yhtä miellyttävältä kuin viileämpi mutta kostea ilma. Suunnitteluratkaisulla tähdätään kaavion vihreälle alueelle.

Kaaviossa esitetään Helsingin ja Oostenden (Hollanti) absoluuttinen kosteus vuoden aikana. Kaaviosta nähdään, että jos absoluuttinen kosteus halutaan pitää alle 7 g/kg on kuivatustarvetta Helsingissäkin noin 40 % vuodesta. Keskiwertovuotena jäädytystarvetta ei kumminkaan ole kuin 20 %.



### Lisäaika (Toimisto-käyttöympäristössä)

Toimisto-käyttöympäristössä toimiva ilmastointilaitte ei ole käynnissä, ellei jokin aika-ohjelma käske sitä toimimaan tai lisäaika-asetus ole käytössä.

Lisäajan pituus määritellään ohjainpaneelissa ja se voidaan käynnistää joko ohjainpaneelista tai erillisestä painikkeesta (lisävaruste). Lisäaikaohjaus voidaan keskeyttää ohjainpaneelista. Lisäaika voidaan aktivoida myös Modbus-väylän kautta.

### Ylipaineistus (takkatoiminto)

Takan sytyttämisen helpottamiseksi ilmastointilaitteen ylipaineen säätö voidaan käynnistää suoraan ohjainpaneelista tai erillisellä painikkeella (lisävaruste). Ylipaineen säätö laskee poistoilmapuhaltimen nopeutta ja nostaa tuloilmapuhaltimen nopeutta 10 minuutin ajaksi. Ylipaineistusaika sekä tulo- ja poistopuhaltimen nopeudet voidaan asettaa ohjainpaneelista. Ylipaineen säätö voidaan keskeyttää ohjainpaneelista.

Takkatoiminto on tarkoitettu pidettäväksi päällä vain takan sytyttämisen ajan. Varsinainen korvausilma on tuotava muuta kautta. Lue lisää ilmanvaihdon suunnittelusta luvusta 5.5.

### Manuaalinen tehostus

Tehostus- ja tuuletustoiminto käynnistetään suoraan ohjainpaneelista. Tehostus kasvattaa kummankin puhaltimen nopeutta halutuksi ajaksi (oletusasetus on 30 minuuttia). Tehostuksen voi keskeyttää ohjainpaneelista.

### Liesituuletin- ja keskuspölynimuritilat

Liesituuletin- tai keskuspölynimuritilaan siirtyminen on mahdollista ainoastaan ulkoisella ohjauksella (potentiaalivapaa kontakti). Tarkoituksena on pitää huoneiston painetaso ennallaan liesituulettimen ja/tai keskuspölynimurin käynnistymisestä huolimatta.

### Kesäyöjäähdytys

Viileät kesäyöt kannattaa hyödyntää sisäilman lämpötilan alentamisessa. Kesäyöjäähdytyksen ajaksi kytketään pois lämmön talteenotto ja lämmitys. Puhallinnopeuksia ohjataan valitun ohjaustavan mukaan. Paneelista käyttöön otettu kesäyöjäähdytys käynnistyy ja sammuu automaattisesti.

### Viikko- ja vuosiohjelmat

Aikaohjelmalla voidaan määrittää tavallisesta poikkeava käyttötila aktivoitumaan tiettyyn aikaan tiettyinä viikonpäivinä tai kahden kalenteripäivämäärän väliseksi ajaksi. Esimerkiksi kun huoneisto on tyhjiällä, puhaltimien nopeutta voidaan laskea tekemällä laitteen Poissa-tilaan ohjaava aikaohjelma.

Viikko- ja vuosiohjelmat ohjelmoidaan Aikaohjelmat-valikossa. Viikko-ohjelmalle on 20 eri aikaohjelmariiviä, joihin voidaan syöttää aikaohjelman alkamis- ja päättymisaika sekä aikaohjelmatapahtuma, jonka mukaan laite kyseisenä ajanjaksona toimii.

Vuosiohjelmalle on 5 aikaohjelmariviä, joihin voi syöttää aikaohjelman alkamis- ja päättymisajankohdat kellonaikoinen ja aikaohjelmatapahtuman, jonka mukaan laite kyseisenä ajanjaksona toimii.

### Lämmön talteenotto

Lämmön talteenottoa rajoitetaan kesäaikana, jos ulkoilman lämpötila ylittää asetuslämpötilan +8 °C. Tänä aikana lämmönsiirrin seisoo, mikäli lämmityspyyntöä ei tule.

Alle +8 °C lämpötilassa lämmön talteenotto on päällä 100 % teholla. Tämä saattaa johtaa ristiriitaisiin tilanteisiin varsinkin keväällä, kun aurinko lämmittää huoneilmaa vaikka ulkolämpötila on vielä alle +8 °C. Lämpötilan raja-arvoa voi toki helposti muuttaa ohjainpaneelista.

### Viilennyksen talteenotto

Viileän talteenotto toimii samalla hyötysuhteella kuin lämmön talteenottokin. Mitä viileämpää sisällä on, sitä tehokkaammin pyörivä lämmöntalteenotto siirtää energiaa. Pyörivä lämmönsiirrin palauttaa myös osan kosteudesta takaisin jäteilmään, jolloin se osaltaan pienentää kuivatuksen ja viilennyksen tehontarvetta.

Lämmönsiirrin pyörii täydellä teholla, kun ulkoilma on yli 1 °C poistoilmaa lämpimämpää. Lämmönsiirrin pysähtyy viilennyksen jälkeen. Viilennyksen talteenoton hyötysuhde on sama kuin lämmön talteenoton eli 75 %.

### Kosteuden talteenotto

Kosteuden talteenotto on yksi pyörivän lämmönsiirtimen tärkeistä ominaisuuksista. Laite pyrkii pitämään kosteuden aina sisäilman laadun kannalta oikealla puolella rakennetta. Talvella rutikuivaan ilmaan palautuu osa sisäilman kosteudesta ja kesällä kosteasta tuloilmasta palautetaan kosteutta takaisin ulkoilmaan jäteilman mukana. Kosteuden talteenotto toimii sitä tehokkaammin, mitä suuremmat vallitsevat kosteus- ja lämpötilaerot ovat.

### Lämmön talteenoton jäätymisenesto

MD-ohjaus jaksottaa tulopuhaltimen käyntiä lämpötilamittaustietojen perusteella estäen lämmönsiirtimen jäätymisen. Tulopuhallin käy normaalisti jäätymisvaaran mentyä ohi. Jäätymisenestoautomaatiikka kytketään käyttöön ohjainpaneelista. Uudessa **passiivitalosulatuksessa** haitallinen huurteen muodostus ilmanvaihtolaitteessa estetään pyörivän lämmönsiirtimen tehoa säätämällä. Tulopuhallinta ei pysäytetä, joten tuloilma- ja poistoilmavirtausuhde säilyy muuttumattomana sulatuksen aikana.

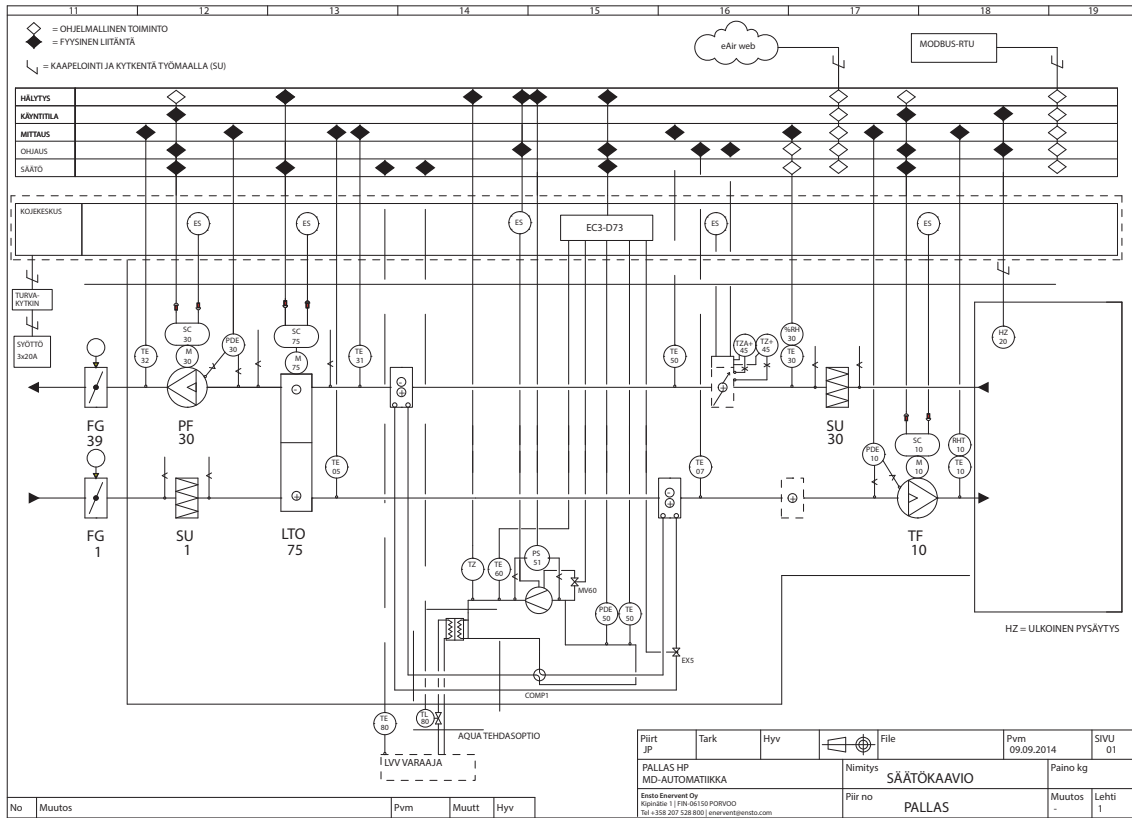
### Lämmöntalteenoton hyötysuhde

Tulo- ja poistoilman lämmön talteenottohyötysuhde ilmoitetaan ohjainpaneelin Mittaukset-valikossa.











## 8

### TULOILMAN VIILENNYS/ JÄÄHDYTYS

#### 8.1

#### **Ilmastointi työpaikalle ja kotiin**

Harva suomalainen on valmis ostamaan uuden auton, jossa ei ole ilmastointia. Olemme tottuneet lämpötilaltaan ja suhteelliselta kosteudeltaan kontrolloituun sisäilmaan myös myymälöissä ja monilla työpaikoilla. Silti meidän oletetaan aivan tyytyväisenä kärsivän asunnoissamme hellekesäkaudella +30 asteeseen kokoavista lämpötiloista ja niin kosteasta ilmasta, että se tuntuu paksulta hengittää.

Ensisijaisesti jäähdytyskäyttöön tarkoitettujen ilmalämpöpumppujen, erilaisten siirrettävien ilmastointilaitteiden ja tuulettimien myynti kasvaa jokaisen tavanomaisesta lämpimämmän kesän myötä ja laitteet loppuvat kaupoista. Kaukolämpöverkossa oleviin asuinkerrostaloihin asennetaan yhteishankintana ilmalämpöpumput pelkästään kesäkauden käyttöön – lämmityskäytössähän asiakas maksaisi energiansäästön omassa sähkölaskussaan.

Erittäin tiiviiden, hyvin energiatehokkaiden rakennusten kohdalla sisäilman viilennys/jäähdytys on jollakin tavalla pakko järjestää. Kaikkea auringon lämpöenergiaa ei saada pidetyksi passiivisin keinoin rakennuksen ulkopuolella ja joka tapauksessa on selvittävä talon sisäistä lämpökuormista.

#### 8.2

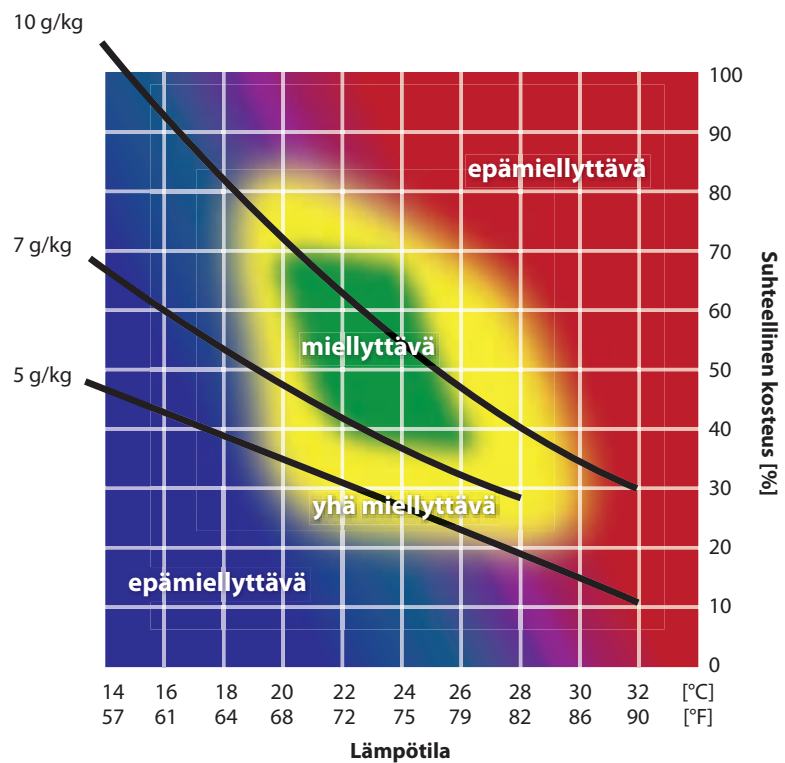
#### **Sitä on, miltä tuntuu**

Huonelämpötila on mitattavissa oleva suure. Huonelämpötilasta ja ympäröivien pintojen lämpötilojen säteilylämpötilasta koostuva operatiivinen lämpötila kuvaa jo paremmin ihmisen kokemaa lämpötilaa. Suuret ikkunapinnat nostavat tilan operatiivisen lämpötilan kesähelteillä huomattavasti varsinaista huonelämpötilaa korkeammaksi.

Miellyttävä sisälämpötila on aina henkilökohtainen kokemus. Yleisesti miellyttäväksi oletettu +22 °C voi olla hyvä lähtökohta. Ihmiset haluavat kuitenkin nykyisin enemmän valinnanvaraa myös sisälämpötilojen suhteen.

Myös kosteus vaikuttaa paljon siihen, miten miellyttävänä sisäilmaa pidetään. Ihminen kokee kostean helteen epämiellyttäväksi juuri kosteuden vuoksi. Vaikka sisälämpötila pysyisi lähes samana, sisäilman suhteellisen kosteuden vähentäminen saa lämpötilan tuntumaan useita asteita viileämmältä kuin se oikeastaan onkaan.

Pelkästään lämpötilaa ei voi katsoa kun puhutaan miellyttävästä sisäilmasta. Lämmin ja kuiva ilma tuntuu yhtä miellyttävältä kuin viileämpi mutta kostea ilma. Suunnitteluratkaisulla tähdätään kaavion vihreälle alueelle.



### 8.3 Enemmän ongelmia tiedossa

Jo matalaenergiataloissa sisätilojen lämpötila nousee selvästi silloin, kun ollaan kotona. Lämpöä tuottavat kotona olevat ihmiset, lemmikit ja päällä olevat sähköiset laitteet. Mitä suurempi sisäinen lämpökuorma on, sitä aikaisemmin keväällä jäähdytyskausi alkaa.

Meillä Suomessa on totuttu ajattelemaan, että lämmityskausi jatkuu siihen saakka, kun ulkona on +12°C. Luvun 13 esimerkkikohteessa, konepajateollisuushallissa, jäähdytystä on tarvittu kevätauringolla, vaikka ulkona on ollut pakkasta vielä –8 °C. Myös uusissa energiatehokkaissa asuintaloissa on havaittu, että jäähdytyskausi alkaa jo maaliskuun aurinkoisilla keleillä.

#### Määräysten mukaan

*Kesäaikaiseen lämpöviihtyvyyteen liittyvät rakentamismääräykset edellyttävät, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan siten, etteivät tilat lämpene haitallisesti. Tulkinanvaraisuutta jää vähän: Kesäajan huonelämpötila ei saa ylittää (rakennuksen) käyttötarkoituksaluokalle osoitettua jäähdytysrajaa +25 °C yli 150 astetuntia kesäkaudella. (RakMK D2 2012, 6 ja D3 2012, 9).*

## 8.4

### **Monenlaisia keinoja**

Energiatehokkaan nykyaikaisen pientalon viilennystarve tulee minimoida passiivisin keinoin. Tärkeimmät keinot ovat auringonpaisteelta suojaavat ratkaisut. Suoran auringonpaisteen sisääntuloa ikkunoista rajoitetaan ikkunoiden kohtuullisella koolla ja auringonsuojalaseilla sekä rakenteellisella auringonsuojauksella. Ensisijaisia keinoja ovat reilunkokoiset räystäät ja ikkunaa varjostavat parvekkeet, ulkopuoliset sälerakenteet, markiisit ja sälekaihtimet. Rakenteellisia keinoja ovat myös tavanomaista parempi rakennuksen ulkovaipan lämmöneristys ja ilmanpitävyys, joiden avulla estetään rakenteisiin varastoituvan lämmön tulo sisälle.

Mitä tehokkaampi auringonsuojaus on, sitä paremmin sisäilma pystytään jäähdyttämään miellyttävälle tasolle koneellisen ilmanvaihtojärjestelmän avulla.

Sisäilmaa viileämmän ulkoilman puhaltaminen sisään riittää yleensä pitämään sisälämpötilan miellyttävänä. Kun sisällä on viileämpää kuin ulkona, helleilman sisääntulo ilmanvaihdon kautta estetään käyttämällä ilmanvaihdon lämmön talteenottolaitetta kylmän talteenottoon.

Tiloissa, joissa lämpökuormat ovat erityisen suuret, voidaan joutua käyttämään vakiovirtailmastoinnin lisäksi myös tilakohtaisia jäähdytyslaitteita: ilmastointipalkkeja, puhallinkonvektoreita tai – erityisesti remontoitavissa kohteissa, ilmalämpöpumppuja.

## 8.5

### **Jäähdytystarpeen määrittelystä**

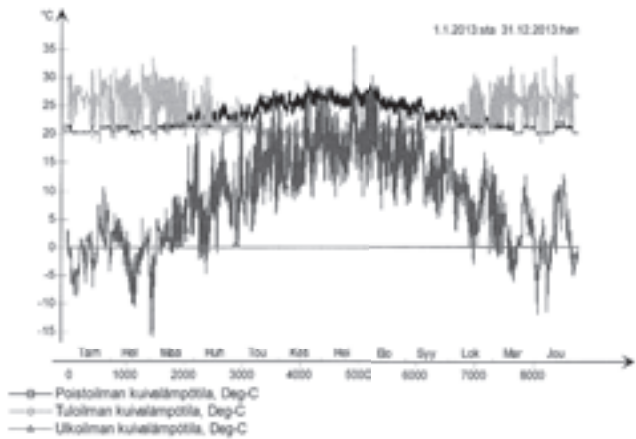
Kun asiakas toivoo sisäilman viilennystä/jäähdytystä tai kaikkina vuodenaikoina tasaista huonelämpötilaa, hän ei useinkaan välitä tässä vaiheessa keinoista, joilla se voidaan saada aikaan. Termit mukavuusviilennys, viilennys ja jäähdytys eivät välttämättä sano hänelle mitään – silloinkaan kuin loppukäyttäjää edustaa rakennuttaja.

Suunnittelijan on kuitenkin ymmärrettävä, mihin pyritään ja millä tavoin sekä mihin hintaan se voidaan toteuttaa.

Rakennuksen jäähdytystehontarpeen määrittely perinteisellä tavoin ”käsin” on nykyrakentamisessa hyvin haasteellista. Enää ei riitä vanha totuus, että jäähdytyskausi alkaa kun sisälämpötila on yli +25 astetta ja lämmityskausi, kun sisälämpötila putoaa alle +21 asteen. Paras tapa jäähdytystehon tarpeen laskentaan on mallintaa rakennus tehokkaan laskenta- ja suunnitteluohjelmaan, joka laskee jäähdytystehontarpeen dynaamisesti, hetki hetkeltä.

Nykyiset energiatehokkuusmääräykset vaativat käytännössä dynaamisen tarkastelun muilta kuin pientaloilta. Omakotitalossa jäähdytystehontarpeen voi arvioida mallintamattakin, kun ottaa huomioon sisäiset kuormat; ihmiset, laitteet ja valaistuksen sekä ikkunoista sisälle tulevan lämpökuorman.

## Ilmanvaihtolaitteen lämpötilat



## Energiaraportti vyöhykkeelle "IV-kone"

kWh (tuntuva ja sidottu)

Kuukausi	Q_HEAT	Q_COOL	Q_REHEAT	Q_RECOOL	Q_HUM	Q_FANS
1	1017.0	0.0	2018.0	0.0	0.0	123.8
2	919.6	0.0	1981.0	0.0	0.0	111.7
3	719.4	0.0	1810.0	0.0	0.0	124.2
4	174.3	0.7	1285.0	0.0	0.0	121.0
5	30.3	80.5	773.7	0.1	0.0	126.0
6	0.0	172.6	383.4	0.6	0.0	122.6
7	0.0	375.0	208.8	7.6	0.0	127.0
8	0.0	286.9	313.6	3.0	0.0	126.8
9	12.4	36.5	721.9	0.1	0.0	122.0
10	301.4	0.6	1288.0	0.0	0.0	125.1
11	815.4	0.0	1697.0	0.0	0.0	120.3
12	935.7	0.0	1887.0	0.0	0.0	124.0
<b>Yhteensä</b>	<b>4925.5</b>	<b>953.8</b>	<b>14267.4</b>	<b>11.5</b>	<b>0.0</b>	<b>1474.5</b>

Rakenteellisen ja passiiviset keinot (energiatohokkaat ikkunat, joissa on aurinkosuojaus, pitkät räystäät, markiisit yms.) on ensisijaisesti hyödynnettävä auringonpaisteen aiheuttaman lämpökuorman vähentämiseksi.

Kaikissa tilanteissa ja kaikille asukkailla se ei kuitenkaan riitä. Kun rakenteelliset keinot on hyödynnetty ja siten viilennystarve minimoitu, yksinkertaisin, helpoimmin toteutettava ja usein kustannustaloudellisin tapa sisäilman jäähdytyksen toteuttamiseen on hoitaa se ilmanvaihtoon integroidulla viilennyksellä.

Kuivatus ja jäähdytys kannattaa ottaa mukaan jo alusta pitäen, sillä niiden lisääminen jälkikäteen edellyttää kanavakoon kasvattamista tai toista kanavaa rinnalle kondenssi- ja lämpöeristyksineen.

Sisäilman viilennyksen kasvattaminen jäähdytykseen edellyttää jo vaihtuvan ilmamäärän kolminkertaistamista (1-> 3l/s/m<sup>2</sup>). Sadan neliön talossa se tarkoittaa 300 l/s.

Tuloilman mukana jaettu viilennys on erillisillä puhallinpattereilla tuotettua miellyttävämpää. Se leviää myös kaikkiin tiloihin tehokkaammin eikä lisää asuinhuoneisiin tulevaa tekniikkaa eikä huoltokohteita.

Jäähdytystarpeen määrittelyssä on otettava huomioon paitsi ulkoiset ja sisäiset lämpökuormat, mietittävä, mistä ja miten sisäiset lämpökuormat muodostuvat. Pelkkä arvio ei riitä. Yhdessä perheessä arkisin ollaan päivällä aina pois. Toisessa toinen vanhemmista saattaa hoitaa vieraitakin lapsia kotosalla. Monilapsisissa perheissä makuuhuoneessa nukkuu useampikin lapsi. Perhe voi kasvattaa suuria koiria, jotka ovat aina kotosalla. Miten paljon sähkölaitteita käytetään?

Mitoitus on tehtävä siis aina huipputarpeen mukaan. Vasta sen jälkeen suunnittelija optimoi järjestelmän siten, että se myös toimii kustannustehokkaasti.

Varsinkin suuremmissa rakennuksissa, kuten esimerkiksi toimistoissa ja hotelleissa, kokonaisviilennys on järkevä hoitaa paitsi ilmanvaihdon kautta, myös paikallisten laitteiden, esimerkiksi puhallinkonvektoreiden ja kattosäteilijöiden kautta. Tilankäytöllisesti ratkaisu voi olla järkevä. Ilmamäärät ja siten kanavakoot pysyvät kohtuullisina, kun koko viilennystarvetta ei hoideta ilmamäärien avulla. Sisään puhallettava ilma on kuitenkin viileää ja kuivaa. Lopullinen jäähdytys tuotetaan esimerkiksi kattosäteilijän avulla. Rakennuksen jäähdytysjärjestelmä toimii parhaalla mahdollisella tavalla, koska paikallinen jäähdytyslaitte toimii tehokkaammin, kun jäähdytettävä ilma on jo kuivaa (alempi kastepiste).

Avataan tarkemmin tehon siirtymistä virtaaman – ilman tai veden – määrään. Tuntuvan energian siirtymisen määrän laskentaan käytetään kaavaa:

$$Q = \rho_i \times c_{pi} \times q_v \times \Delta T$$

$$\rho_i = \text{ilmantiheys } 1 \text{ kg/m}^3$$

$$c_{pi} = \text{ilman ominaislämpökapasiteetti } 1,2 \text{ kJ/kgC}$$

$$q_v = \text{ilmanmäärä, l/s}$$

$$\Delta T = \text{lämpötilaero (22 °C-13 °C)}$$

Mukavuusviilennys 1 l/s/m<sup>2</sup>Viilennys 2 l/s/m<sup>2</sup>Jäähdytys 3 l/s/m<sup>2</sup>

Kokonaisjäähdytyksen teho lasketaan entalpiaeron avulla koska jäähdytystilanteessa ilma kuivuu kondenssionnin takia ja näin ollen myös sen energiamäärä muuttuu:

$$Q = \rho_i \times C_{pi} \times q_v \times \Delta H$$

$\rho_i$  = ilmantiheys 1 kg/m<sup>3</sup>  
 $C_{pi}$  = ilman ominaislämpökapasiteetti 1,2 kJ/kgC  
 $q_v$  = ilmanmäärä, l/s  
 $\Delta H$  = entalpiaero (55–33) kJ/kg

Voimme vaikuttaa kaavassa vain kahteen kohtaan. Tiheys ja ominaislämpökapasiteetti eivät muutu. Lämpötilaeroon (dT) voimme vaikuttaa vain vähän. Esimerkiksi kun ulkona on mitoitustilanne +27 °C 50 RH, voimme puhaltaa sisään minimissään +13 °C ilmaa ja jos toivottu sisälämpötila on +22 °C, on lämpötilaero on +9 °C. Sen sijaan voimme vaikuttaa tilaan saamamme ilmavirran määrään puhaltimien ja kanaviston suorituskyvyn kautta. Alla olevassa taulukossa näkyy ilmavirran vaikutus tehoon:

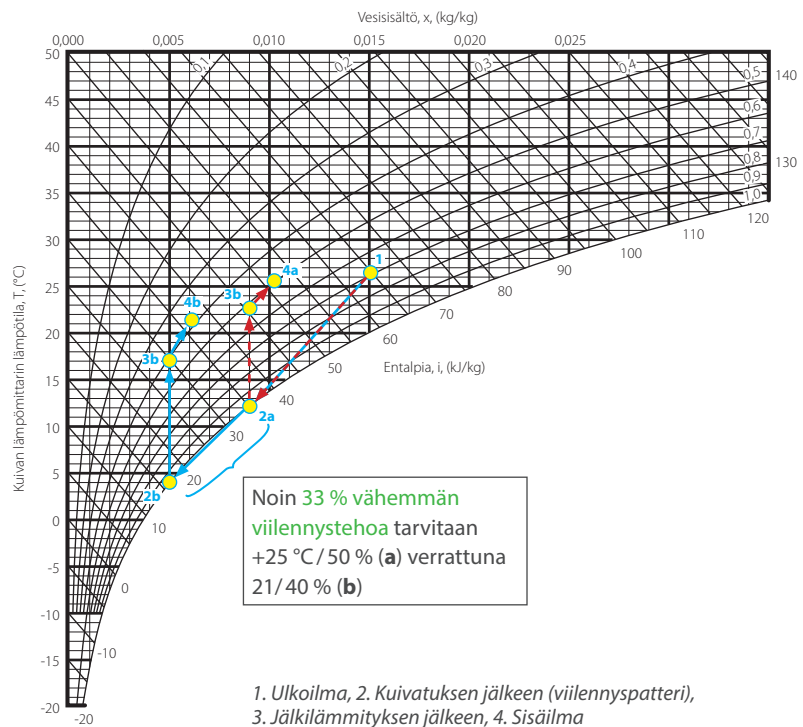
Ilma- määrä (litraa)	litraa/ m <sup>2</sup>	Tuntuva teho (W)	Kokonaisteho (tuntuva + kuivatus) W	Tuntuma	Kommentit
100	1	1080	2640	Mukavuus- viilennys	Auttaa leikkaamaan pahimman lämpökuorman pois, kovilla kuormilla vaatii lisjäähdytyksen (esim. erillinen ilma-lämpöpumppu)
200	2	2160	5280	Viilennys	Viilentää ja pitää sisäilmaston mukavana, mikäli sisäiset kuormat kasvavat huomattavasti tarvitaan lisätehoa.
300	3	3240	7920	Jäähdytys	Pystyy pitämään lämpötilan haluttuna (+22 °C) kesän mitoitustilanteessa (mitoitus: +27 °C, 50 RH)



## 8.6 Kosteus hallintaan

Viilennys/jäähdytys tarpeen määrittelyssä on otettava huomioon myös ilman suhteellisen kosteuden vaikutus. Kun ilman suhteellinen kosteus saadaan laskettua miellyttävälle tasolle, myös sen lämpötila tuntuu – vaikka pysisikin samana – asteen pari alhaisemmalta. Kuivatuksen ansiosta viilennystä tarvitaan vähemmän ja ilmamäärät voidaan pitää hieman pienempinä. Kuivatus on siten edullinen tapa saada sisäilma tuntumaan viileämmältä: välttämättä ei tarvitse laskea lämpötilaa +21 °C:een, kun kuiva +25 °C:n ilma tuntuu jo hyvältä. Ilmanvaihtoon integroitu kuivatus tukee myös erillisiä/ paikallisia viilennyslaitteita. Kun ilmanvaihtolaite hoitaa kuivatuksen, niin paikallisen jäähdytyslaitteen ei tarvitse erikseen kuivattaa vaan sen teho saadaan hyödynnettyä kokonaan itse tilan jäähdyttämisen.

### Kostean ilman Mollier-käyrästä



Sopivan kuiva sisäilma auttaa myös pitämään tilan pintamateriaalit, huonekalut ja rakennuksen rakenteet hyvässä kunnossa. Kuivatus voi poistaa sisäilmasta kosteutta huikeat 5 l/h.

Ilmanvaihtojärjestelmässä kuivatus toteutetaan siten, että sisäänpuhallusilma jäähdytetään ensin minimissään +7 °C, jolloin kosteus kondensoituu ja poistetaan viemäriin. Sen jälkeen ilma lämmitetään takaisin esimerkiksi jälkilämmityspatterilla n. +18 °C:een. Enervent Aqua-mallissa viilennyksessä tuotettu lämpö otetaan talteen energiapankkiin,

### Vinkkinä asiakkaalle

Liian säästäväinen asiakas voi pyrkiä säästämään väärässä paikassa. Ilmanvaihtojärjestelmän tila **Poissa** ei saa tarkoittaa, että ilmanvaihto jäädytyksineen lähes pysähtyy. Ajatellaanpa vaikka mökin jääkaappia, joka ei ihan heti jäähdy  $+5-6^{\circ}\text{C}$ .:een, vaikka onkin pieni. Omakotitalon kokoinen suuri rakennusmassa jäähtyy tietysti vieläkin hitaammin. Viilennystä/jäähdystystä on järkevämpi pitää päällä jatkuvasti ja siten sisälämpötila tasaisena.

josta se hyödynnetään jälkilämmityspattereihin. CG-W versiossa lämpötila nostetaan edullisesti vesipatterilla, jonka lämmönlähde on maalämpöpumppu.

Järjestelmä on mitoitettava huolella. Jos se on mitoitettu liian pieneksi, kaikki jäähdystysteho kuluu kuivatukseen, eikä jäähdystykseen jää enää tehoa. Hyvä peukalosääntö on lisätä 3 kW tehoa. Niistä laite vie 1kW, kanavahäviöksi kuluu 1kW ja yksi saadaan jäähdystyksenä huoneeseen.

Myös päätelaitteiden valintaan on panostettava, sillä niiden on toimittava yhtä hyvin jäähdystyksessä kuin lämmityksessäkin. Jäähdytetty ilma on kyettävä ampumaan kattoa (Coanda-ilmiö) pitkin mahdollisimman pitkälle, jolloin se sekoittuu tilan lämpimään ilmaan ja sitten miellyttävästi jäähdyttää ilman.

Kanavien on oltava riittävän hyvin eristetyt, jotta kondenssiongelmaa ei pääse syntymään.

## 8.7 Enervent-ratkaisut sisäilman viilennykseen/jäähdystykseen

### 8.7.1 CG – maaviileäpatteri

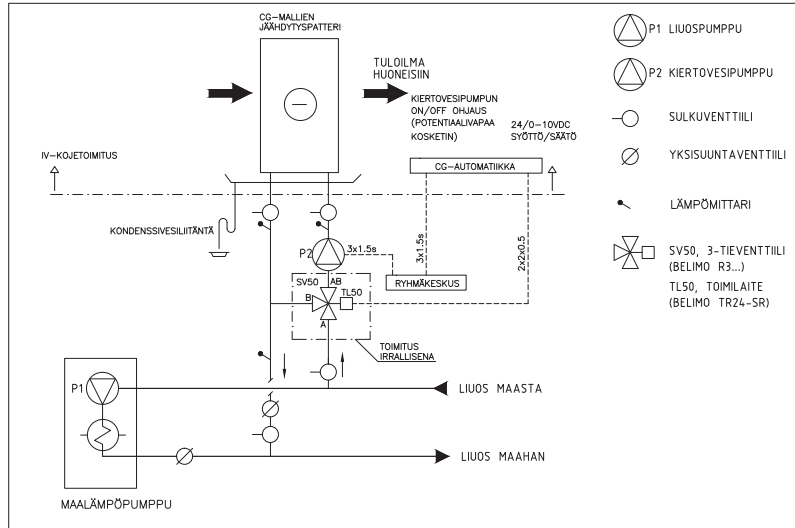
CG (*Cooling Geo*) on ilmanvaihtojärjestelmään lämmön talteenottolaitteen jälkeen asennettava maaviileäpatteri.

Rakennuksen ja käyttöveden lämmitystä varten asennetun maalämpöpumppujärjestelmän maapiirin viileää liuosta voidaan käyttää kesällä jäähdyttämään talon sisälle puhallettavaa tuloilmaa. Tehokkain tulos saavutetaan porakaivossa kierrätetyllä maaliuksella.

Maakylmä on erittäin energiatehokas tapa viilentää. Lisäksi se parantaa maalämpöpumpun hyötysuhdetta, koska se lataa kesällä lämpöä porareikään.

CG-ohjauksautomaatiikkaa voidaan käyttää kaikissa Enervent MD-mallin ilmanvaihtolaitteissa. Järjestelmävaihtoehtoja on kolme.

Jäähdystyspatterin tehoa voidaan säätää liuosvirtausta muuttamalla. Soveltuvuus on selvitetty lämpöpumpputoimittajalta. Automaatiikka sisältää maalämpöpumpun liuosvirtausta käynnistämiseen tarvittavan releen ja jäähdystykseen tarvittavan kolmitie-säätöventtiilin sekä toimilaitteen. Lämpötilan säätö tehdään ilmanvaihtolaitteen omalla ohjauksautomaatiikalla. Maaliuospiirin maasta tulevaan putkeen asennetaan kolmitieventtiili/toimilaite, joka ohjaa liuosvirtaa jäähdystyspatterille jäähdystystarpeen mukaan.



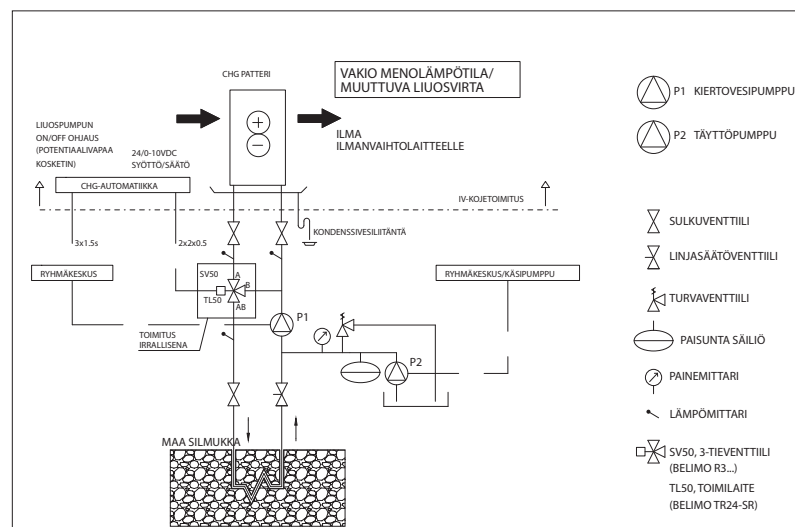
CG-järjestelmän periaatekaavio

Toisessa vaihtoehdossa automatiikka sisältää ilmanvaihtolaitteen jäähdytyspatterin kiertovesipumpun käynnistämiseen tarvittavan releen ja jäähdytyksen tarvittavan kolmitiesäätöventtiilin sekä toimilaitteen. Lämpötilan säätö tehdään ilmanvaihtolaitteen omalla ohjausautomaatiikalla. Maaliuospumppua ei käynnistetä ilmanvaihtolaitteen jäähdytystä varten. Ilmanvaihtolaitteen jäähdytyspatterin läheisyyteen rakennetaan oma pumppuryhmä kierrättämään viileää maaliuosta.

Kolmannessa vaihtoehdossa jäähdytyspatterin tehoa säädetään liuoksen lämpötilaa muuttamalla. Ilmanvaihtolaitteen patterin paluuputki liitetään maaputkiston paluupiiriin. Automatiikka sisältää ilmanvaihtolaitteen jäähdytyspatterin kiertovesipumpun käynnistämiseen tarvittavan releen ja jäähdytyksen tarvittavan kolmitiesäätöventtiilin sekä toimilaitteen. Lämpötilan säätö tehdään ilmanvaihtolaitteen omalla ohjausautomaatiikalla. Maaliuospumppua ei käynnistetä ilmanvaihtolaitteen jäähdytystä varten. Laitteen jäähdytyspatterin läheisyyteen rakennetaan oma pumppuryhmä kierrättämään viileää maaliuosta.

## 8.7.2 Enervent CHG

CHG-patteri (Cooling/Heating Geo) on ilmanvaihtolaitteen raitisilmakanavaan asennettava, erilliseen tai nestelämmönsiirtimen kautta maalämpöpumpun maapiiriin kytkettävä lamellipatteri, joka voi käytöstä riippuen toimia sekä ilmanvaihtojärjestelmän esiviilennys- että esilämmitys-patterina. Se sopii erinomaisesti minkä tahansa lämmitys-järjestelmän tukijärjestelmäksi. Lue lisää järjestelmästä luvusta 10.

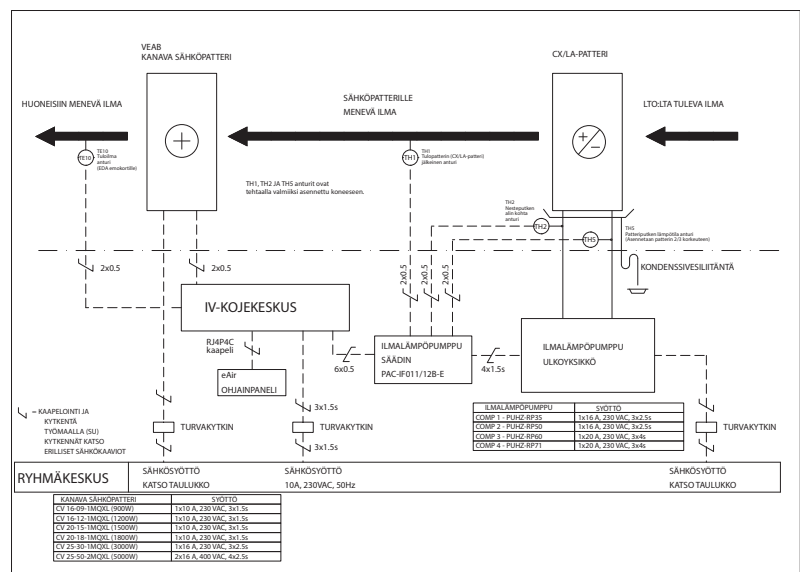


CHG-järjestelmän periaatekaavio

### 8.7.3 Enervent MDX

MDX on ilmanvaihdon jälkilämmitykseen ja -viilennykseen integroitu ilmalämpöpumppu. Enervent-ilmanvaihtolaitteeseen integroituna se toimii energiatehokkaana energialähteenä. Järjestelmä voidaan asentaa niin uudisrakennukseen kuin saneerauskohteeseenkin. Lue lisää luvusta 9.1.

### 8.7.4



MDX-järjestelmän periaatekaavio

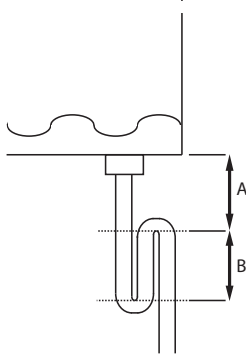
### HP eAir viilennyskäytössä

Ilmanvaihtolaitteeseen sisäänrakennettu poistoilmalämpöpumppu HP ottaa nimensä mukaisesti energiaa poistoilmasta. Yhdessä pyörivän lämmönsiirtimen kanssa poistoilmalämpöpumppu ottaa talteen lähes kaiken lämpöenergian ulospuhallettavasta ilmasta ja luovuttaa sen takaisin lämmitykseen. Sen lämmön talteenoton vuosiyhötysuhde on jopa 95 %. Lue lisää luvusta 9.2 .

## 8.8

**Ilmanvaihtolaitteen viemäröinti**

Kaikki jäähdytyspatterilla varustetut ilmanvaihtolaitteet on ehdottomasti kondenssivesiviemäröitävä. Sitä suositellaan toki kaikille muillekin ilmanvaihtolaitteille. Kondenssivettä syntyy ilman jäähtyessä esimerkiksi talvisin, kun kostea sisäilma kohtaa ulkoilman jäähdyttämän lämmönsiirtimen.



Kondenssivesiputkea ei saa liittää suoraan viemäriin! Se johdetaan esimerkiksi lattiakäivöön vesilukon kautta laskevassa, vähintään  $\varnothing$  15 mm putkessa. Putken tulee pysyä ilmanvaihtolaitteen pohjan alapuolella, siihen ei saa tulla pitkää vaakavetoa eikä siihen saa asentaa useampia vesilukkoja. Jos laitteessa on useampia vedenpoistoliittimiä, jokaisella on oltava oma vesilukkonsa.

Laitteessa vallitsee alipaine, joten vedenpoiston ja vesilukon vedenpoiston välisen korkeuseron (A) tulisi olla 75 mm, kuitenkin vähintään millimetreissä alipaine jaettuna 10:llä (esim. 500 Pa alipaine  $\rightarrow$  50 mm).

Vesilukon sulkevan osan syvyyden (B) olisi oltava 50 mm, kuitenkin vähintään millimetreissä alipaine jaettuna 20:llä (esim. 500 Pa alipaine  $\rightarrow$  25 mm:n syvyys).

Mahdollisessa kanavapatterissa vallitsee ylipaine, joten vedenpoiston ja vesilukon väliseksi korkeuseroksi suositellaan 25 mm. Vesilukon sulkevan osan syvyydeksi suositellaan 75 mm, kuitenkin vähintään millimetreissä alipaine jaettuna 10:llä (esim. 500 Pa ylipaine  $\rightarrow$  50 mm:n syvyys).

Vesilukko tulee täyttää vedellä ennen laitteen käyttöönottoa. Vesilukko saattaa myös ajan myötä kuivua, jos siihen ei keräänny vettä. Silloin ilma voi alkaa virrata putkessa ja estäessään veden pääsyn vesilukkoon voi aiheuttaa häiritsevää pulputtavaa ääntä.



# 9

## LÄMPÖPUMPUT

Lämpöpumpujen integrointi ilmanvaihtojärjestelmään mahdollistaa energiatehokkaan sisäilman lämmityksen. Pyörivään lämmönsiirtimeen yhdistettynä lämpöpumppuratkaisu parantaa entisestään lämmön talteenoton vuosihyötysuhdetta. Sen avulla erityisen energiatehokkaissa rakennuksissa ilmalämmitys voi suurimman osan vuotta toimia päälämmitysjärjestelmänä. Tällöin ei tarvita ilmanvaihtojärjestelmän lisäksi muuta, erillistä lämmönjakojärjestelmää. Märkätiloissa on oltava kuitenkin lattialämmitys tai pyyhekui-vaimet ja laatoitetuille lattioille kannattaa harkita ns. mukavuuslämpöä. Ilmalämmityksestä kerrotaan enemmän luvussa 10.

### 9.1

#### **Enervent MDX - Ilmanvaihdon jälkilämmitykseen ja -viilennykseen integroitu ilmalämpöpumppu lämmitys- ja jäähdytyskäytössä**

Enervent MDX on ilmanvaihdon jälkilämmitykseen ja -viilennykseen integroitu ilmalämpöpumppu. Enervent-ilmanvaihtolaitteeseen integroituna se toimii energiatehokkaana energialähteenä. Järjestelmä voidaan asentaa niin uudisrakennukseen kuin saneerauskohteeseenkin.

Lämmityskaudella laitteiden pyörivä lämmönsiirrin ottaa poistoilmasta talteen jopa 75 %\* lämpöenergiasta, joka siirtyy ilmanvaihtokanavistoa myöten takaisin sisäilman lämmitykseen. Lämpöpumpun avulla voidaan hoitaa tuloilman talviaikaisen jälkilämmityksen lisäksi myös osa talon lisälämmitystarpeesta energiatehokkaalla tavalla. Lisäksi pyörivä lämmönsiirrin ottaa pakkasella talteen kosteutta poistoilmasta, pitäen sisäilman kosteuden terveellisemmällä tasolla.

Energiataloudellisin ratkaisu saadaan käyttämällä järjestelmää matalaenergia- ja passiivitaloissa. Passiivi- ja 0-energiataloja lukuun ottamatta rakennuksessa tarvitaan myös muita lämmönlähteitä. Ilmanvaihdon jälkilämmitykseen integroitu ilmalämpöpumppu toimii hyvin kaikkien lämmönlähteiden ja lämmitysmuotojen kanssa

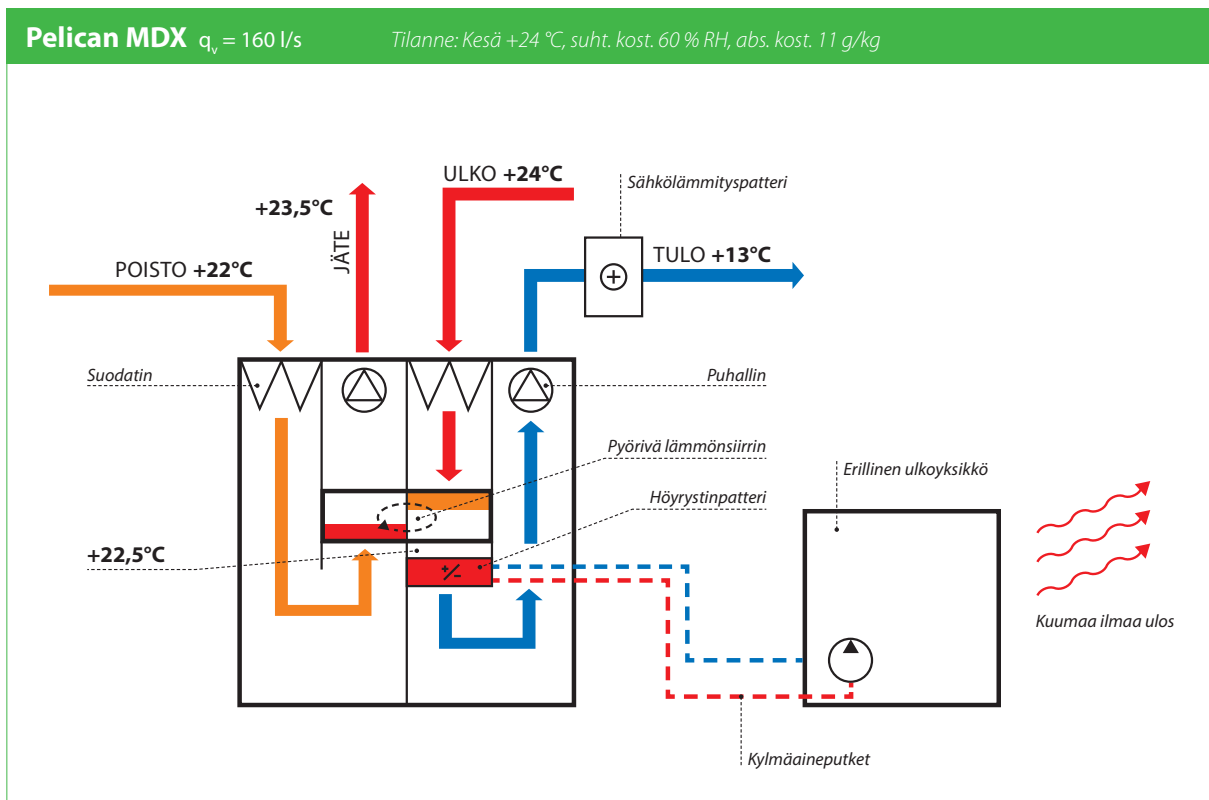
Ilmanvaihdon jälkilämmitykseen/-viilennykseen integroitu ilmalämpöpumppu toimii kesäaikaisessa viilennyksessä tehokkaasti erillisen ilmalämpöpumpun tavoin, mutta ilman erillisiä sisäyksiköitä. Viileä ilma saadaan tilaan ilmanvaihdon päätelaitteiden kautta tasaisesti ja miellyttävästi – ilman vedon tunnetta ja sisäyksiköiden aiheuttamaa melua.

Laitteen pyörivä lämmönsiirrin ottaa talteen kylmäenergian ja hyödyntää myös yöaikaisen viilennyksen.

Yhdistelmälaite säästää asennuskustannuksissa. Ilma jakautuu tasaisesti, kun erillisiä sisänpuhallusyksiköitä ei tarvita.

Ilmanvaihdon jälkilämmitykseen/-viilennykseen integroitu ilmalämpöpumppu on mahdollista saada useimpiin Enerventin ilmanvaihtolaiterunkoihin. Ilmanvaihtolaitteen sisälle tai tuloilmakanavaan asennetaan höyrystinpatteri ja rakennuksen ulkopuolelle ulkoilmayksikkö.

*\* Lämmön talteenoton hyötysuhteen suuruus riippuu paljon lasketattavasta. Etelä-Suomen sääoloissa Enervent-laitteiden lämmön talteenoton vuosihyötysuhde on 75 %. Toisaalta Passiv Haus Institutin, Euroopan johtavan energiatehokkuus sertifioijan mittauksilla hyötysuhde on 85 %.*



Kaikissa MDX-järjestelmissä on kestmagneettitahtimoottorilla varustettu kompressori ja niissä käytetään R410A-kylmäainetta energiatalouden maksimoimiseksi.

Ilmanvaihdon jälkilämmitykseen/-viilennykseen integroitu ilmalämpöpumppu edellyttää ulkoyksikköä, joten se ei sovellu käytettäväksi kohteissa, joissa julkisivuun sellaista ei saa asentaa tai äänitasolle on rajoituksia.

### Suunnittelussa ja asennuksessa huomioon otettavaa

Ilmanvaihtolaite mitoitetaan ja valitaan siten, että varmistetaan hyvä lämmitys- ja jäähdytysteho. Eryisesti jäähdytyskäytössä tämä merkitsee D2:n minimitasoa suurempaa ilmanvaihdon ilmavirtaa. Teho ja kanavat on mitoitettava jäähdytyskäytön perusteella.

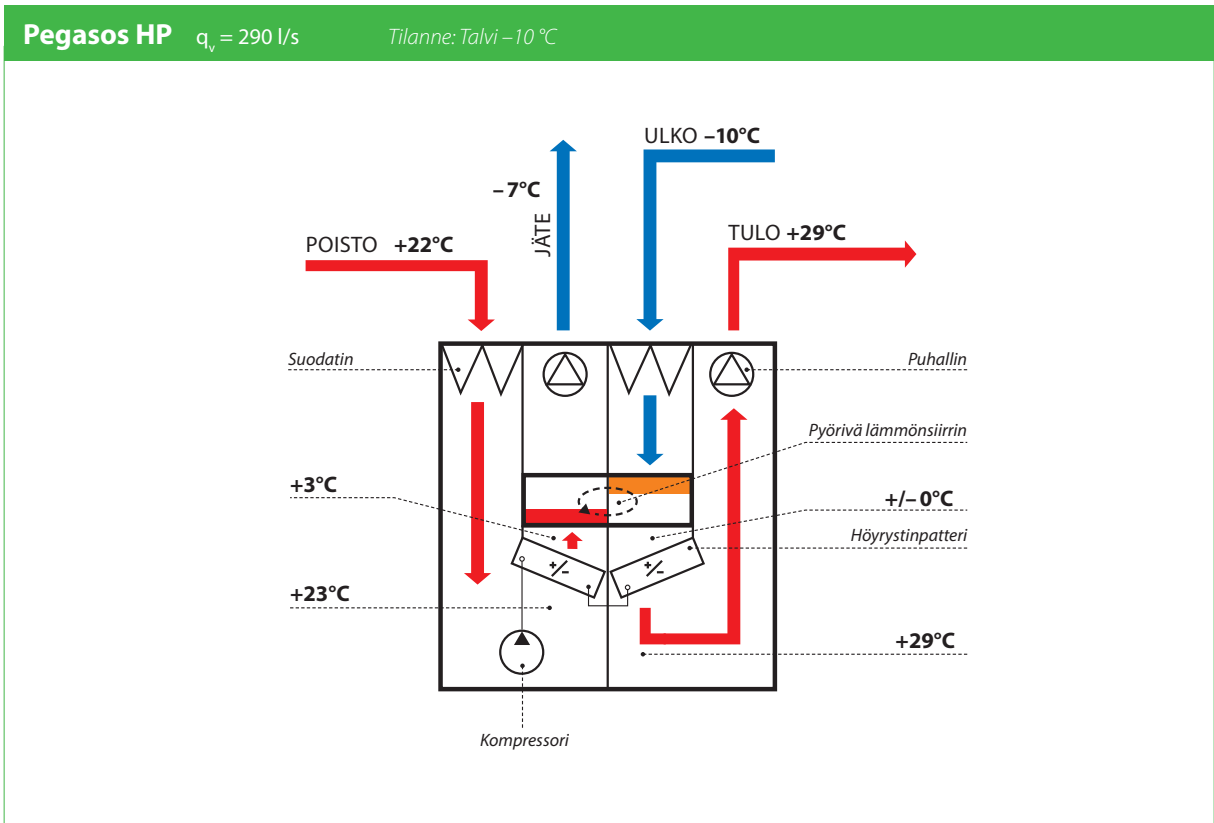
Laite valitaan aina kohteen mitoituksen ja vaatimusten, mutta myös asukkaan mieltymysten mukaan.

Järjestelmä suunnitellaan ja toteutetaan siten, että lopputuloksena on tasapainoinen ja hiljainen ilmanvaihto niin perusilmanvaihdossa kuin jäähdytyskäytön tehostetussa ilmanvaihdossakin.

Mitoituksessa on otettava huomioon, että perusilmanvaihto toteutuu 50–60 % puhallinnopeudella ja viilennyksen tehostus 70–100 % puhallinnopeudella. Kanavisto suunnitellaan niin, että viilennystilanteessa käytettävä tehostusilmamäärä voidaan ajaa suurilla kanavanopeuksilla ja näistä aiheutuvia äänihaittoja välttämällä. Katso taulukko kanavakoon määrittämisestä sivulta 41.

Päätelaite on valittava siten, että se toimii myös jäähdytyskäytössä.

Kanavat pitää eristää asianmukaisella tavalla. Eristyksen tärkeys korostuu, kun ilmanvaihtolaitteessa on viilennys.



## 9.2

### **Enervent HP eAir - Sisäänrakennettu poistoilmalämpöpumppu lämmitys- ja jäähdytyskäytössä**

Ilmanvaihtolaitteeseen sisäänrakennettu poistoilmalämpöpumppu HP ottaa nimensä mukaisesti energiaa poistoilmasta. Yhdessä pyörivän lämmönsiirtimen kanssa poistoilmalämpöpumppu ottaa talteen lähes kaiken lämpöenergian ulospuhallettavasta ilmasta ja luovuttaa sen takaisin lämmitykseen. Sen lämmön talteenoton vuosihyötysuhde on jopa 95 %.

Sisäänrakennettu poistoilmalämpöpumppu ei edellytä erillistä ulkoyksikköä, joten se sopii myös rakennuskohteisiin, joissa julkisivumääräykset rajoittavat ulkoyksiköiden asennusta. Se voidaan asentaa niin uudis- kuin remonttikohteisiin.

Viilennyskäytössä se viilentää tuloilmaa ja siirtää ylimääräisen lämmön tiloista poistettavaan jäteilmään. Viilennyskäytössä se myös poistaa tuloilmasta kosteutta, joten huoneilma tuntuu miellyttävämmältä, vaikka lämpötila ei olisikaan laskenut kuin muutaman asteen.

Viilennyskäytössä laitteen kylmäainepiirissä oleva venttiili kääntyy automaattisesti vastakkaiseen asentoon kuin lämmityskäytössä, jolloin prosessi pyörii toiseen suuntaan tuloilmapatterin toimiessa höyrystimenä.

Järjestelmä hyödyntää lämpöä kahdessa vaiheessa. Ulkoilman lämmittäminen alkaa pyörivästä lämmönsiirtimestä jonka jälkeen ilma siirtyy poistoilmalämpöpumpun kautta taloon. Sekä poistoilmalämpöpumppu, että lämmönsiirrin ottavat talteen lämmön poistoilmasta ja siirtää sen sisäänpuhallettavaan ilmaan.

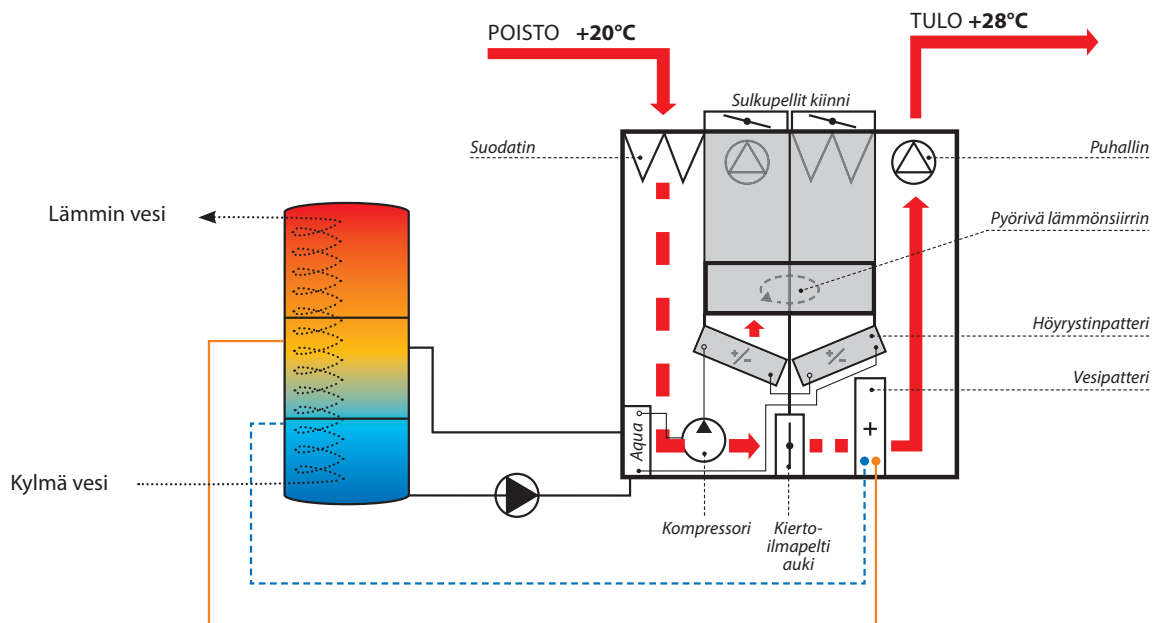
Pyörivän lämmönsiirtimen ja lämpöpumpun yhteistyön ansiosta jäteilma voidaan puhallaa ulos talosta jopa -20-asteisena. Koska lämpöpumppu käyttää lämmittämiseen jo valmiiksi lämmintä ilmaa, laitteen hyötysuhde on erinomainen.

Pyörivän lämmönsiirtimen takia huurtuminen ei ole ongelma eikä erillistä lisälämmitystä yleensä tarvita edes mukavuussyistä, vaikka ulkoilma olisikin -15 °C.



Pallas HP Aqua KI W  $q_v = 450 \text{ l/s}$ 

Tilanne: Syksy, talvi, kevät, kiertoilmatoiminto

**HUOM!**

Rakennuksen poistoilman on oltava vähintään  $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ , jotta lämpöpumppu pystyy toimimaan tehokkaasti. Poistoilmakanavaan tulee asentaa lisävarusteena saatava lämmityspatteri, mikäli poistoilman lämpötila jää alle  $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Suunnittelussa ja asennuksessa huomioon otettavaa**

Ilmanvaihtolaite mitoitetaan ja valitaan siten, että varmistetaan hyvä lämmitys- ja jäähdytysteho. Erityisesti jäähdytyskäytössä tämä merkitsee D2:n minimitasoa suurempaa ilmanvaihdon ilmavirtaa. Teho ja kanavat on mitoitettava jäähdytyskäytön perusteella.

Järjestelmä suunnitellaan ja toteutetaan siten, että lopputuloksena on tasapainoinen ja hiljainen ilmanvaihto niin perusilmanvaihdossa kuin jäähdytyskäytön tehostetussa ilmanvaihdossakin.

Mitoituksessa on otettava huomioon, että perusilmanvaihto toteutuu 50–60 % puhallinnopeudella ja viilennyksen tehostus 70–100 % puhallinnopeudella. Kanavisto suunnitellaan niin, että viilennystilanteessa käytettävä tehostusilmamäärä voidaan ajaa suuria kanavanopeuksia ja näistä aiheutuvia äänihaittoja välttämällä.

Päätelaite on valittava siten, että se toimii myös jäähdytyskäytössä.

Kanavat pitää eristää asianmukaisella tavalla. Eristyksen tärkeys korostuu, kun ilmanvaihtolaitteissa on viilennys.

**9.3****Enervent HP Aqua - Sisäänrakennettu poistoilmalämpöpumppu lämmittää vettä**

Etenkin kesällä jäähdytystilanteissa lämpöpumppuprosessissa syntyy hukkaenergiaa, jolle ei ole käyttöä ja joka ajetaan jäteilmän mukana ulos. HP Aqua hyödyntää tämän muutoin hukkaan joutuvan energian lämmönsiirtimen avulla energiapankkiin, varajaan. Sieltä se on käytettävissä tarpeen mukaan vesikiertoisessa lämmitys- tai jäähdytysjärjestelmässä tai käyttöveden lämmityksessä.

Poistoilmalämpöpumppu hyödyntää myös kosteuskuorman käsittelystä talteen saatavan energian. Suihku- ja saunailtojen tai ammattikohteissa tuotannosta syntyvän kosteuskuorman energia tallennetaan energiavaraajaan. Ratkaisu soveltuukin erinomaisesti paitsi asuintiloihin, myös teollisuuskohteisiin ja myymäläkiinteistöihin, joissa ajoittainen ilmanvaihdon kuivatuksen ja viilennyksen tarve on suuri. Kummastakin tapauksesta löytyy esimerkki luvusta 13.



Energiävällyä hyödyntämällä rakennuksen lämpökuormien ja energiankäytön hallinta onnistuu yhdellä järjestelmällä. Esimerkiksi **Enervent Pallas HP Aqua -kiertoilmalaite** on kehitetty huolehtimaan täydellisesti rakennuksen sisäilmastosta ja sen ohjaamisesta, lämmön talteenotosta, lämpimän veden tuottamisesta sekä vedenjäähdyttämisestä. Ensto Enerventin energiävälly kerää yhteen jokaisen suunnittelijan ja rakennuttajan unelman yksinkertaisesta ja varmatoimisesta kokonaisratkaisusta.

Energiävällyratkaisun hyödyntäminen onnistuu käytettäväksi kaiken kokoisissa rakennuksissa. Luvussa 13 löytyvät esimerkit niin teollisuusrakennuksesta (uudisrakennus), elintarvikeliikkeestä (saneeraus) kuin uudesta omakotitalostakin. Joustava järjestelmä muuntautuu tarpeiden mukaan. Omakotitalossa lämmityksen ja jäähdytyksen tarve riippuu rakennuksen energiatehokkuudesta, mutta lämmintä käyttövettä tarvitaan enemmän kuin vaikkapa elintarvikeliikkeessä.

Sisäilman kuivatuksen ja jäähdytyksen tarve tulee jatkossa kasvamaan myös asuinrakennuksissa. Elintarvikeliikkeissä energiatehokkuusvaatimukset edellyttävät kylmäkalusteiden ovittamista, mikä puolestaan nostaa sisäilman suhteellisen kosteuden liian suureksi erityisesti kesäaikana. Avoimet kylmäkalusteet ovat osaltaan huolehtineet sisäilman kuivatuksesta, mutta ovitetussa myymälässä asia on hoidettava ilmanvaihdon avulla.

Monissa tuotantolaitoksissa kosteutta syntyy myös varsinaisessa toiminnassa.

Energiatehokkaiden rakennusten jäähdytystarvetta voidaan vähentää paitsi arkkitehtonisin ja rakenteellisin, ns. passiivisin keinoin, myös huolehtimalla sisäilman kosteustasapainosta. Mitä suurempi suhteellinen ilmankosteus on, sitä tukalamman kuumalta se ihmisestä tuntuu. Pitämällä ilmankosteus sopivalla tasolla sisätilojen lämpötilaa voidaan pitää muutaman asteen korkeammalla sen tuntumatta ikävältä. Ilman kosteuden säätäminen on hyvä myös sisustusmateriaalien, kalusteiden ja talon rakenteiden toimivuuden kannalta.

Energiatohokkaassa rakennuksessa kertaalleen hankittu energia hyödynnetään mahdollisimman tarkkaan uudelleen, oli se sitten ostettua energiaa tai ilmaisenergiaa. Ilmaisenergiaa on esimerkiksi auringon säteilylämpö sekä kiinteistön käytöstä syntyvä lämpöenergia, joka on peräisin ihmisistä, kotieläimistä ja laitteista. Tämä ilmaisenergia kerryttää lämpökuormaa, joka aikaisemmin tuuletettiin hukkalämpönä ulos.

Toistaiseksi pesu- ja huuhteluveden mukana viemäriin joutuva lämpöenergia on vielä hukkaenergiaa, mutta **energiaväylää** hyödyntämällä kaikki muu lämpö- ja jäähdytysenergia voidaan ottaa talteen ja hyödyntää rakennuksen ja sen käytön kannalta kaikkien tehokkaimmalla ja taloudellisimmalla tavalla.

Lämpökuorma ja lämmöntarve eivät jakaannu rakennuksessa välttämättä tasaisesti. Talvisaikaan esimerkiksi lämmöntarve on suuri yöllä ja yllämpöä puolestaan syntyy vaikkapa toimistorakennuksissa erityisesti iltapäivällä, kun työntekijät ovat paikalla ja kaikki koneet päällä. Toisella puolella rakennusta lämpöä voi olla liian vähän ja toisaalla taas liikaa. Toisaalle ostetaan lisää energiaa ja toisaalla sitä heitetään hukkaan.

Ajatellaanpa vaikka tavanomaista omakotitaloa. Lämpimässä saunassa lämpöä voi olla liikaa, mutta perimmäisessä makuuhuoneessa liian vähän. Teollisuushallin perällä voi puolestaan olla työkoneista johtuvaa, jäähdytystä edellyttävää yllämpöä, kun toimistohuoneissa palellaan.

Ensto Enerventin energiaväylän avulla energiaa voidaan siirtää juuri sinne, missä siitä on puutetta. Ensin käytetään rakennuksen sisäiset energiakuormat hyödyksi ja ulkopuolista energiaa ostetaan vasta, kun siihen on todellinen tarve.

Energiaväylä välittää talteen otetun energian sinne, missä sitä tarvitaan ja milloin sitä tarvitaan. Talteen otettu lämpö- (ja kylmä-) energia talletetaan energiapankkiin, energiavaraajaan, josta se hyödynnetään tarpeen mukaan rakennuksen ilmanvaihdon lämmityksessä tai jäähdytyksessä sekä haluttaessa myös vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä tai käyttöveden tuottamisessa. Talteen otettu ja uudelleen käytettävä energia siirtyy automaattisesti sinne, missä sitä kulloinkin tarvitaan tai varastoituu energiavaraajaan myöhempää käyttöä varten.

# 10

## MIELLYTTÄVÄ JA ENERGIATEHOKAS ILMALÄMMITYS

Ilmalämmitys on kokenut uuden tulemisen rakentamisen energiatehokkuuden kasvamisen myötä. Passiivi- ja 0-energiataloissa vesikiertoisen lämmönjakojärjestelmän toteuttaminen on turhan raskas investointi, kun kaikki tai ainakin pääosa tilojen lämmitysenergiasta voidaan jakaa tuloilman mukana.

Tuloilman lämmitystä ohjataan huonetermostaatin avulla ja tuloilman lämpötila on talvella tyypillisesti +25–35 °C. Lämmönsäätö pystyy reagoimaan nopeasti lämpökuormiin, joten lämmönjakojärjestelmän hyötysuhde on erittäin korkea.

Vaikkakin ilmalämmityksen vuoksi lattialämmitysjärjestelmää tai vesikiertoisia pattereita ei välttämättä tarvitse asentaa, märkätiloihin tarvitaan kuitenkin lattialämmitys ja/tai kuivatuspatterit. Mukavuuslattialämmitys on hyvä asentaa myös laatoitettuihin tiloihin.

### 10.1 **Enervent Pingvin Kotilämpö**

1970-luvun energiakriisin myötä aikaisempaa huomattavasti tiiviimmiksi rakennettuihin omakotitaloihin tarvittiin toimiva ja yksinkertainen ilmanvaihtojärjestelmä. Ilmanvaihdon ja lämmityksen kätevästi yhdessä paketissa tarjoava ilmalämmitys oli oivallinen ratkaisu. Ilmalämmityksessä taloa lämmitetään nimensä mukaisesti huoneisiin ilmanakanavien kautta tuotavan lämpimän ilman avulla. Sokkelissa tai talon rakenteissa kulkevista ilmanakanavista lämmin ilma siirtyy huoneeseen lattian rajassa sijaitsevien ilmaritilöiden kautta. Menetelmä toimii hyvin: lattia pysyy lämpimänä ja lämmin ilma nousee fysiikan lakien mukaisesti ylös.

Alkuperäiset ilmalämpölaitteet olivat ilmanvaihto- ja kiertoilmalaitteen yhdistelmiä. Enervent Pingvin Kotilämpö kehitettiin korvaamaan aikanaan markkinoiden suosituin ilmalämpölaite Valmet Kotilämpö. Sillä voidaan toki korvata myös muut käytössä olevan vanhat ilmalämpölaitteet. Modernissa versiossa on mukana myös huomattavasti tehokkaampi lämmön talteenotto, jonka ansiosta järjestelmä on huomattavasti energiatehokkaampi. Tehokkaammin toimivan ja monipuolisesti säädettävän ilmanvaihdon kautta myös asumismukavuus paranee.

Vanhan Valmet Kotilämpö-laitteen tilalle vaihdetaan saman kokoinen Pingvin Kotilämpö. Nykyisin ei suositella liesituulettimen yhdistämistä ilmanvaihto-/ilmalämmityslaitteeseen, joten liesituuletin vaihdetaan ja sille tehdään oma kanava katon läpi.

Pingvin Kotilämpö on saman kokoinen kuin vanha Valmetin ilmalämpölaite, mutta kuorensa alla täysin moderni kapine. Siinä on energiatehokkaat tasavirtapuhaltimet ja tehokas lämmön talteenotto. Vanhan laitteen ristivirtalämmönsiirtimen sijaan Pingvin Kotilämmössä on Enerventin ilmanvaihtolaitteista tuttu pyörivä lämmönsiirrin, jolla on yli 70 prosentin vuosihyötysuhde.

Pingvin Kotilämpö-laitteessa on Enerventin ilmanvaihtolaitteista tuttu MD-automaatiikka. Siitä voi lukea enemmän luvusta 7.2.





## 10.2 Osittainen lämmitys Enervent MDX – järjestelmällä

MDX on ilmanvaihdon jälkilämmitykseen ja -viilennykseen integroitu ilmalämpöpumppu. Enervent-laitteisiin integroitu ilmalämpöpumppu toimii energiatehokkaana lämmönlähteenä. Lämmityskaudella laitteiden pyörivä lämmönsiirrin ottaa poistoilmasta talteen jopa 80 % lämpöenergiasta, joka siirtyy ilmanvaihtokanavistoa pitkin takaisin sisäilman lämmitykseen.

MDX on tehokkaimman mekaanisen energian talteenoton, eli pyörivän lämmönsiirtimen ja tasavirtakompressorikäyttöisen lämpöpumpun yhdistelmä. Talviaikainen lisälämmityksen tarve hoidetaan tehokkaalla lämpöpumpulla. Tavanomaisissa rakennuksissa tarvitaan myös muita lämmönlähteitä. MDX toimii hyvin kaikkien lämmönlähteiden ja lämmitysmuotojen kanssa.

Pakkasella MDX-järjestelmä ottaa talteen kosteutta poistoilmasta pyörivän lämmönsiirtimen avulla. Järjestelmä voidaan asentaa niin uudisrakennukseen kuin saneerauskohteeseenkin. Energiataloudellisin ratkaisu saadaan käyttämällä järjestelmää matalaenergia- ja passiivitaloissa.

Kaikissa MDX-järjestelmissä on tasavirtakompressorit ja niissä käytetään R410A-kylmäainetta energiatalouden maksimoimiseksi. MDX voidaan asentaa useimpiin Enervent ilmanvaihtolaiterunkoihin. Ilmanvaihtolaitteen sisälle tai tuloilmakanavaan asennetaan höyrystinpatteri ja rakennuksen ulkopuolelle ulkoilmayksikkö.



## 10.3 Osittainen lämmitys Enervent HP eAirilla

Enervent HP eAirissa on sisäänrakennettu poistoilmalämpöpumppu. Yhdessä pyörivän lämmönsiirtimen kanssa poistoilmalämpöpumppu ottaa talteen kaiken lämpöenergian ulospuhallettavasta ilmasta ja luovuttaa sen takaisin tilojen lämmitykseen.

Enervent HP -järjestelmä sopii niin uudis- kuin korjausrakentamiseenkin. Koska laitteessa ei ole erillistä ulkoyksikköä, se sopii myös rakennuskohteisiin, joissa julkisivumääräykset rajoittavat ulkoyksiköiden asennusta.

Yhdistelmälaite säästää asennuskustannuksissa. Ilma jakautuu tasaisesti, kun erillisiä sisäänpuhallusyksiköitä ei tarvita. Järjestelmässä on kaksinkertainen lämmön talteenotto. Se sopii käytettäväksi kaikkien lämmitysjärjestelmien rinnalla.

Energiatehokkaimmin järjestelmä toimii, jos siihen on suunniteltu huonekohtainen termostaattiohjattu lämpötilansäätö. Ilmanvaihtolaite esilämmittää tuloilman ja lopullisesta huonekohtaisesta lämpötilan säädöstä huolehtii lämmitysvastuksella varustettu päätte-laite. Lämmittävä tuloilmalaite nostaa esilämmitetyn tuloilman lämpötilan +35–38 °C:sta huoneen lämmöntarpeen mukaan jopa +45 °C:een, kun ilmavirta on 10 l/s.

## 10.4

### Laitteen mitoitus ja valinta ilmalämmityksessä

Ilmalämmitysjärjestelmän suunnittelu aloitetaan määrittelemällä normaalin ilmanvaihdon tarvitsemat tulo- ja poistoilmavirrat huonetiloihin.

Jos ilmalämmitys on päälämmitysmuoto, jokaiseen lämmitettävään huoneeseen (paitsi märkätilat ja wc:t) tulisi suunnitella tuloilmapäätelaite.

Jos märkätiloihin suunnitellaan tuloilma, sen tulee olla poistoilmamäärää huomattavasti pienempi. Näin estetään ilman kulkeutuminen siirtoilmana märkätiloista oleskelutiloihin. Myös kodinhoitohuoneeseen voidaan sijoittaa tuloilmaventtiili, mikäli ilmamäärä jää alle poistoilmamäärän. Siihen voidaan laskea myös vieressä olevien, vain poistoilmaventtiileillä varustettujen tilojen poistoilmamäärät.

Asunto tulisi suunnitella aina hieman alipaineiseksi. Sopiva alipaine saavutetaan, kun poistoilmavirta on 3-5 prosenttia suurempi kuin tuloilmavirta. Talon tiiveys pienentää alipaineen tarvetta. Korjausrakentamisessa kun talo on epätiivis, voidaan käyttää 10 % suurempaa poistoilmavirtaa.

#### Esimerkki talon ilmalämmityksen mitoituksesta

Huonekohtaiset lämmitystehontarpeet (johtuminen + vuotoilma + korvausilma + ilmanvaihto) lasketaan D5:n mukaan. Kokonaistehoon lasketaan mukaan myös jälkilämmityspatterin teho normaalin ilmanvaihdon tuloilmamäärän mukaan niin, että laskennassa käytetään pyörivän lämmönsiirtimen jälkeistä tuloilman lämpötilaa.

#### Esimerkki mitoitustehon tarpeen laskennasta

Mitoitustehon tarve on esimerkkitapauksessa noin 2,0 kW, eli passiivitalo kuluttaa tämän verran lämpöenergiaa kun ulkolämpötila on  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ulkoilman lämpötilana käytetään  $-10$  astetta, koska tuossa lämpötilassa lämpöpumppu pystyy vielä kattamaan suuren osan talon energian tarpeesta. Helsingissä esiintyy alle  $-10$  asteen lämpötiloja vain noin 5 % vuodesta, joka vastaa noin 18 päivää vuodessa. Esimerkkitalomme pinta-ala on  $100\text{ m}^2$ . Ilmastointilaitteena käytetään ulkoilmalämpöpumpumallia (MDX).

#### Täys- vai osateho?

Tässä vaiheessa voidaan valita mitoitetaanko ilmalämmitysjärjestelmän teho täysteholle vai osateholle. Ilmalämmitysjärjestelmä kattaa vuositasolla 75 prosenttia lämmitysenergian tarpeesta (D5), jos ulkoilmalämpöpumpulla varustetun ilmalämmitysjärjestelmän nimellisteho on 50 %:a tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarpeesta. Tehon tarpeen perusteella voidaan valita alustavasti ilmamäärät ja ilmavaihtolaite tehokäyrien mukaan.

Ulkoilmalämpöpumppuun yhdistettyjen järjestelmien suunnittelussa tulee ottaa huomioon, että ulkoyksikkö kytketään pois käytöstä  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  kylmemmissä lämpötiloissa. Laitteissa on vakiovarusteena sähköinen lisälämmitin huippupakkasia varten.

Esimerkitapauksen laskennallinen kokonaistehon tarve  $-10\text{ °C}$ :ssa on  $2,0\text{ kW}$ .

Koska ilmalämmitys lämmittää vain niitä tiloja joihin ilmaa tuodaan, on mielekästä tutkia näiden tilojen lämmitystehontarvetta. Kohteessamme tuloilmapäätelaitteilla varustettujen tilojen lämmitystehontarve on  $1,75\text{ kW}$ . Tehontarpeessa on otettu huomioon ilmanvaihdon jälkilämmityksen tehontarve.

Laitteen valinnassa käytetään tehoa  $1,75\text{ kW}$ , mikäli laitteisto halutaan mitoittaa täysteholle. Esimerkitapauksessa laitteisto halutaan mitoittaa osateholle, joka on  $50\%$  mitoistustehosta. Tällöin nimellistehoksi valitaan  $2,0\text{ kW} \cdot 0,5 = 1,0\text{ kW}$ .

Esimerkitapauksemme osatehon tarve on  $1,0\text{ kW}$  ja ilmaa tulee tuoda lämmitystarkoituksessa  $1\text{--}3\text{ l/s/m}^2$ , näillä reunaehdoilla aloitetaan mitoitus. Sopivan laitteen valintaan käytetään Enervent Energy Optimizer -mitoitusohjelmaa. Optimizerin lisämitoitusarvot kohtaan syötetään haluttu nimellisteholämpötila-arvo (tässä tapauksessa  $-10$  astetta) ja ilmavirta kohtaan arvioidaan ilmamäärä, jolla lisälämpöä halutaan rakennukseen tuoda. Tulokset kohdasta nähdään, paljonko laite tuottaa lämpöä kullakin edellä mainitulla arvolla.

Pandion MDX-E:llä on hyvä suoritusarvo ilmamäärällä  $100\text{ l/s}$  ja lämpöpumppu tuottaa  $-20$  asteessa lämpöä  $2,3\text{ kW}$  (lämmön talteenoton jälkeen verrattuna sisäänpuhalus-lämpötilaan). Tiloja lämmittävää yllämpöä laite tuottaa

$$\begin{aligned} \dot{Q}_i &= \rho_i \times C_{pi} \times q_{iv} \times \Delta T \\ &= 1 \times 1,2 \times 100 \times (31,4 - 21) = 1,25 \text{ kW} \end{aligned}$$

### Lämpöpumpun nimellistehon laskenta

Lämpöpumpun nimellisteho ilmoitetaan ulkoilman lämpötilalla  $+7\text{ °C}$ .

Lämpötila on lämmön talteenoton jälkeen noin  $+18\text{ °C}$  astetta ja lämpöpumpun höyrystinpatterin jälkeen  $+33$  astetta. Tarkan lämpötilan saa laskettua Energy Optimizer -ohjelmalla.

Esimerkitapauksen lämmitystilanteen kokonaisilmamäärät ovat  $1,5$ -kertaiset normaali-ilmamääriin nähden.

Tulevan ilman lämpötila on Energy Optimizer -ohjelman mukaan  $+31,4\text{ °C}$ , kun ulkoilman lämpötila on  $-10\text{ °C}$  ja sisäilman lämpötila on  $+21\text{ °C}$ .

Tuolloin lämpötilaero ( $\Delta T$ ) on  $31,4 - 21\text{ °C} = 10,4\text{ °C}$ .

Lämpötilaeron perusteella huoneisiin tuleva lämmitysteho (yllämpö) lasketaan kaavalla:

$$\dot{Q}_i = \rho_i \times C_{pi} \times q_{iv} \times \Delta T$$

$$Q = \rho_i \times C_{pi} \times q_v \times \Delta T$$

$$\rho_i = \text{ilmantiheys } 1 \text{ kg/m}^3$$

$$C_{pi} = \text{ilman ominaislämpökapasiteetti } 1,2 \text{ kJ/kgC}$$

$$q_v = \text{ilmanmäärä, l/s}$$

$$\Delta T = \text{lämpötilaero } (22\text{ °C} - 13\text{ °C})$$

Ilmamäärät määritellään huoneisiin tehontarpeen perusteella siten, että vaadittavat minimi-ilmamäärät täyttyvät jokaisessa huoneessa. Ilmamäärät määritellään huoneiden tehontarpeiden perusteella esimerkiksi niin, että kokonaisilmamäärä kerrotaan huoneiden tehontarpeen ja kokonaistehon tarpeen suhteella.

**Esim:**

Makuuhuoneen tehontarve: 350 W

Tarvittava ilmamäärä on tällöin

$$q_v = Q / \rho_i \times C_{pi} \times \Delta T$$

$$\Rightarrow 350 \text{ W} / 1,2 \times 1 \times 10,4 = 28 \text{ l/s}$$

Joissain tapauksissa laskettu ilmamäärä saattaa alittaa tarvittavan minimi-ilmamäärän. Tällöin lopullisia ilmamääriä suunniteltaessa täytyy näiden huoneiden ilmamäärät nostaa minimitasolle ja pienentää muiden huoneiden ilmamääriä siten, että päästään haluttuun kokonaisilmamäärään.

Tehontarpeen laskelmat voidaan tarvittaessa päivittää, kun suunnitellut ilmamäärät on päätetty. Ilmamäärien kasvattaminen vaikuttaa aina jonkin verran tehontarpeisiin ja siten myös E-lukuun. Esimerkkitalon mitoitustehontarve on päivitettyillä ilmamäärillä (tulo +100 l/s ja poisto -103 l/s) 2,0 kW.

Tässä vaiheessa voidaan pienentää tai suurentaa joidenkin tilojen ilmamääriä ja kokonaisilmamäärää, kunhan varmistetaan, että D2:n mukaiset minimiulkoilmamäärän vaatimukset täyttyvät. Vastaavasti myös tilakohtaista lämmitystehontarvetta voidaan vähentää esimerkiksi rakenteellisilla muutoksilla. Valintoja tarkennetaan, kun halutut muutokset on tehty.

Vaikka joidenkin tilojen lämmitystehot olisivatkin hieman tehontarpeita suuremmat, voidaan olettaa, että lämpö kulkeutuu ilman mukana muihin tiloihin.

### Vaikutus E-lukuun

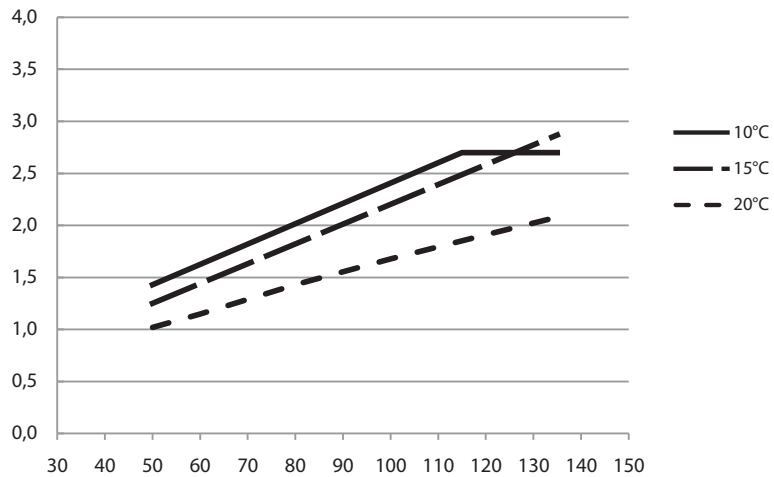
Rakennuksen lämmitysenergian tarve lasketaan tavanomaiseen tapaan. Lämmitysenergian tarpeeseen tulee laskea mukaan myös jälkilämmityksenenergian tarve, mikäli laitetta käytetään myös tuloilman lämmittämiseen. D3:n mukaan kiinteästi ilmanvaihto- tai lämmitysjärjestelmän osana toimivien ilma-ilmalämpöpumppujen tuottama lämmitysenergia voidaan ottaa täysimääräisesti huomioon.

D5:n mukaan ilma-ilmalämpöpumpun tuottama osuus tilojen lämpöenergian tarpeesta (QLP / Q lämmitys, tilat, lkv) lasketaan suhteellisen lämpötehon funktiona ( $\varnothing LP_n / \varnothing \text{tila}$ ) eri säävyöhykkeillä. Lämpöpumpun nimellisteho ( $\varnothing LP_n$ ) annetaan toimintapisteessä  $T_{ulko} / T_{sisä} + 7 / 20$  °C. SPF-arvona käytetään 2,8, jollei muuta ole ilmoitettu.

Lämpöpumpun nimellisteho voidaan katsoa tehokäyristä kohdasta ulkoilman lämpötila +7 °C tai laskea Energy Optimizer-ohjelmalla. D5:n taulukosta 6.10 saadaan tuotto-osuudet ilma-ilmalämpöpumpuille.



### Pandion EDX lämmitys



### Päätelaitteiden valinta

Tuloilmapäätelaitteiden valintaan tulee kiinnittää erityistä huomiota ilmalämmitys/-viilennysjärjestelmää suunniteltaessa. Tuloilmapäätelaitteiden valinnassa ja sijoittelussa on otettava huomioon sekä jäähdytys- että lämmitystilanteet heittokuvioiden, äänien ja vedon osalta. Tuloilmapäätelaitteiksi suositellaan tehokkaasti ilmaa sekoittavia laitteita. Sekoittavilla päätelaitteilla lämpötila pysyy tasaisena ja vedon riski pienenee. Tehokkaasti huoneilmaa tuloilmaan sekoittavilla päätelaitteilla tuloilma voidaan puhaltua huoneeseen seinän yläosasta tai katosta.

Poisto- ja kiertoilmapäätelaitteiden tulisi olla sellaiset, joiden likaantuminen ei huomattavissa määrin pienennä ilmamääriä. Niiden tulisi olla myös helposti puhdistettavissa.

Päätelaitteiden toiminta tulee varmistaa koko ilmavirta-alueella (lämmitys-, jäähdytys- ja normaali ilmanvaihto). Maksimi-ilmamäärät ja päätelaitteet valitaan niin, että myös viilennystilanteessa vältytään ääni- ja virtausongelmilta. Ilmavirran kaksinkertaistuu paine-ero nelinkertaistuu ja äänitaso nousee.

### Kanaviston suunnittelu

Kanavien ja kanavaosien koot valitaan aina maksimi-ilmamäärien mukaan, jotka määräytyvät lämmitys- tai jäähdytystehontarpeiden perusteella.

Kanavisto tulisi mitoittaa mahdollisimman lyhyeksi ja helposti huollettavaksi. Ilman nopeuden ei tulisi ylittää 3 m/s, jotta painehäviöt ja äänitaso pysyisi hallinnassa.

Tulo- ja poistoilmakanavat vaativat aina äänenvaimentimet. Äänenvaimentimet tulisi valita huolellisesti huomioiden puhallinäänet kanavistoon sekä huoneilojen suurimmat sallitut äänitasot. Myös kanaviston mitoituksessa ja päätelaitteiden valinnassa tulee ottaa huomioon äänitasot. Suunnittelussa tulee huomioida myös huoneilojen väliset äänieristysvaatimukset. Ovirako siirtoilmareittinä huonontaa oven ääneneristävyttä. Suljettua ovea vastaava ääneneristävyys voidaan saada aikaan äänenvaimennetulla siirtoilmalaitteella.

### Kanavien eristäminen

Ilmanvaihtokanavat tulee eristää niin, että ne eivät kondensoi vettä kanavan ulko- tai sisäpinnalle missään tilanteessa. Ilma ei myöskään saa lämmitä tai viilentä liikaa kanavistossa. Eristys mitoitetaan tapauskohtaisesti kanavien sijoittelun ja lämpöilojen mukaan. Eristyksiä mitoitettaessa on huomioitava, että jäteilmakanavassa ilman lämpötila voi olla reilusti pakkasen puolella. Jäteilman lämpötila eri ulkolämpötiloissa voidaan laskea Enervent Optimizer-mitointusohjelmalla. Myös eristevalmistajan mitointusohjelmia voidaan käyttää eristepaksuuksien määrittelyssä.

**Tuloilmakanavan eristys** ilmanvaihtolaitteelta päätelaitteelle on suunniteltava ja toteutettava siten että virtaavan ilman lämpötilan muutos kanavassa on maksimissaan 1 °C.

**Poistoilmakanavan eristys** päätelaitteelta ilmanvaihtolaitteelle on suunniteltava ja toteutettava siten että virtaavan ilman lämpötilan muutos kanavassa on maksimissaan 1°C.

## Esimerkkejä ilmanvaihtokanavien eristyksistä

### Ulkoilmakanava (raitisilmakanava)

Kylmä tila: 100 mm levy-, matto- tai kourueristettä (näiden lisäksi mahdollinen puhallusvilla).

Lämmin/puolilämmin tila\*):

**Vaihtoehto 1:** 80 mm eristys höyrynsulkutiivillä ulkopinnalla

**Vaihtoehto 2:** 20 mm solukumieristys kanavan pinnalla ja 50 mm eristys höyrytiivillä ulkopinnalla. Eristyksen tulee estää vesihöyryn kondensoituminen kanavan ulkopintaan sekä kesällä ilman liiallinen lämpeneminen.

### Jäteilmakanava

Kylmä tila: 100 mm levy-, matto- tai kourueristettä

Lämmin/puolilämmin tila:

**Vaihtoehto 1:** 80 mm eristys höyrynsulkutiivillä ulkopinnalla

**Vaihtoehto 2:** 20 mm solukumieristys kanavan pinnalla ja 50 mm eristys höyrytiivillä ulkopinnalla.

Eristyksen tulee estää vesihöyryn kondensoituminen kanavan ulko- ja sisäpintaan

*\* Puolilämmin tila tarkoittaa myös esimerkiksi alaslaskettua kattoa, välipohjaa tai koteloa.*





# 11

## ENERVENT CHG – ILMANVAIHDON ESILÄMMITYS JA -JÄÄHDYTYS



CHG (*Cooling/Heating Geo*) on ilmanvaihtolaitteen raitisilmakanavaan asennettava, erilliseen tai nestelämmönsiirtimen kautta maalämpöpumpun maapiiriin kytkettävä lamellipatteri, joka voi käytöstä riippuen toimia sekä ilmanvaihtojärjestelmän **esiviilennys- että esilämmityspatterina**. Se sopii erinomaisesti minkä tahansa lämmitysjärjestelmän tukijärjestelmäksi.

Maapiirin neste lämmittää patteria talvella ja viilentää kesällä. Nesteenä CHG-piirissä on yleensä vesi-glykoliseos (esim. Dowcal 10) tai etanoliliuos.

CHG-patteri auttaa säästämään energiaa, sillä se alentaa ilmanvaihdon lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutusta merkittävästi hyödyntäessään ostoenergian sijaan ilmaista energiaa. Se tasoittaa talven ja kesän ulkoilmalämpötilapiikit ja siten mahdollistaa pienemmät lämmitys- ja jäähdytystehot ilmanvaihtolaitteessa. Sen ansiosta ilmanvaihtolaitetta ei tarvitse mitoittaa ääriämpötiloja varten, mikä säästää niin energiaa kuin rahaakin investointivaiheessa.

CHG-patteri parantaa ilmanvaihtojärjestelmän toimintavarmuutta vähentäessään riskiä toimintahäiriöihin ääriämpötiloissa kylmäpiikkien ja hellejaksojen aikana. Se vähentää myös ilmanvaihtolaitteen sulatustarvetta ja tietenkin myös sulatusenergiantarvetta merkittävästi.

Jos ilmanvaihtolaitteessa ei ole muita jäähdytyslaitteita, CHG-patteri mahdollistaa joka tapauksessa jonkin tasaisen tuloilman viilennyksen kesällä.

CHG-patterissa oleva ilmasuodatin (G3 karkeasuodatin) pidentää laitteessa olevan raitisilmasuodattimen vaihtoväliä jonkun verran.

### Suunnittelussa ja asennuksessa huomioon otettavaa

Ilmanvaihdon esiviilennys voidaan toteuttaa kaikkiin kohteisiin joissa on koneellinen tulo-/poistoilmanvaihto ja mahdollisuus maapiiriin asennukseen. Talon lämmitysmuoto ei vaikuta asennukseen. Järjestelmän asennus onnistuu siis hyvin vanhaankin taloon.

Suunnittelijan tulee mitoittaa sopiva keruupiiri sekä tarvittavat järjestelmän osat, kuten kiertovesipumppu, sulkuventtiilit, paineastiat yms. järjestelmän tietojen (paineet, virtaukset) perusteella. Hän valitsee myös maalämpökohteisiin sopivan nestelämmönsiirtimen maapiiriin ja patteripiiriin välille.

Maa- tai esiviilennyspatteri voidaan kytkeä erikseen sitä varten rakennettuun, yleensä  $\varnothing 40$  mm:n muoviputkesta rakennettuun keruupiiriin. Keruupiiri kaivetaan noin metrin syvyydelle maahan ja asennetaan silmukoille siten, että putkien väli on vähintään 1,5 m. Yhteensä keruupiirin pituus pitäisi olla 150-200 m. Oikean keruupiiriin sijoitusyvyuden määrittämiseksi on tarkistettava routasyvyys alueella.

Keruupiiriin asennus kannattaa ajoittaa esimerkiksi piharemontin yhteyteen, sillä maata joudutaan avaamaan suurelta alueelta. Mitä kosteampi maaperä, sitä tehokkaampi esilämmitys on. Vesipitoinen maa varaa tehokkaammin lämpöä, minkä vuoksi kostea savimaa on energiatehokkuuden kannalta paras ja kuiva hiekkamaa heikoin maalaji.

## Tekniset tiedot

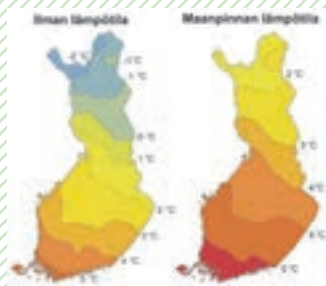
### Patterivalikoima ja toimituksen sisältö

CHG-paketti	CHG 200	CHG 250	CHG 400
Patterityyppi	VEAB CWK 200-3-2,5-L/R	VEAB CWK 250-3-2,5-L/R	VEAB CWK 400-3-2,5-L/R
CHG-paketin tuotekoodi	L: K930040501V (vasenkätinen) R: K930040501 (oikeakätinen)	L: K930040502V (vasenkätinen) R: K930040502 (oikeakätinen)	L: K930040503V (vasenkätinen) R: K930040503 (oikeakätinen)
Soveltuu Enervent-laitteisiin (HUOM! Isompia pattereita voi käyttää myös pienempiin laitteisiin)	Plaza, Pingvin, Pingvin XL, Pandion, LTR-2, LTR-3	Pelican, LTR-6	Pegasos, LTR-7
Patterin kanavaliitännäkoko	Ø 200 mm	Ø 250 mm	Ø 400 mm
Patterin ulkomitat sekä paino kuivana/nesteellä	P 395 x K 330 x S 415 mm, 10/11 kg	P 395 x K 405 x S 491 mm, 12/13,5 kg	P 450 x K 529 x S 715 mm, 22/24,7 kg
Suodatin (tasosuodatin)	1 kpl, suodatusluokka G3 379 x 296 x 13 mm Varasuodatinpaketti sis. 6 kpl suodatinpalaa (ei ritilää)	1 kpl, suodatusluokka G3 454 x 372 x 13 mm Varasuodatinpaketti sis. 6 kpl suodatinpalaa (ei ritilää)	1 kpl, suodatusluokka G3 679 x 472 x 13 mm Varasuodatinpaketti sis. 6 kpl suodatinpalaa (ei ritilää)
Nesteputkien liitännät Kondenssivesiliitännät (alipaine)	22 mm ½", varustettava vesilukolla	22 mm ½", varustettava vesilukolla	22 mm ½", varustettava vesilukolla
Venttiili ja toimilaite	Belimo "R313"(R3015-4-S1), 3-tie, kvs 4, DN 15 TR24-SR, 0-10V	Belimo "R317"(R3020-4-S2),3- tie, kvs 4, DN 20 HRYD24-SR, 0-10V	Belimo "R322"(R3025-6P3-S2), 3-tie, kvs 6,3, DN 25 HRYD24-SR, 0-10V
Lisälämpötila-anturi ulkoilmaan Enervent MD-laitteisiin	1 kpl 5 m anturi	1 kpl 5 m anturi	1 kpl 5 m anturi

## Maapiiristä tai energia-kaivosta

Enemmistö uusista maalämpöpumpputjärjestelmistä ottaa energiansa energiakaivosta. Energiakaivo on hintavampi, mutta usein toimivampi ratkaisu myös CHG-patterin energiantarpeisiin, erityisesti vanhassa rakennuksessa. Energiakaivo voidaan porata aiheuttamatta merkittävää vahinkoa valmiille pihalle. Maapiiri on kuitenkin hyvä ratkaisu erityisesti silloin, kun pihapiiriä muutenkin uusitaan.

Keruupiirissä on yleensä 40 mm keruuputkea, jossa kiertää jääty-mätön keruuliuos, yleensä etanoliliuos ja se kaivetaan mahdollisimman syvälle, mutta ainakin 1–2 metrin syvyydelle maahan. Putkea tarvitaan yhteensä 150–200 m. Silmukoille siten, että putkien väli on vähintään 1,5 m. Vesipitoinen maa varaa tehokkaimmin lämpöä, joten kostea savimaa on paras.



Maanpinnan lämpötilat Suomessa.  
Kuva: Geologian tutkimuskeskus.  
Lähde: GTK, Niina Leppäharju

Maa- tai esiviilennyspatterin voi kytkeä myös maalämpöpumpun maapiiriin. Patterille tarvitaan oma liuospiirinsä, joka erotetaan lämpökaivon liuospiiristä neste-lämmönsiirtimellä. Maapiirissä ja patteripiirissä kiertää siis eri liuos. Patteripiirin neste on yleensä vesi-glykoliseos (esimerkiksi Dowcal 10) tai etanoliliuos. Nestepiirin nesteen jääytymisestä valitaan paikkakunnan pakkastason perusteella. Gykolipitoisuuden on oltava Etelä-Suomessa vähintään 35–40 % ja Pohjois-Suomessa vähintään 45–50 %.

CHG-patterissa on aina erillinen pumppu. Pumppu tulee mitoittaa siten, että se jaksaa pyörittää liuosta kunnolla. Pumpun mitoitukseen vaikuttavat putkiston pituus sekä patterin ja venttiilien painehäviöt.

Parhaiten mitoitus onnistuu laskenta- ja mitoitusohjelmassa. Mikäli halutaan käyttää peukalosääntöjä, voidaan laskea seuraavasti: Painehäviö  $\varnothing$  40 mm:n keruuputkistossa on 0,05 kPa/m ja patterissa ja venttiilissä 25 kPa. Esimerkiksi kun keruuputkisto on 200 m pitkä, painehäviö pumpun mitoittamiseen on tällöin  $200 \text{ m} \times 0,05 \text{ kPa/m} = 10 \text{ kPa} + 25 \text{ kPa} = 35 \text{ kPa}$ , eli pumpun nostokorkeus mitoitetaan siten, että optimipiste saavutetaan kun  $h = 3,5$  metriä

Maa- ja esiviilennyspatteri ja -putkisto on aina eristettävä, myös esiviilennyspatterin ja ilmanvaihtolaitteen välisellä ulkoilmakanavaosuudella. Myös ilmanvaihtojärjestelmän tuloilmakanavat on ehdottomasti eristettävä.

Kesällä viileäpatteri poistaa ilmasta runsaasti kosteutta, joten viemärointi ja vesilukko on ehdottomasti kytkettävä. Vesilukko sijoitetaan lämpimään tilaan.

Patteri on asennettava vaakasuuntaan ja siihen on tehtävä pieni kallistus kondenssiveden poistoa varten. Pattereita valmistetaan sekä vasen- että oikeakätisinä. Huoltoluukku on suunnattava sivulle. Patterille on päästävä helposti suodatinvaihtoja ja huoltoa varten.

## Ohjauksen automatiikka

CHG-patteria ohjataan MD-automatiikalla. Toiminto aktivoidaan eAir-ohjauspaneelin avulla. CHG-toiminnolla on omat asetusparametrisnsä eAir-ohjauspaneelissa. CHG-toiminto edellyttää lisälämpötila-anturin asentamista ulkoilmakanavaan ennen CHG-patteria.

Automatiikka käynnistää CHG -piirin kiertovesipumpun ja ohjaa patterin 3-tieventtiilin täyteen toimintaan, jos ulkoilmalämpötila alittaa esiasetetun arvon (tehdasasetus +5 °C) ja pysähdyttää toiminnon, kun ulkolämpötila ylittää esiasetetun raja-arvon (tehdasasetus 1 °C).





# 12

## SUUNNITTELUN SUDENKUOPAT

Kuten oppaan lukijalle on tähän mennessä varmastikin jo selvinnyt – ellei se nyt ole ollut itsestään selvää jo alunperinkin – optimaalisen sisäilmaston suunnittelu ei ole ollenkaan yksinkertaista puuhaa. Mahdotonta se ei tietenkään ole. Ammattitaitoinen suunnittelija kykenee tehtävään huolellisesti paneutumalla saavuttamaan aina oivallisia tuloksia.

Virheitä kuitenkin tehdään ja ongelmia ilmenee. Esittelemme ohessa muutamia ongelmakohtia, joiden kanssa on syytä olla tarkkana.

### 12.1 **Korvausilmat**

**Ongelma:** *Puut eivät syty takassa. Ilmanvaihtolaite jäätyy pakkasella.*

Tulisijoille, puulämmitteille kiukaille ja liesituulettimille on järjestettävä oma tai omat korvausilmälähteensä. Erityisesti energiatehokkaissa taloissa tulisijalle on syytä asentaa omalla korvausilmakanavalla varustettu savuhorminsa. Näin tulisija saa aina riittävästi paloilmaa suoraan ulkoa. Näin takan lämmittäminen ei häiritse ilmanvaihtolaitteen toimintaa ja samalla talon energiatehokkuus paranee.

Jos tulisijalla ei ole omaa korvausilmakanavaansa, se ottaa ilman mistä tahansa sen helpoimmin saa. Tiiviissä talossa korvausilma otetaan ilmanvaihtokanavien ja ilmanvaihtolaitteen läpi. Pyörivä lämmönsiirrin vaatii toimiakseen pakkaskeleillä riittävästi lämmintä poistoilmaa suhteessa laitteelle tulevaan kylmään ulkoilmaan. Muutoin vaarana on ilmanvaihtolaitteen jäätyminen.

### 12.2 **Huoneiden äänitasot**

**Ongelma:** *Ilmanvaihdon aiheuttama melu ärsyttää ja pitää hereillä.*

D2 antaa maksimiohjearvot ilmanvaihtojärjestelmän äänitasolle. Ohjearvoja ei saa ylittää myöskään ilmanvaihdon tehostustilanteissa.

Ääni kulkee ovirakojen kautta tilasta toiseen, ellei sitä estetä, esimerkiksi desibelioivin. Meluhaittoja voi aiheutua myös runkoäänistä. Niiden eteneminen on estettävä ilmanvaihtolaitteen ja kanaviston huolellisella kiinnityksellä.

Ilmanvaihtolaitetta ei pitäisi asentaa lähelle makuuhuonetta.



### 12.3

#### **Tehostusvara**

**Ongelma:** *Ilma ei enää riitäkään, kun anoppi ja appi muuttivat alakertaan.*

Ilmanvaihdon suunnittelussa on otettava huomioon talon koko elinkaaren aikaiset käyttötarpeet ja muutokset asukasmäärissä. Kanavakoot on määriteltävä siten, että ilmanvaihtoa on varaa tehostaa. Tällä vältytään tilanteilta joissa ilmanvaihdon määrää on tarvetta kasvattaa, mutta esimerkiksi liian korkealle nousevat äänitasot estävät sen toteuttamisen käytännössä.

### 12.4

#### **Kosteuden hallinta**

**Ongelma:** *Vesi valuu ikkunoista saunapäivinä. Löylyt häipyvät taivaan tuuliin.*

Rakentamismääräyskokoelman antamat ohjearvot ilmavirroille eivät ota riittävästi huomioon kosteustasojen hetkellisiä muutoksia asunnoissa. Saunominen, suihkussa käynti ja kylpeminen aiheuttavat hetkellisesti erittäin suuria kosteuskuormia, jotka ilmanvaihtojärjestelmän tulisi pystyä hallitusti poistamaan. Ohjearvojen mukainen toiminta ei välttämättä siihen riitä. Paras tapa on suunnitella kosteuskuorman hallinta automaattisena ilmanvaihdon tehostumisena.

Jos ilmanvaihtolaite joudutaan asentamaan kosteaan tilaan, kondenssiveden hallinta on mietittävä tarkkaan. Jos vettä kondensoituu kaakeliseinäin, kondensoituu sitä varmasti myös ilmanvaihtolaitteen metallikuoreen. Laitetta ei pitäisi sijoittaa kosteutta huonosti sietävien kaappien ja hyllykköjen sisälle tai yläpuolelle. Myös asentamista pesu-, kylpy- tai kodinhoitohuoneen alas lasketun katon sisään tulisi välttää.

Saunan ilmanvaihdon suunnittelu on oma taiteenlajinsa. Lauteiden alla on aina oltava kiinteä poistoilmaventtiili. Jos saunan kattoon halutaan poistoilmaventtiili, se on oltava suljettavaa mallia. Kun saunottaessa pidetään katossa oleva poistoilmaventtiili kiinni, kiukaalta nouseva kostea löylyhöyry ei kulkeudu suoraan ilmanvaihtokanavaan ja sitä kautta ilmanvaihtolaitteeseen. Näin löylyt kestävät pidempään ja ilmanvaihtojärjestelmällä on paremmat edellytykset selvittää asumisen hetkellisistä kosteuskuormista. Lisäksi lauteiden alaosasta poistuva ilma pitää alalautet sekä seinien alaosien paneloinnin kuivempänä.

## 12.5

### **Huoltotila ilmanvaihtolaitteelle**

**Ongelma:** *Laitteen huoltaminen on hankalaa. Suodattimen vaihto tahtoo aina jäädä.*

Paras paikka ilmanvaihtolaitteelle on yleensä erillinen tekninen tila. Ilmanvaihtolaitteen suodattimet on vaihdettava säännöllisesti ja mahdolliset muut huoltotoimenpiteet on pystyttävä tekemään tarvittaessa ja mahdollisimman helposti. Jo suunnitteluvaiheessa on varmistettava, että ilmanvaihtolaitteen luokse on helppo päästä ja että sen huolto-  
luukun pystyy avaamaan täysin.

## 12.6

### **Suodattimien likaantumisen vaikutus ilmavirtoihin**

**Ongelma:** *Ilmanlaatu heikkenee suodattimen vaihtovälin lopussa.*

Rakentamismääräyskokoelman määräyksen mukaan rakennus on suunniteltava ja rakennettava kokonaisuutena siten, että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan kaikissa tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto. Nämä vaatimukset tulee täyttää myös suodattimien vaihtovälin lopussa. Ei siis pelkästään riitä, että ilmavirtojen ohjearvot toteutuvat, kun suodattimet on juuri vaihdettu ja puhtaat. Ilmavirtoihin on suunniteltava riittävä marginaali ohjearvoihin nähden, jotta määräysten edellyttämä vaatima terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto toteutuu myös likaisemmilla suodattimilla.

## 12.7

### **Kondenssivedenpoisto laitteen sisältä**

**Ongelma:** *Mistä tuo vesi tippuu?*

Pienemmät ilmanvaihtolaitteet on aina varustettava kondenssiveden poistolla ja vesilukolla.

Piccolo On -ilmanvaihtolaitteita voidaan keittiössä kiinnittää liedon päälle. Olosuhteet ovat oivalliset kondenssiveden muodostumiselle ja sen poistamiselle on suunniteltava sopiva reitti siten, että kondenssiputki ja vesilukko pystytään asentamaan katseilta suojaan.

## 12.8

### **Ylipaineen välttäminen**

**Ongelma:** *Ilmaa ei riitä kaikkialle, tulisijaa ei saa syttymään eikä anoppi saa ovia auki.*

Huonosti suunnitellun, toteutetun tai väärin käytetyn koneellisen ilmanvaihdon aiheuttamien ongelmien yhtenä syynä ovat liian suuret paine-erot.

Tavanomainen suomalainen yksikerroksinen omakotitalo on hyvä ehdokas paineongelmille. Usein suorakaiteen muotoisen talon toisessa päässä sijaitsevat märkätilat ja keittiö ja toisessa makuuhuoneet. Toisessa päässä ovat siis poistoilmakanavat ja toisessa tuloilmakanavat. Keskellä ei ilma liiku.

Ylipaineen välttämiseksi on syytä suunnitella talon molempien päätyjen tulo- ja poistomäärät riittävästi tasapainoon.

Useampikerroksisissa asunnoissa makuutilat tyypillisesti sijoitetaan yläkertaan ja niiden välittömään läheisyyteen useimmiten tulee yksi WC (toisinaan myös vaatehuone). Vaarana on, että yläkerrassa on huomattavasti enemmän tuloilmaa kuin poistoilmaa ja siitä tulee ylipaineinen. Ilman nouseminen ylöspäin lisää ylipaineisuutta entisestään.

Ilmanvaihdon suunnittelussa on huolehdittava että yläkerrokset saadaan säädettyä alipaineisiksi. Tämä onnistuu esimerkiksi lisäämällä yläkerran aulatiloihin poistoilmakanava tai suunnittelemalla kaikkiin tai osaan yläkerran makuuhuoneista sekä tulo- että poistoilmakanavat. Samalla hoituu myös makuuhuoneen riittävä äänieritys, kun oveen ei tarvitse jättää ilmarakoa.

## 12.9

### **Viime hetken muutokset**

**Ongelma:** *Jäähdytystä on hankittu, mutta kun se ei toimi.*

Joskus suunnittelun kiireinen aikataulu johtaa tahattomiin virheisiin. Kuvitellaanpa tilanne, jossa asiakas on ilmoittanut jyrkästi, ettei hän halua asuntoonsa jäähdytystä. Naapuriasuntoon se kuitenkin tulee. Kun asennustyöt ovat jo pian alkamassa tai jopa alkaneet, asiakas muuttaa mielensä. Jäähdytystä tarvitaankin – ehdottomasti. Ilmamäärien ja kanavien mitoittaminen unohtuu tai unohdetaan kiireessä.

## 12.10

### **Yhteistyö muiden suunnittelijoiden kanssa**

#### **Ongelma:** *Kun ei vain toimi niin kuin pitäisi.*

Rakennuksen taloteknisten järjestelmien suunnittelu on parhaimmillaan monen taitavan ammattilaisen yhteistyötä, jonka hedelmä näyttäytyy tarkkana, asennusta helpottavana mallinnuksena.

Suunnitelmat ilmanvaihtolaitteen ulkoisille liitännöille on tehtävä yhteistyössä kustakin erityissuunnitelmasta vastaavan suunnittelijan kanssa (esim. sähkö-, automaatio-, vesi- ja viemärisuunnittelijat).

Ulkoisten antureiden, toimilaitteiden, pumppujen, sulkupeltien ja putkivetojen yhteistoiminta on ensiarvoisen tärkeää ilmanvaihtojärjestelmän toimivuudelle sekä sen sujuvalle asentamiselle.





# 13

## ESIMERKKI- RATKAISUJA – ENERVENT-ILMAN- VAIHTORATKAISU ERILAISISSA KOHTEISSA

### 13.1

### **Puurakenteinen, rapattu tiilipintainen omakotitalo Helsingissä**

<b>Asukkaat</b>	4-henkinen Kuusisen perhe
<b>Rakennusvuosi</b>	2006
<b>Ilmanvaihtoremontti</b>	2013
<b>Kerrosala</b>	170 m <sup>2</sup>
<b>Asuinpinta-ala</b>	145 m <sup>2</sup>
<b>Lämmitysmuoto</b>	suora sähkölämmitys, ilmalämpöpumppu
<b>Alkuperäinen IV-laite</b>	ristivirtalämmönsiirtimellä varustettu ilmanvaihtolaite, LTO:n hyötysuhde n. 40 %
<b>Uusi ratkaisu</b>	Enervent Pingvin MDE eAir-ohjainpaneelilla

### **Hiljaisemmin ja tehokkaammin uudella ilmanvaihtolaitteella**

***Vanhan ilmanvaihtolaitteen vaihto uuteen toi energiatehokkuuden ohella lisää asumismukavuutta.***

Myyntipäällikkönä toimiva perheen isä on ollut Itä-Helsingin poikia lähes koko ikänsä. Lapsiperheen arjen sujuvuus ja rauhallinen asuinympäristö saivat hänen keskustassa varttuneen vaimonsakin suostuvaiseksi muuttamaan Vartiokylään.

Vuonna 2006 rakennettu Finndomon puurakenteinen, tiiliverhoiltu ja rapattu talo osoitautui kaikin tavoin hyväksi valinnaksi.

- Tässä on tuulettuva alapohja. Vartiokylä sijaitsee vanhalla suomalla. Jos alapohjan ei toimi, taloihin tulee hyvinkin nopeasti kosteusvaurioita. Kävimme tutustumassa aivan liian moneen jo kosteusvaurioista kärsivään, suhteellisen uuteen taloon, Kuusinen kertoo. Heidän talossaan huippumuri vaihtaa ilman alapohjassa koneellisesti, joten kosteusvaurioita ei alapohjan osalta tarvitse pelätä.

### **Modernia ja avaraa**

Talon ensimmäisessä kerroksessa sijaitsee ylös asti avoin oleskelutila moderneine keittiöineen sekä sauna ja kodinhoitohuone. Yläkerrassa sijaitsevat makuuhuoneet.

Valoisassa oleskelutilassa on suuret näköalaikkunat ja viehättävä avotakka, josta ei tosin lämmityksen kannalta ole kovinkaan paljon hyötyä. Lämmitysenergiälaskua pienentämään sekä kesäaikaiseen jäädytykseen ja sisäilman kuivatukseen oli jo aikaisemmin hankittu ilmalämpöpumppu. Talvella 2013 perheen mitta tuli täyteen äänekkään ja heikosti säädettävissä olevan vanhan ilmanvaihtolaitteen kanssa.

- Sen hyötysuhde oli niin alhainen, että pidin sitä nuukuuttani ykkösasennossa (neliportaisessa säädössä). Automaatiota ei ollut. Saunailtoina oli aina muistettava käydä



Laite mahtuu hyvin kodinhoituhuoneeseen kaapin yläpuolelle.



Pingvin MDE tehosti ilmanvaihtoa.



Tilavassa olohuoneessa on nyt hyvä sisäilma kaikissa olosuhteissa.

kääntämässä tehoja ylös ja taas kosteuden poistuttua alas. Äänekäskin se oli, perheen isä muistelee.

Joulukuussa tilalle vaihdettiin Enervent Pingvin MDE eAir-ohjaimella. Puhdistuksen lisäksi IV-kanavistolle ei remontissa tarvinnut tehdä mitään. – Omakotitalon ilmanvaihtokanavisto pitää puhdistaa vähintään kymmenen vuoden välein. Meidän kanavamme olivat vielä suhteellisen puhtaat, mutta laitetta vaihdettaessa ne oli toki hyvä käydä läpi siitä huolimatta.

Myöskään päätelaitteille ei tehty mitään. Oikeastaan oleskelutilaan olisi tarvittu yksi kokonaan uusi tuloventtiili, sillä alkuperäinen ei pysty heittämään tuloilmaa tasaisesti koko tilaan. Uuden päätelaitteen asentaminen olisi kuitenkin edellyttänyt myös uuden kanavan asentamista, mikä olisi ollut työlästä ja edellyttänyt välipohjaan kajoamista.

Enervent Pingvinin asennuksen jälkeen ilmamäärät säädettiin.

### Selvä ero entiseen

Ero entiseen paljastui hyvin nopeasti.

- Nyt voimme pitää ilmanvaihdon sillä tasolla, mille se on alun perin suunniteltukin. Äänitaso on huomattavasti alhaisempi.

Vaikka vain muutaman kuukauden käytön jälkeen ei suuria johtopäätöksiä voikaan vetää uuden laitteen vuositasolla säästämän energian määrästä, selvä on, että se on aikaisempaa laitetta energiatehokkaampi.

- Kesäkaudella käytämme ilmalämpöpumppua sisäilman viilentämiseen. Pingvin ottaa talteen myös jäädytysenergiaa, joten sitäkään ei enää tuuleteta pihalle.

Automaatio tuo mukanaan lisää asumismukavuutta. Kosteustehostin pitää huolen saunailtojen ilmanvaihdon tehostuksesta automaattisesti, sillä järjestelmässä on vakiona kosteusmittari.

- Noin viidessä minuutissa laite hoitaa ylimääräisen kosteuden ulos, perheen isä kertoo tyytyväisenä.

Enervent Pingvin MDE maksaa asennettuna noin 5000 euroa. Perhe on laskenut pystyvänsä säästämään sen avulla lämmityssähkössään noin 650 euroa vuodessa. Takaisinmaksuaika olisi silloin noin yhdeksän vuotta.

- Tärkeämpää on kuitenkin uuden ilmanvaihtolaitteen mukanaan tuoma asumismukavuuden lisääntyminen, hän huomauttaa.



Aki Mikkelson ja Antti Ikonen tulevassa olohuoneessa.

## 13.2

### Harkkorakenteinen uusi omakotitalo Pukkilassa

Rakentaja ja asukkaat	Antti Ikonen perheeseen
Rakennusvuosi	2012–2015
Kerrosala	240 m <sup>2</sup>
Tilavuus	n. 900 m <sup>3</sup>
Lämmitysmuoto	hybridilämmitys
Energialuokka	B
LVI-suunnittelu	Aki Mikkelson
Ratkaisu	Enervent Pegasos HP Aqua ilmanvaihtolaite pyörivällä lämmönsiirtimellä ja sisäänrakennetulla poistoilmalämpöpumpulla ja kuivatustoiminnolla
Lämmitystehon tarve	9,5 kW
Ilmanvaihdon jäähdytysteho	3,5 kW
Ilmanvaihdon jäähdytysteho kuivatuksella	8,7 kW
Mitoitusilmamäärä (jäähdytys)	290 l/s

#### Mutkaton hybridiratkaisu

**Ammattilainen valitsee kotinsa ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmäksi konstailemattoman, takuulla toimivan järjestelmän.**

Itäisellä Uusimaalla sijaitseva Askolan kunta järjestää rakennusvalvontansa ja ympäristönsuojeluun liittyvät tehtävänsä yhdessä Pornaisten, Pukkilan ja Myrskylän kanssa. Osaston vt. toimialajohtajana **Antti Ikonen** on tutustunut vuosien mittaan varsin monen alueelle rakennetun uuden omakotitalon rakenne- ja talotekniikkaratkaisuihin. Alan ammattilaisena hän on perillä myös uusimmista vaihtoehdoista ja ymmärtää varsin hyvin, mihin mahdollisimman energiatehokkaan omakotitalon rakentamisessa on kustannustehokasta pyrkiä ja mihin – ehkä ihan vielä – ei.

- Toistaiseksi kokemuksia passiivi-, saati sitten 0-energiataloista ei ole vielä riittävästi, jotta varsinkaan omatoimirakentajan kannattaisi lähteä sellaista itse rakentamaan. Se vaatii ammattilaiseltakin rautaista ammattitaitoa, kokemusta ja erityistä huolellisuutta, hän huomauttaa.

#### Kestävää ja kustannustehokasta

Kunnon suomalaismiehen mallin mukaan Antti Ikonen halusi rakentaa perheensä kodin itse. Kiireinen työ ja kasvava perhe asettavat kuitenkin ajankäytölle omat vaatimuksensa, joten tietyt perusasiat oli päätettävä heti projektin alussa.





Antti Ikonen

- Itse ja isän avustuksella rakentaessa kuluu aikaa. Olen rakentanut lähinnä kesäisin ja vielä en uskalla luvata, että muutamme joulukuksi 2014. Materiaalien ja rakennustavan on siis oltava sellainen, että se mahdollistaa pitkän rakennusajan.

Kivitalo on kestävä ja turvallinen ratkaisu. Eristetty harkkorakenne tuottaa vain pinnosta vailla olevaa valmista seinää. Kellarikerroksen päällä on ontelolaattarakenne.

Talon energialuokka tulee olemaan matalaenergiatason antava B. Valitulla EPS-harkkotyypillä ei saa passiivirakennetta aikaan. Rakenteet on suunniteltu mahdollisimman tiiviiksi ja hyvin eristetyiksi. Yläpohjan eristys on toteutettu polyuretaanieristeellä maksiimaalisen lämmöneristävyyden sekä tiiviyn saavuttamiseksi ja tilan maksimoimiseksi.

Ikosen perhe kasvaa syksyllä 2014 jo toisella lapsella ja huskyllekin on pohdinnassa kaverin hankinta. Perhekodille järkevään tapaan kokonaisalaltaan n. 300 m<sup>2</sup>:n talo on yhdessä tasossa. Kellaritilasta löytyy aikanaan tekninen tila, jossa on tilaa myös harrastaa.

### Asumismukavuus mielessä

Luonnonvalon määrästä Antti Ikonen ei halunnut tinkiä, joten oleskelutilan ikkunat ovat suuret. Energiatehokkaissa ikkunoissa on huurtumisen estävä pinta sekä auringonsuojapinnoitus estämään tilan kuumenemistä kesällä liikaa.

- Silti ilmanvaihtoratkaisussa oli varauduttava myös sisäilman jäähdytykseen tavalla tai toisella, Antti Ikonen huomauttaa.

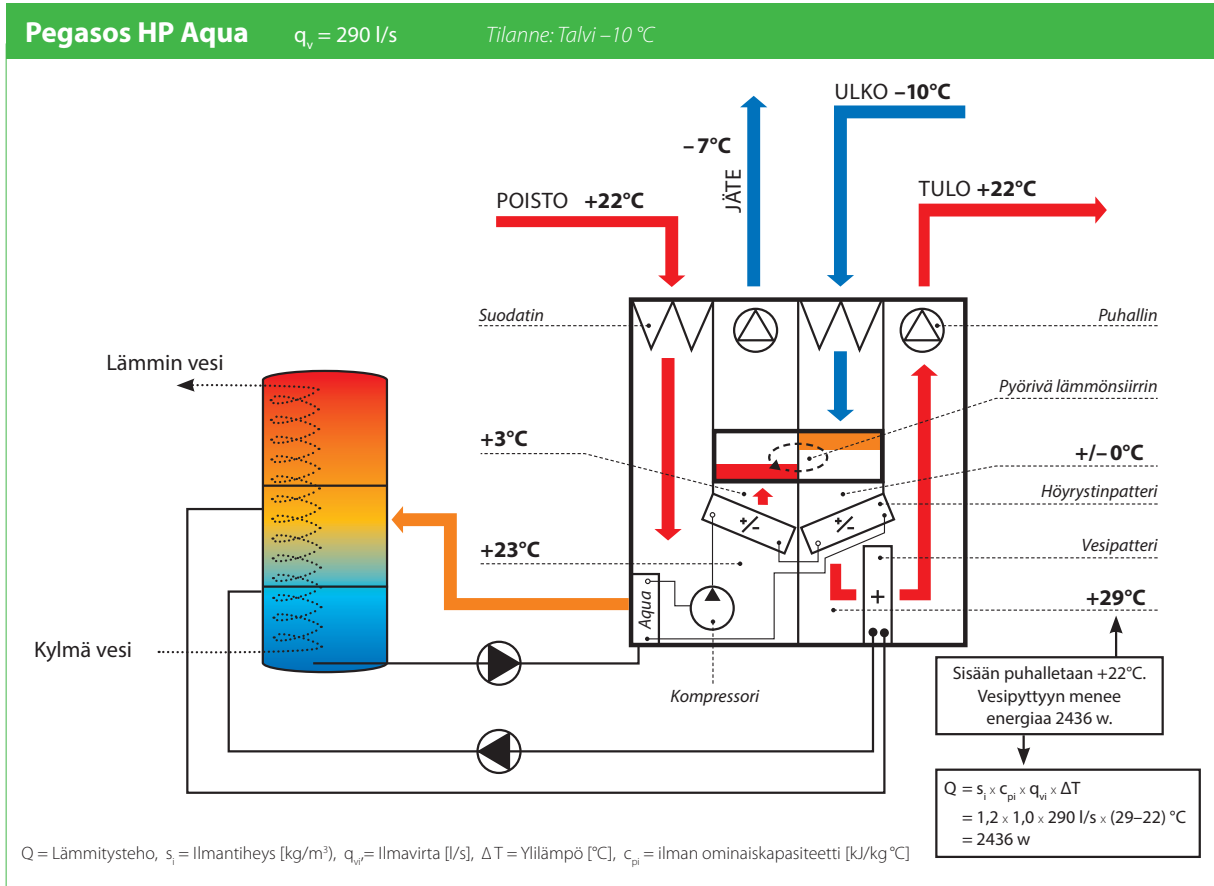
Rakentaja mietti talonsa lämmitys- ja ilmanvaihtoratkaisua yhdessä LVI-suunnittelija **Aki Mikkelsonin** kanssa. Vaihtoehtoja pyöriteltiin investointi- ja käyttökustannukset huomioon ottaen ja valinta tehtiin asumismukavuus mielessä pitäen.

Lapsi- ja lemmikkiperheessä lattialämmitys on tärkeä mukavuustekijä. Myös käyttövetä kuluu paljon. Veden lämmittämisestä Ikosten talossa huolehtii Pegasos HP Aquan lisäksi vesikiertoinen varaava tulisija. Lämpöä varataan 750 litran Akvaterm-varaajaan.

Kaikesta muusta huolehtiikin yksi laite, Enervent Pegasos HP Aqua, jossa mukana on myös kuivatus. Se on ilmanvaihtolaite, jossa on mekaanisen lämmön talteenoton (pyörivän lämmönsiirtimen) lisäksi sisäänrakennettu poistoilmalämpöpumppu. Siksi sen lämmön talteenottokyky on perinteisiä lämmön talteenottoratkaisuja huomattavasti parempi. Lämpöpumpusta ylimääräinen lämpö varautuu varaajaan, josta se on käytettävissä lämmitykseen.

### Kaikin tavoin tehokasta

Kesähelteille tukalinta ei ole niinkään kuumuus, vaan samanaikainen kosteus. Kun liiallinen kosteus saadaan sisäilmasta pois, sisäilmaa ei tarvitse jäähdyttää paljoakaan, jotta ihminen pitää sitä miellyttävänä. Enervent Pegasos HP Aquan poistoilmalämpöpumppu jäähdyttää tuloilman kuivatuksen vuoksi noin +7–+10 °C:een. Tämän jälkeen jälkilämmityspatterit lämmittää sen takaisin +17–+19 asteeseen, jollaisena se puhalletaan sisään. Kovimmilla ja kosteimmillakin helteillä sisätiloissa on aina tasainen ja miellyttävä sisäilma.



Energiatehokas ilmanvaihto reagoi paitsi ulkoiisiin, myös sisäisiin olosuhteiden muutoksiin. Enervent Pegasos HP Aqua ohjaa sisäänrakennettu hiilidioksidianturi sekä kosteusanturi. Kosteusanturi tehostaa ilmanvaihtoa tarvittaessa esimerkiksi suihkujen jälkeen.

Aki Mikkelson kertoo, että IV-suunnitelman tekeminen tiiviiseen, energiatehokkaaseen taloon edellyttää erilaisten vaihtoehtojen tutkimista ja tarkkuutta laskennassa. - Ilmamäärät on saatava oikealle tasolle ja jäähditys asettaa sille omat haasteensa. Tutkimme tässä kohteessa myös mahdollisuutena tarpeenmukaista huonekohtaista ilmanvaihtoa, mutta kustannussyistä siitä luovuttiin. Tästä johtuen mitoitus tilanteessa tasapainoon säädetyn ilmanvaihdon tasapainotus pienemmillä ilmavirroilla oli haasteellista, hän sanoo.

Tarpeenmukaisessa ilmanvaihdossa ilmamäärät säädetään ilmamääräsäätimillä huonekohtaisesti sen perusteella, oleskellaanko niissä juuri sillä hetkellä vai ei. Järjestelmä siis säätää tyhjän makuuhuoneen ilmanvaihtoa ilmamääräsäätimestä pienemmälle muiden tilojen ilmanvaihdon pysyessä ennallaan. Kun järjestelmää ei toteuteta, mutta ilmanvaihtoon halutaan kuitenkin jäähditys, ilmamäärät on säädettävä jäähdystilanteen edellyttämille suurille ilmamäärille, tällöin pitää varmistua että myös pienillä ilmamäärillä ilmanvaihto on riittävä verkoston päässä olevissa tiloissa.

Kun mitoitus on osattu tehdä oikein, tuloksena on hyvä ja oikein toimiva ilmanvaihto kaikissa olosuhteissa.



### 13.3

## Peruskorjattu vanha kartano, Askola

Asukkaat	Pariskunta, jonka aikuiset lapset vierailevat kotona säännöllisesti
Rakennusvuosikymmen	1790
Peruskorjaus	1820, 1931, 1960, 1989, 2007–2008
Pinta-ala	n. 350 m <sup>2</sup> kahdessa kerroksessa
Tilavuus	850 m <sup>3</sup>
LVI-suunnittelu	Pohjois-Espoon LVI/Marko Räsänen
Lämmitys- ja ilmanvaihtoratkaisu	Enervent Pelican eco PRO greenair HP ja Enervent Pelican eco EDX-E
Lämmitystehon tarve	10 kW –10 °C (yli –10 °C:n tukilämpö takoilla tai suoralla sähkölämmityksellä)
Ilmanvaihdon jäähdytysteho	9,5 kW
Ilmanvaihdon jäähdytysteho kuivatuksella	9,5 kW
Mitoitusilmamäärä	450 l/s

### Huippuhotellitason mukavuutta historiallisessa kodissa

**Myös yli kaksisataavuotisen talon voi kunnostaa energiatehokkaaksi ja sen sisäilmaston kohentaa huipputasolle – tyylistä tinkimättä.**

Kun Askolassa asuva perhe 16 vuoden ulkomailla oleskelun jälkeen hankki tukikohtakseen 1700-luvun lopulla rakennetun ja pariin otteeseen laajennetun tilan päärakennuksen, he päätyivät perehtymään vanhojen talojen energiatehokkuutta parantavien hankkeiden mahdollisuuksiin ja rajoitteisiin.

-Vanhasta talosta ei ole tarkoituksenmukaista yrittää tehdä passiivitaloa, koska sen ilmantiheys ei mitenkään yllä uudisrakennuksen tasolle. Matalaenergiatasolle kuitenkin varmasti päästään modernien eristeiden ja energiatehokkaiden ikkunoiden avulla, kun käyttöön otetaan tehokas lämmön talteenotto ja lämpöpumput. Rakenteiden lämmöneristyskerrosta lisättäessä ja rakenteita tiivistettäessä on ehdottomasti varmistettava, ettei samalla ainakaan heikennä sisäilmastoa. Höyrynsulun oikea sijainti ja sen oikeaoppinen asennus on varmistettava, kartanon herra painottaa.

Vanhassa talossa oli vanhastaan painovoimainen ilmanvaihto, joka ei toiminut. Kaksi-kerroksisen, tilavan rakennuksen lämmittäminen tuli talvella kalliiksi ja kesällä aurinkoisella rinteellä sijaitsevaa taloa olisi sisälämpötilansa puolesta voinut erehtyä pitämään huonona saunana.

Talon energiatehokkuutta ja asumismukavuutta parantava remontti suunniteltiin mahdollisimman paljon toimivia ratkaisuja säilyttäen ja hyödyntäen, sisustuksen tyylistä tinkimättä.



Talon isäntä salin puolella. Huomaa päätelaitteet katossa.



Ulkoyksikkö.

Lämmöneristystä parannettiin järkevimmällä tavalla ja ekologisesti selluvillaa sekä tilan säästämiseksi koko kattorakenteen eristämiseksi polyuretaanieristettä käyttäen. Yläkeran makuuhuoneisiin vaihdettiin energiatehokkaammat ikkunat. Alakerrassa ikkunaremontti oli jo toteutettu aiemmin.

### Tasainen lämpötila ja hyvä sisäilma

Asumismukavuuden kannalta olennaisin muutos oli koneellisen ilmanvaihdon asentaminen.

- Ulkomailla asuneina olemme tottuneet hyvin toimivaan koneelliseen ilmanvaihtoon, joka pystyy myös kuivattamaan ja jäähdyttämään tuloilman hellekesinä. Siitä emme olleet valmiita tinkimään.

Nyt jo edesmennyt, kokenut LVI-suunnittelija **Marko Räsänen** tarttui haasteeseen yli 500 suunnitellun pientalotalotekniikan tuomalla varmuudella. Ratkaisu, johon lopulta päädyttiin, oli hänellekin kuitenkin pilottikohde.

Lähtökohtana ilmanvaihdon suunnittelulle oli tasainen ja vedoton sisäilma jokaisessa huoneessa: 22 astetta vuodenaikasta riippumatta. Usean huoneen tuli olla itsenäisesti säädettävissä. Talon vanhoja, mutta täysin toimintakykyisiä kakluuneja haluttiin käyttää lämmityksessä tukilämpönä. Koska ilmanvaihtokanavat oli joka tapauksessa asennettava, järkevin lämmönjakotapa oli vielä tuossa vaiheessa pientaloissa harvinainen ilmalämmitys.

Remonttia suunniteltaessa perheen nyt jo aikuiset lapset asuivat kotona. Neljänkään hengen perheessä lämpimän käyttöveden kulutus ei ole suurta ja nyt kahden aikuisen taloudessa se on suorastaan vähäistä.

- Maalämpö- tai ilma/vesilämpöpumppuratkaisu voi suuressa perheessä olla toimiva ratkaisu. Meillä se olisi ollut turha, omistaja huomauttaa.

### Kummallekin siivelle oma järjestelmä

Talossa on kaksi siipeä ja kummallekin siivelle suunniteltiin oma järjestelmänsä. Tarvittaessa etelä- ja länsisiipeen saadaan yhtä aikaa erilaiset sisäilman lämpötilat. Toisessa siivessä perusilma vaihtuu kerran tunnissa, toisessa kiertoilman käytön ansiosta tavanomaiseen tapaan kerran kahdessa tunnissa. Kolmasosa ilmanvaihdosta otetaan ulkoa, loput on kiertoilmaa.

Toisessa siivessä ilmanvaihdosta huolehtii ilman ulkoyksikköä toimiva, pyörivään lämmönsiirtimeen ja integroituun poistoilmalämpöpumppuun perustuva ilmanvaihto-, ilmalämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä Enervent Pelican eco PRO greenair HP. Toisessa siivessä samaa työtä tekee Mitsubishin ulkoyksiköllä varustettu Enervent Pelican eco EDX-E. Ulkoyksikkö antaa lisätehoa jäähdytykseen huippuhelteillä ja lämmitykseen kohtuupakkasilla. Lisälämpöä pakkaskeleillä saadaan kakluuneja lämmittämällä ja aivan huippukylmällä mukaan astuvat sähkövastukset.

- Niitä ei kyllä useinkaan tarvita, omistaja huomauttaa.



*Climeconin päätelaite on keittiön katossa kuin koriste.*



*Vain yhdessä kohtaa kanava-asennuksessa jouduttiin turvautumaan kotelointiin.*

- Kahdessa lämpöpumpussa lämmitystehoa on yhteensä yli 10 kW ja sähkötehoa alle 4 kW ja niillä selvittää yli -10 asteen pakkasiin.

Sähkölämmitys on käytössä tukilämmityksenä. Suurten ikkunoiden alla sähkölämmittimet, jotka on säädetty + 17-18 asteeseen. Näin vältetään kovilla pakkasilla ikävä kylmän hohka ikkunoiden edessä istuttaessa.

### Tehoa riittää

Enervent Pelican eco PRO greenair HP:n lämmön talteenoton vuosihyötysuhde on yli 90 % ja Enervent Pelican eco EDX-E:n lämmön talteenoton vuosihyötysuhde on yli 70 %. Lämpöpumpun tehoa ei lasketa EDX:n hyötysuhteeseen. Jotta näinkin isoon taloon saataisiin ilmalämmitys ja -jäähdytys, piti ilmamäärien olla isommat kuin mitä Pelican-laite pystyy tuottamaan. Tällöin avuksi otettiin Enervent Energy MixBox-kiertoilmayksikkö. Se kykenee lisäämään ilmamäärän jopa nelinkertaiseksi tarpeen mukaan, vaikka perusilmanvaihto pysyykin vakiona.

Talon lämmitys-, jäähdytys- ja ilmanvaihtoratkaisun suunnittelussa panostettiin kaikin tavoin energiatehokkuuteen. Onnistuttukin on, ihan todistetusti: omistaja kertoo, että vielä -34 asteen pakkasilla ulos päästetty jäteilma on ollut greenair HP:lla -28,5 asteista, kun sisälämpö on ollut +22 °C.

Myös jäähdytys tuhlaa energiaa mahdollisimman vähän, sillä myös kylmä ilma otetaan talteen – tai oikeammin lämmin suljetaan ulos.

- Ilmalämpöpumppu käy myös +28 asteen helteillä harvakseltaan, omistaja kertoo tyytyväisenä.

Laitteiden pyöriivät lämmönsiirtimet siirtää saunan lämmön ja kosteuden kuivaan sisäilmaan.

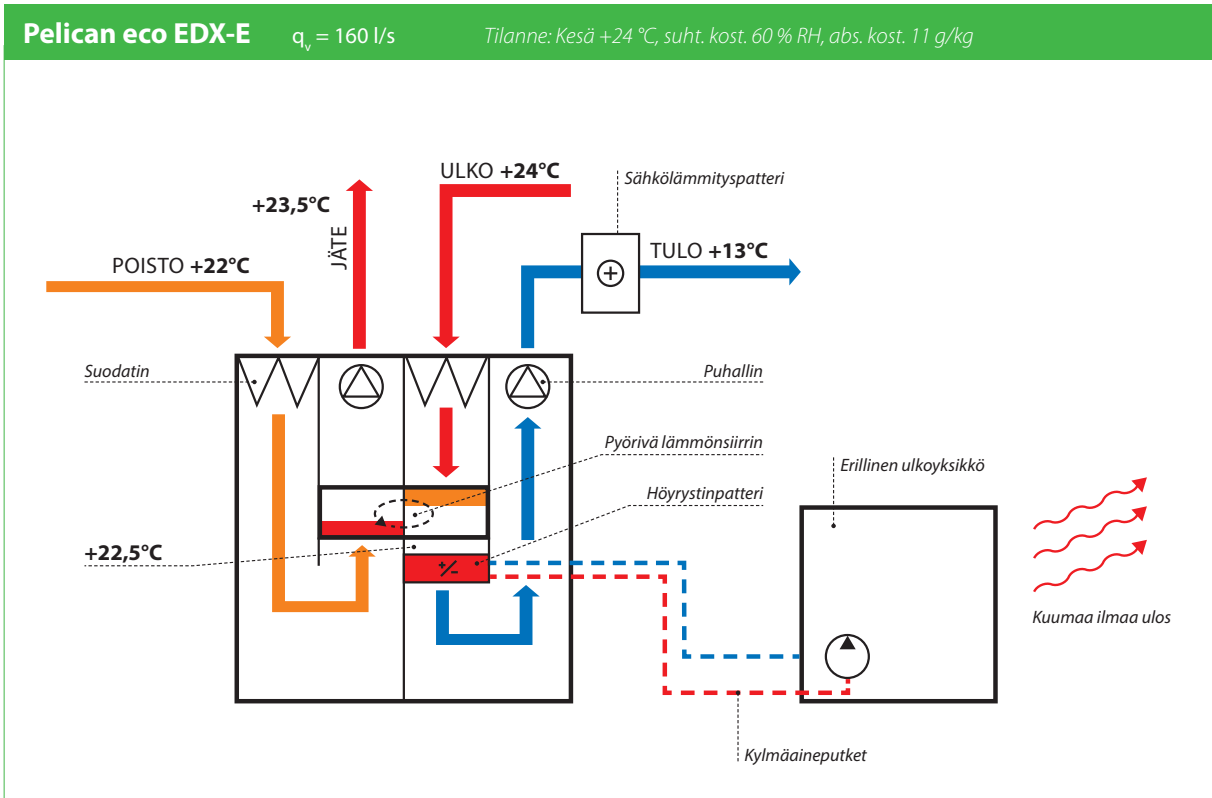
- Sisäilman kosteutusta tarvitaan talvella, muuten parketit ja paneelit vanhassa talossa kärsisivät, omistaja selittää.

Järjestelmässä ei ole CO<sub>2</sub>-ohjausta, sillä sitä ei näin suurilla ilmamäärillä tarvita.

### Huomaamaton kanava-asennus

Monet epäroivät koneellisen ilmanvaihdon hankkimista vanhaan taloon kanavien asentamisen hankaluuden vuoksi. Useimmissa 1900-luvun puolivälin jälkeen rakennetuissa taloissa kanavat voidaan koteloida ilman, että se suuremmin haittaisi sisustajankaan silmää. Paljon vanhemmissa rakennuksissa kanavat olisi syytä kuitenkin saada piiloon ja se vaatii sisäpintojen uusimista. Omistaja kertoo yllättyneensä, miten hyvin Lindabin eristetyt kanavat saatiin 1700-luvun talossa piiloon. Esimerkiksi yläkerran vinon katon alle oli jätetty juuri sopivasti säilytystilaa kanavia varten. Kanavat ovat tavanomaista suuremmat ø 200 mm ja huoneisiinkin 160 mm, sillä ne mitoitettiin jäähdytyksen edellyttämälle tavanomaista suuremmalle ilmamäärälle.

- Riittävän suuret kanavat varmistavat myös osaltaan ilmanvaihdon hiljaisuuden.



Keittiössä yhtä kaapistoa jouduttiin vetämään seinästä 250 mm ulospäin. Ylös toiseen kerrokseen nousevat kanavat saatiin portaiden sulkemisella piiloon. Itse asiassa koko talossa jouduttiin tekemään vain yksi koteloitintarake, jota vieras ei isännän sitä osoittamatta olisi välttämättä edes havainnut.

Climeconin kukkaa muistuttavat päätelaitteet sulautuvat myös yllättävän hyvin sisäkaton pintaan. Yhteen makuuhuoneeseen tuloilmalaite varustettiin 500 W:n sähkövastuksella mahdollistamaan tuloilman lämpötilan nostaminen nopeasti.

Kanavat ovat luonnollisesti eristettyjä kondenssi-ongelman – ja tehohäviöiden – ehkäisemiseksi.

- Kuumien kattojen alla jäädytystehot laskevat todella nopeasti eristämättömissä kanavissa.

Itse laitteet piilotettiin keittiön alla olevaan talouskellariin.

### Aina on kehitettävää

Kumpikin järjestelmä on omistajan mukaan toiminut erinomaisesti. Energiatehokkuuden parantamista on kuitenkin tarkoitus vielä jatkaa. Kesällä katolle asennetaan 2 kW:n aurinkopaneelit tuottamaan ilmaista aurinkosähköä ilmanvaihdon jäähdytyksen ja pakastinten tarpeisiin.

- Jos olisin nyt tekemässä vastaavaa remonttia, ottaisin ilmanvaihtojärjestelmään myös kosteusohjauksen ja kakluuneihin tuloilmahormit, omistaja päättää.



### 13.4 renZero-energiaremontti, rintamamiestalo, Luumäki

<b>Omistaja</b>	Perhe Salopelto
<b>Rakennusvuosi</b>	1948
<b>renZero-energiaremontti</b>	2014
<b>Pinta-ala</b>	182 m <sup>2</sup>
<b>Lämmitysenergiankulutus ennen remonttia</b>	150 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Lämmönjako</b>	ilmanvaihdon kautta
<b>Ilmanvaihtolaite</b>	Enervent Pandion MD-CHG
<b>Lämmitysjärjestelmässä lisäksi</b>	maalämpöpumppu, aurinkokeräimet, energiavaraaja
<b>Tavoite</b>	A-energiatehokkuusluokan E-lukuvaatimus 83 – 0,02 x 181,7 m <sup>2</sup> = 79,37 kWh/m <sup>2</sup> vuosi

#### Pientalon tehokas energiasaneeraus

Perhe Salopellon 65-vuotiaan kodin viime vuonna käynnistynyt energiaremontti valmistui keväällä 2014. Kyseessä on merkittävä pilottikohde, jossa puurunkoisesta rintamamiestalosta kunnostetaan A-energialuokan rakennus. Sen ilmanvaihdosta huolehtii Enervent Pandion MD-CHG ja lämmönjakotapana on ilmanvaihtolämmitys.

Suomessa on noin miljoona vanhaa omakotitaloa, joista asiantuntijoiden mukaan etenkin ennen vuotta 1980 rakennetut olisi energiaremontoitava pikaisesti.

Luumäellä, lähellä Lappeenrantaa sijaitseva, vuonna 1948 valmistunut 1,5-kerroksinen rintamamiestalo oli ennen vuonna 2013 alkanutta energiaremonttia lähes alkuperäisessä asussaan. Vuosien varrella taloon on tehty vain vähäisiä muutoksia, jopa lattian laudoitus on alkuperäinen. Vain osa ikkunoista on uusittu ja osaan asennettu lisäpuiteet. Puurunkoisessa ja puulla verhoillussa talossa oli peltikate. Ulkovaipan eristeenä oli käytetty pääosin sahanpurua.

#### Pitkäaikainen koti

Rintamamiestalojen tapaan rakennuksen alakerrassa sijaitsevat keittiö, tupa ja yksi kamari. Sisääntulon yhteydessä on kesäisin mukavasti lisätillaa tuova kylmä kuisti. Yläkerrassa ovat kaksi makuuhuonetta, sauna ja pesutilat kellarikerroksessa. Asukkaat ovat olleet tyytyväisiä kotinsa toimivaan pohjaratkaisuun ja ajattomaan arkkitehtuuriin.

Kysymyksessä on rakennusalan insinöörin ja ammattikoulun opettajana toimivan **Seppo Salopellon** synnyinkoti, jossa hän on asunut miltei koko ikänsä ja kasvattanut puolisonsa kanssa myös jo kotoa muuttaneet kolme lasta.



Talo ennen remonttia.

Energiasäästöjen lisäksi Salopellot halusivat perusteellisen remontin myötä parantaa vanhan talon asumismukavuutta. Salopelto on rakennusalan ammattilaisena toiminut projektin valvojana ja työstää sen pohjalta materiaalia opinnäytetyöhönsä ylempää ammattikorkeakoulututkintoa varten.

### Uuden veroista energiatehokkuutta

Salopeltojen koti pääsi pilottikohteeksi Tekesin rahoittamaan renZero-hankkeeseen, jossa kehitetään kustannustehokasta konseptia pientalojen energiatehokkuutta parantaviin peruskorjauksiin. Vuonna 2011 käynnistynyt Tekes-rahoitteinen hanke etsi toimivaa ratkaisua, jonka avulla 1940–1970 -lukujen suomalaisia ja ruotsalaisia pientaloja olisi mahdollista päivittää energiatehokkaaksi.

Hankkeen tavoitteet olivat pilottikohteen osalta korkealla: saada hatarasta talovanhuksesta A-energialuokan rakennus, jonka ilmanvuotoluku asettuisi jopa alemmalle tasolle kuin uudisrakennuksilta edellytetään. Se vastanee lähes nollaenergiatason energiatehokkuutta. Remontin haastavuutta lisäsi se, että asukkaat asuivat talossa koko remontin ajan.

### Perusteellinen energiaremontti

Rakennuksen julkisivut uusittiin täysin. Vesikatteen lisäksi vaihdettiin ikkunat sekä ovet ja ulkovaippa verhoiltiin Parocin tarkoitukseen kehittämällä tuulettuvilla seinäelementeillä.

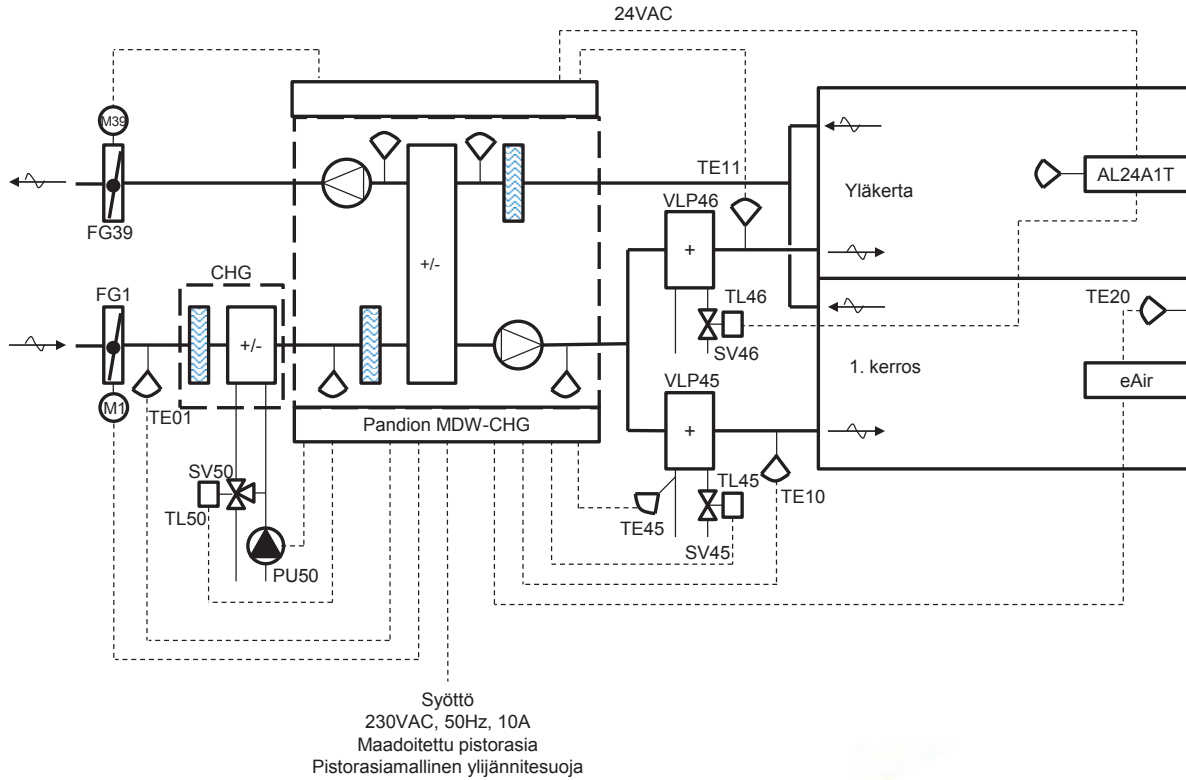
Pelkkä tiivis ja hyvin lämmöneristetty ulkovaippa ei tietenkään vielä lähes nollaenergiatason rakennukseen riitä. Energiankulutuksen vähentämisen lisäksi on lisättävä uusiutuvan energian käyttöä, Salopeltojen talossa hyödyntämällä maalämpöä ja aurinkoenergiaa.

Salopeltojen kodissa lämmönjako on tapahtunut remontin jälkeen kätevästi ilmanvaihdon välityksellä. Näin välttyttiin patteriverkoston tai vesikiertoisen lattialämmityksen edellyttämiltä laajoilta asennustöiltä. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto haluttiin paitsi energiatehokkuuden, myös sisäilman laadun parantamisen vuoksi. Enervent Pandion MD-CHG- ilmanvaihtolaite huolehtii siis paitsi ilmanvaihdosta, lämmön talteenotosta poistoilmasta ja myös sisäilman kesäaikaisesta viilennyksestä. Tuloilmaa viilennettäessä energiakaivoa ladataan samalla ylimääräisellä, ulkoilmasta poistetulla lämmöllä.

Maalämpöä ja aurinkokeräinten tuottamaa lämpöenergiaa käytetään paitsi lämpimän käyttöveden tuottamiseen, myös sisään puhallettavan ilman lämmitykseen. Ilmanvaihtojärjestelmän ulkokehän osassa on omat vesikiertoiset lämmityspatterinsa alakerralle ja yläkerralle. Vesipattereiden vesivirtausta säädetään moottoriventtiileillä lämmöntarpeen mukaan huonelämpötilasäädöllä.

Enervent Pandion MD-CHG- ilmanvaihtolaitteen ulkoilmakanavaan asennetussa CHG-patterissa kiertää lämpöpumpun maaliuos. Talvella se toimii ulkoilman esilämmittäjänä ja kesäaikaan viilentäjänä.





## Huippuun vietyä tiiveyttä

Laskennallisesti projektin onnistuminen on osoitettavissa, mutta vasta aika paljastaa, kuinka energiatehokas ja mukava Salopeltojen energiaremontoitu koti käytössä on. Vetoisaksi ja hataraksi sitä ei ainakaan voi enää haukkua. Helmikuussa 2014 tehtyjen rakenteiden tiiveysmittausten perusteella ero entiseen on valtava, vaikka ilmapuotoja on vieläkin jäljellä. Ne löytyvät korjauksen ulkopuolelle rajatusta lattiarakenteesta ja kellarista sekä osittain kuistin vesikaton ja vanhaan seinään liittymästä, jota ei täysin päästy tiivistämään rakenteita rikkomatta.

Ilmanvaihtoluku n50 oli ennen remonttia noin 9 l/h ja sen jälkeen 3,1 l/h. Virallinen vaatimus uudisrakennuksissa on 4,0 l/h. Tiiveystaso parani 65 prosenttia. Hyvän pientalon taso on D5 mukaan alle 3 l/h ja keskimääräinen eli melko hyvä 3–5 l/h. Vanhalle talolle kyseessä on varsin hyvä parannus, vaikka tulos ei passiivitalon tasoon ylläkään.

## Seuranta hallussa

Talon vanhan sähköpäätaulun rinnalle asennettu uudempi versio, joka mahdollistaa mm. lämpöenergian kulutuksen ja tuoton tarkan seurannan. Tekniseen tilaan asennettiin kaikkiaan neljä seurantalaitetta, jotka mittaavat VTT:lle lämmityksen ja lämpimän käyttöveden kulutusta sekä maalämpöpumpun ja aurinkovaraajien tuottoa. Kaikki laitteet on kytketty sarjaan ja ne ovat 3G-etäluettavia.

Ensto Enervent etäseuraa paitsi ilmanvaihdon suoritusarvoja, myös hiilidioksidin määrää makuu- ja olohuoneessa. Maaliskuusta kesään mennessä sisälämpötila on pysynyt hyvin lähellä asetusarvoaan. Kevään muutaman hellepäivän aikanakin huonelämpötila on pysynyt alle +25 °C ja CHG patteri on viilentänyt sisäänpuhallettavaa ulkoilmaa jopa 12 astetta.

Ensto Enerventin lisäksi Parocin vetämään ja Tekesin rahoittamaan renZero-kehitysprojektiin osallistuvat Arkkitehtuuritoimisto Kimmo Lylykangas, Metsäwood, Oilon, Puuinfo, Skaala ja VTT. Toinen pilottikohteista on Tukholman keskustan tuntumassa sijaitseva, myös 1940-luvulla valmistunut talo.

Hankkeen loppuraportti julkaistaan vuoden 2014 lopulla.



### 13.5 Siwa Uudenmaankatu, Hyvinkää

Rakennuttaja	Jari Niskanen, Suomen Lähikauppa Oy
Rakennusvuosi	1979
Pinta-ala	350 m <sup>2</sup>
Lämmitysmuoto	kaukolämpö
Vanha IV-tekniikka	tuloilmakone, poisto huippuimurilla
IV-remontti	2013
LVI-suunnittelu	Sweco Talotekniikka Oy / suunnittelujohtaja Jussi Ainamo, suunnittelupäällikkö Ismo Marin
Ratkaisu	Enervent Pallas HP Aqua kuivatustoiminnolla
Mitoitusilmamäärä (jäähdytys)	2,0 l/m <sup>2</sup> myymälätiloissa

#### Kaikki samassa paketissa

**Elintarvikemyymälässä Enervent Pallas HP Aqua huolehtii ilmanvaihdosta, lämmön talteenotosta ja sisäilman jäähdytyksestä ja kuivatuksesta. LTO:n vuosihyötysuhde nousee yli 90 prosenttiin.**

Uudenmaankadulla Hyvinkään keskustassa sijaitseva Siwalla on kunnia olla pilottikohte. Se on Suomen Lähikauppa-ketjun ensimmäinen myymälä, jonka kaupan kylmä plus-puolen kalusteet on jälkikäteen ovitettu. Samassa yhteydessä uudistettiin myös myymälän ilmanvaihtojärjestelmä.

Ovittaminen on todettu yhdeksi tehokkaimmista keinoista vaikuttaa elintarvikemyymälän kylmäjärjestelmän energiankulutukseen. Arvioiden mukaan se pienentää jäähdytystehon tarpeen lähes kolmannekseen.

#### Kuivatukseen panostettava

Pelkkä kylmäkalusteiden ovittaminen johtaisi vanhassa myymälässä kuitenkin ongelmiin, sillä avoimet kylmäkalusteet ovat kesähelteillä oman toimensa ohella myös kuivattaneet ja jäähdyttäneet sisäilmaa.

Useimmissa vanhoissa myymälöissä, kuten vuonna 1979 valmistuneessa Uudenmaankadun Siwassa, tuloilma on otettu suoraan ulkoa pelkällä lämmityksellä. Kosteutta myymälään pääsee myös asiakkaiden mukana ovesta ja tietysti tuuletettaessa.

Ilman sisäilman kuivatusta tuloksena ovat ikävät olosuhteet. Hellekeleillä kosteus tiivistyy kylmiin, yleensä noin +12–13 asteisiin kalusteoviin ja huurruttaa tuotteet piiloon asiakkailta. Pahimmillaan kosteus valuu lattialle ja aiheuttaa liukastumisvaaran. Ja jos ilmankosteus pysyy korkeana pitkään, se alkaa vaikuttaa myös myymälän kuivatuotteiden laatuun.

Hyvinkään Siwassa myymälän sisäilman ovituksen myötä lisääntyvään kosteuskuormi-



Lämpö varastoidaan 500 litran varaajaan.



Myymäälä on SIWA-ketjun kylmäkalusteiden ovituksen pilottikohde.



Rakennuttamisjohtaja Jari Niskanen sanoo, että myös työntekijöiden kannalta myymälän sisäilmasto on nyt erinomainen.

tukseen varauduttiin uudistamalla ilmanvaihtoratkaisu. Myymäläkiinteistössä oli vanha tuloilmakone ja poistosta huolehti yksi vanha huippuimuri.

- Varsin tavanomainen ratkaisu tämän ikäkauden myymälöissä, kertoo suunnittelupäällikkö **Ismo Marin** LVI-remontin suunnitelleesta Sweco Talotekniikka Oy:stä.

- Ilmanvaihtoon oli myös löydettävä energiatehokkaampi ja paremmin toimiva ratkaisu, **Jari Niskanen** kertoo.

- Vanha ilmanvaihto ei ennen ovitustakaan pystynyt takaamaan hyviä sisäolosuhteita kaikilla keleillä.

### Monipuolinen pakettiratkaisu

Marinin mukaan Uudenmaankadun Siwaan kuivatuksella varustettu Enervent Pallas HP Aqua oli erinomainen ratkaisu, sillä sen avulla sisäilmasta saadaan talteen mahdollisimman paljon lämpöenergiaa. Laitteessa on mekaanisen lämmön talteenoton (pyörivän lämmönsiirtimen) lisäksi sisäänrakennettu poistoilmalämpöpumppu. Siksi sen lämmön talteenotto kyky on perinteisiä lämmön talteenottoratkaisuja huomattavasti parempi.

- Myymälässä on ajettu ulos jopa miinusmerkkistä ilmaa, suunnittelujohtaja **Jussi Ainamo** vahvistaa.

Energiansäästöä lisää se, että yöaikaan myymälän ilmanvaihtoa voidaan ajaa kokonaan kiertoilmalla. Myymälän ilmanvaihdossa on CO<sub>2</sub>-ohjaus, joten sitä ajetaan tarpeenmukaisella raitisilmamäärällä energiansäästön maksimoimiseksi.

Talteenotettu lämpö varastoidaan 500 litran varaajaan. Sieltä sitä hyödynnetään tuloilman lämmittämiseen.

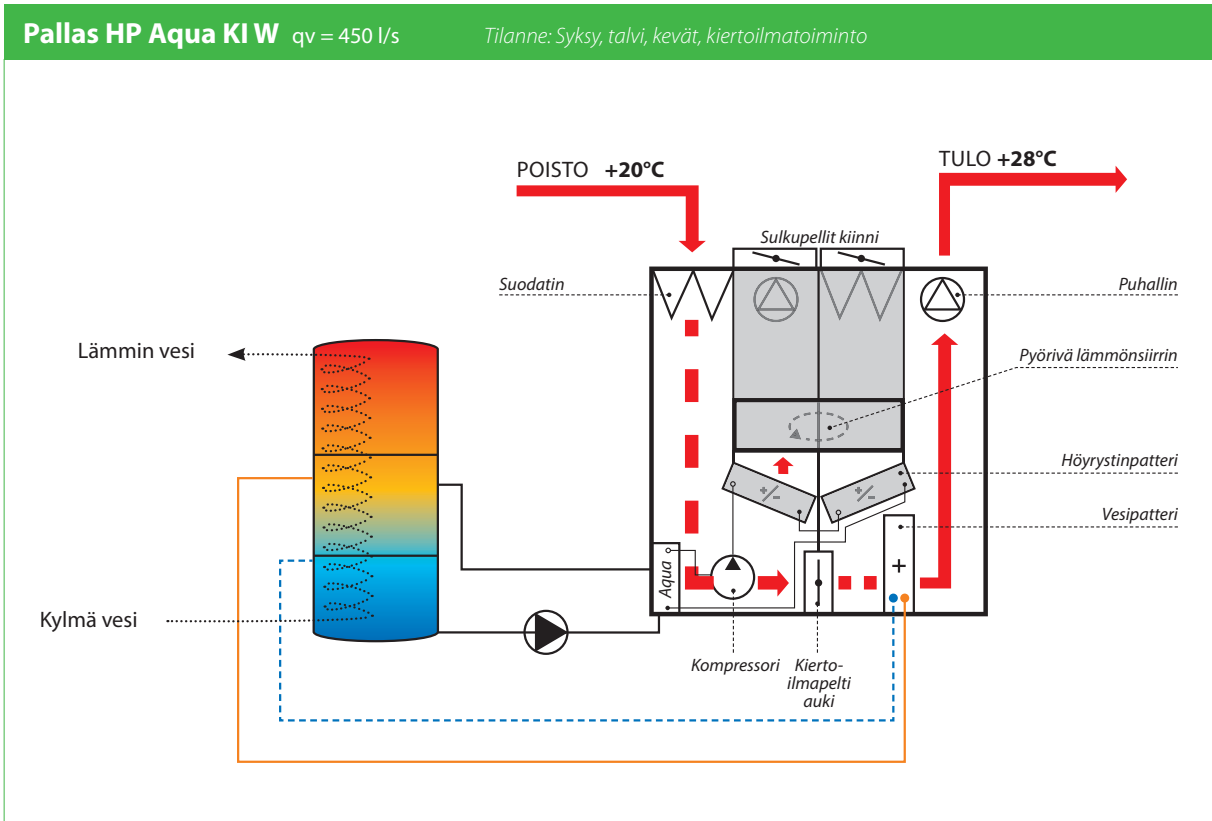
Hellekausina tarpeellisen tuloilman kuivatuksen hoitaa lämpöpumppu jäähdyttämällä sen +12–14:ään asteeseen. Sen jälkeen kuivattu ilma lämmitetään jälkilämmityspatterilla säiliöön varastoutunutta lauhdelämpöä hyväksi käyttäen miellyttävään +18–20 asteeseen.

Uutta ilmanvaihtojärjestelmää varten oli rakennettava myös uutta kanavistoa. Myymälän poisto jätettiin ennalleen, mutta johdettiin poistoilmalämpöpumpun kautta Pallas HP Aqualle. Ilmanvaihtoratkaisussa oli tärkeää saada ilmanvaihto tasaiseksi koko myymälän alueelle. Sen haluttiin olevan myös mahdollisimman hiljainen, mikä piti ottaa huomioon kanavakokoja määrittäessä.

- Oli kavereilla kyllä haasteellinen työ asentaa kanavat mataliin rakenteisiin ja vanhaan liimapuupilari-palkkirunkoon, kauppias kehuu asentajien ammattitaitoa. Remontti piti toteuttaa myymälää sulkematta ja siinä myös onnistuttiin.

Myymälän pluspuolen kalusteiden ovitus ja ilmanvaihtoremontti toteutettiin syksyllä 2013, joten vasta kesä 2014 näyttää, miten hyvin tuloilman kuivatus toimii.

- Hyvin, Niskanen uskoo.



Vesipytty tulee mitoittaa siten, että sinne voi ajaa tarpeeksi energiaa pankkiin käyttäjän ulkopuolista aikaa (esim. yöaikaa) varten.

Tähänkin mennessä niin kauppias, työntekijät kuin asiakkaatkin ovat olleet uuteen ilmanvaihtoon erittäin tyytyväisiä.

- Myymälä pysyy kaikilla säillä tasalämpöisenä ja myös sisäilman laatu on paljon parempi. Ilmanvaihto on myös hiljainen, Niskanen sanoo tyytyväisenä.



### 13.6

## Teollisuushalli ja toimistotilat, Porvoo

Yritys	Metallityöliike Nyberg Tom Ky / Anders Nyberg
Rakennusvuosi	2013
Urakointi	Best-Hall Oy
Pinta-ala	n. 1500 m <sup>2</sup>
Tilavuus	8380 m <sup>3</sup>
LVI-suunnittelu	Ab Ingenjörbyrå Jörgen Holm Insinööritoimisto Oy / Jörgen Holm
Lämmitys- ja ilmanvaihtoratkaisu	4 kpl Pallas HP Aqua KI kuivatustoiminnolla ja 1 kpl Pegasos HP Aqua kuivatustoiminnolla
Tukilämmitys	kaukolämpö
Urakointi	Ilmastointikulma Oy
Putkiurakka	LVI-Center Auhtola Oy
Sähkö/Automaatio	EK-Automatic
Lämmitystehon tarve	53 kW
Ilmanvaihdon jäähdytysteho	27 kW
Mitoitusilmamäärä (jäähdytys)	2790 l/s

### Ihanteelliset sisäolosuhteet tuotantokiinteistöön

*Tilojen ilmanvaihto, lämmitys ja jäähdytys hoidetaan edullisesti ja kätevästi omilla laitteillaan.*

Porvoolainen konepajayritys Metallityöliike Nyberg Tom Ky investoi moderniin tuotantohalliin juuri oikeaan aikaan, keskellä laskusuhdannetta. Yrityksen vanhassa hallissa vuokralaisena oleva kahvipaahtimo Robert Pauling Oy tarvitsi lisää tilaa.

- He halusivat saada myös konepajan tilat käyttöönsä. Matalasuhdanteessa konepajateollisuudessa on hiljaisempaa, joten aikaa rakennuttamiseen löytyy. Kun nousu taas alkaa, tiloista on Porvoossakin taas pulaa, **Anders Nyberg** kertoo.

### Joustavia mahdollisuuksia

Kun yritykset etsivät tuotanto- ja toimistotiloja, valinnassa painavat sijainti, hyvät sisäolosuhteet sekä muuntojoustavat tilat. Toimintaympäristö muuttuu nopeasti ja tilojen on pystyttävä vastaamaan vaihtuviin tarpeisiin mahdollisimman vähällä vaivalla. Muuntojoustavuus on otettava huomioon paitsi tilojen jakamisen tai laajentamisen mahdollistavina rakenneratkaisuin, myös taloteknisissä järjestelmissä.

Metallityöliike Tom Nyberg Ky rakennutti vuonna 2013 juuri tällaisen modernin, muuntojoustavan tuotantohallin Tolkkisiin. Metallityöliike Nyberg Tom Ky siirsi oman tuotantonsa uuteen halliin alkuvuodesta 2014. Vuokrattavana on kätevästi kahtia jaettava tai kokonaisu-



*Aqua tilavassa ja valoisassa hallissa.*



*Nyberg on tyytyväinen investointiinsa.*

dessaan käytettävä suuri halli sekä modernia, valoisaa toimistotilaa kahdessa kerroksessa.

Metallityöliike Nyberg Tom Ky on vuonna 1964 perustettu perheyrittys, jota Anders Nyberg nyt johtaa toisessa polvessa. Eivät hänen vanhempansakaan tosin ole vielä, perinteiseen elämäntapayrittäjien tapaan, malttaneet täysin eläkkeelle jäädä. Ja mikäs on työskennellessä: uusissa konepajajaloissa kaikki on suunniteltu toimimaan niin kuin pitää ja olosuhteet ovat erinomaiset.

Konepajayrityksen tontti tuotantohalleineen sijaitsee Porvoon Tolkkisissa, aivan meren rannalla. Uuden tuotantohallin rannan puoleisen pään toimisto-osan ikkunoista on näkymä merelle, josta asuintalossa maksettaisiin maltaita.

Metallityöliike Nyberg Tom Ky osti alun perin vuonna 1971 rakennetun hallin tontteineen kymmenen vuotta sitten. Kiinteistö on kiinni kaukolämpöverkossa. Kaukolämpö olikin yksi vaihtoehtoista uuden tuotantohallin lämmitysratkaisua harkittaessa.

- Se olisi ollut investointikustannuksiltaan edullisin, mutta ehkä käyttökustannuksiltaan arvaamaton vaihtoehto, Nyberg huomauttaa.

Maalämpöäkin harkittiin, mutta energiakaivojen poraus on kuitenkin hintava ja radonalueella on rikiaktiivinen ratkaisu. Keräysputket olisi voinut asentaa myös mereen, mutta vilkkaan laivaliikenteen vuoksi Nyberg ei pitänyt ajatusta turvallisena.

### **Jäähdytys tärkeä ominaisuus**

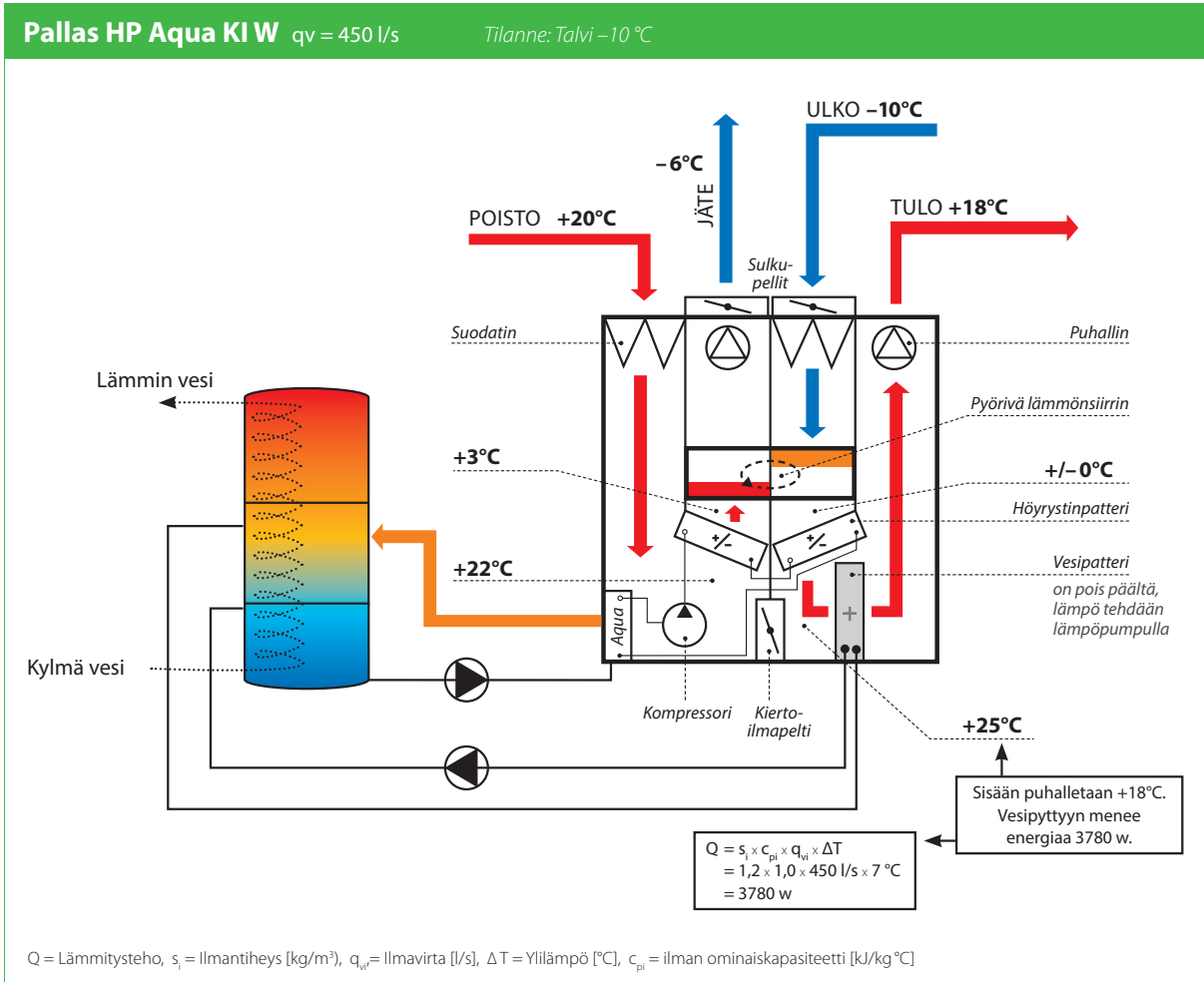
Nyberg halusi kiinteistöön toimivan, tarpeenmukaisen ilmanvaihtoratkaisun, joka mahdollistaisi niin sisäilman jäähdytyksen kuin kuivatuksenkin.

- Moderneja, energiatehokkaita tuotantohalleja lämmitetään nykyisin myös ilmalämpöpumpuilla. Ne lämmittävät tiloja kylmään vuodenaikaan ja jäähdyttävät tarvittaessa kesällä. Konepaja toiminnassa hukkalämpöä syntyy kuitenkin paljon myös talvikaudella, joten meille tarvittiin pelkkiä ilmalämpöpumppuja monipuolisempi ratkaisu, Nyberg kertoo.

Keväällä 2014 jäähdytystä onkin tarvittu jo silloin, kun ulkolämpötila on ollut vasta +8 °C.

LVI-suunnittelija Jörgen Holmin ratkaisu tuottaa ihanteelliset olosuhteet kaikkiin tiloihin mahdollisimman joustavasti, energiatehokkaasti sekä edullisesti.

Tuotantotilat on jaettavissa kaikkiaan kolmeen osaan. Niistä jokaisella on hyvä olla oma ilmanvaihto-, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmänsä, sillä toiminnan luonteen mukaan tarpeet voivat olla hyvinkin erilaiset. N. 250 m<sup>2</sup>:n toimisto- ja sosiaalitiloissa tarpeet ovat myös erilaiset. Myös lämmönjakotapa on toisenlainen. Tuotantotiloissa lämmönjakojärjestelmänä on ilmalämmitys, toimisto- ja sosiaalitiloissa mukavuussyistä vesikiertoinen lattialämmitys. Sosiaalitiloissa on myös suihkutilat työntekijöiden käyttöön. Tuotantotiloissa lämpimän veden tarve on vähäistä.



Climecon päätelaite hallin katossa välittää hyvää sisäilmaa tasaisesti.

## Suunnittelun ammattitaitoa

Ilmanvaihto-, lämmitys- ja jäähdytysratkaisuna kiinteistöön asennettiin yksi Enervent Pegasos HP Aqua kuivatustoiminolla ja neljä Enervent Pallas HP Aqua KI:ä kuivatustoiminolla.

- Erinomainen ratkaisu – niissä kaikki tarvittava on samassa paketissa, Nyberg huomauttaa.

Kiinteistön ilmanvaihto-, lämmitys- ja jäähdytysratkaisu on toteutettu lohkoissa. Kustakin lohkoa talteen otettu lämpö siirretään energiaväylän avulla teknisessä tilassa sijaitsevaan, energiapankkina toimivaan 5000 litran Akvaterm-varaajaan. Sieltä sitä hyödynnetään tarpeen mukaan toimistokerroksen lattialämmitykseen ja käyttöveden lämmitykseen, IV-laitteiden lämmityspattereissa tuloilman lämmittämiseen sekä hellekaudella jäähdyttämällä kuivatun tuloilman uudelleenlämmittämiseen.

Kovilla pakkasilla lämmityksessä käytetään tukena sähkövastuksia. Pitkillä pakkaskausilla varalla on myös kaukolämpö.

Ratkaisu on osoittautunut jo puolessa vuodessa varsin energiatehokkaaksi: uuden hallin lämmitykseen on kulunut vain kuudesosa (6500 kWh) vanhan hallin lämmityksen vaatimasta energiamäärästä.

Suunnittelijalta ilmalämmityksen ja -jäähdytyksen suunnittelu tuotantokiinteistöön edellyttää paitsi asiantuntemusta, myös kokemusta.

- Erinomaiset sisäilmaolosuhteet ja hyvä sisäilman laatu varmistetaan mitoittamalla järjestelmä siten, että hyvä jäähdytys- että lämmitysteho saadaan varmistettua. Ilmamäärät on mitoittava ilmajäähdytystä varten tavanomaista suuremmiksi. Rakennemääräyskoelman minimitasolla ei sitä voida taata, LVI-suunnittelija **Jörgen Holm** painottaa.



### 13.7 Energiaväylä asuinkerrostalossa

#### Talon sisäinen energian jakelu tasaa huoneistojen lämpötilaerot

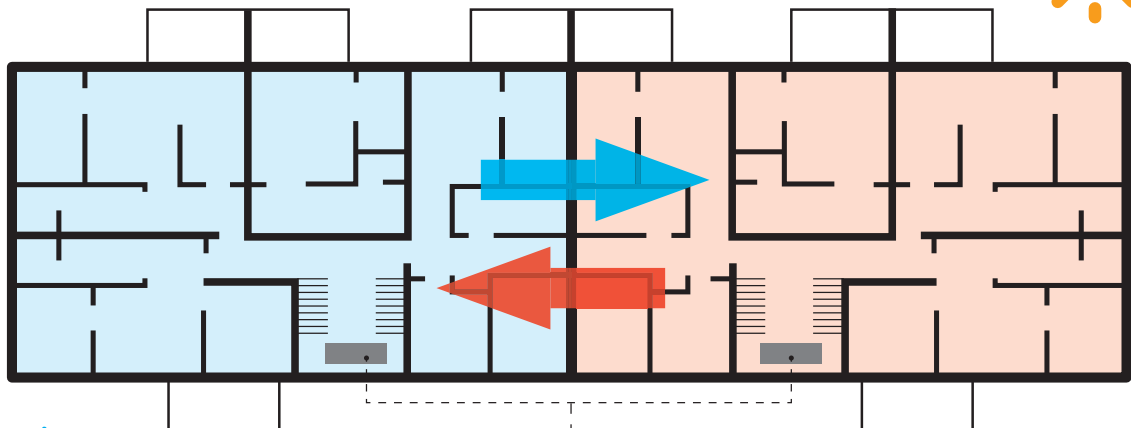
Lämmityksen, jäähdytyksen ja sisäilman kuivatuksen tarpeet vaihtelevat kerrostalossa eri tilojen välillä jopa samana vuodenaikana. Jo varhain keväällä aurinkoisella sivustalla voidaan tarvita jäähdytystä, kun varjoisella puolella vielä eletään täyttä lämmityskautta. Näiden lämpötilaerojen tasaaminen onkin asumismukavuuden ja energiatehokkuuden kannalta merkittäviä tekijöitä tämän päivän rakentamisessa. Käytännössä rakennus jaetaan useampaan lohkokon, joista jokaiselle suunnitellaan oma ilmanvaihtonsa. Ylijäävä energia otetaan talteen ja ohjataan energiaväylää pitkin talon yhteiseen energiatankkiin. Tankista jaetaan jo kerran hankittua energiaa uudelleen rakennuksen viileämpiin lohkoihin. Yliämpöön lisäksi myös alilämpö saadaan ilmalämpöpumppujen avulla talteen ja voidaan hyödyntää tilojen jäähdyttämisessä.

#### Elitarvikemyymälä jakaa energiaa asukkaille

Esimerkiksi käy energiaväylän hyödyntäminen kerrostalossa, jonka katutasossa on elintarvikemyymälä. Tavanomaisessa ratkaisussa myymälän ilmanvaihto ja kaupan kylmäkoneet toteutetaan omana kokonaisuutenaan, kun taas asunnoissa on oma ilmanvaihtonsa. Totutussa ratkaisussa kauppa on saattanut muodostaa merkittävän lisäkustannuksen taloyhtiölle ja asukkaille. Energiaväylän avulla kaupan laitteiden tuottama ylijäämä otetaan talteen. Näin asukkaiden käyttämä vesi lämpenee suuren osan vuodesta kiinteistön sisäisellä kierrätysenergialla.

#### Rappukohtainen ilmanvaihtolaite

Talon eteläpääty pysyy miellyttävän viileänä kun auringon tuottama ylijäämä siirretään energiaväylän kautta talon toiselle puolelle.

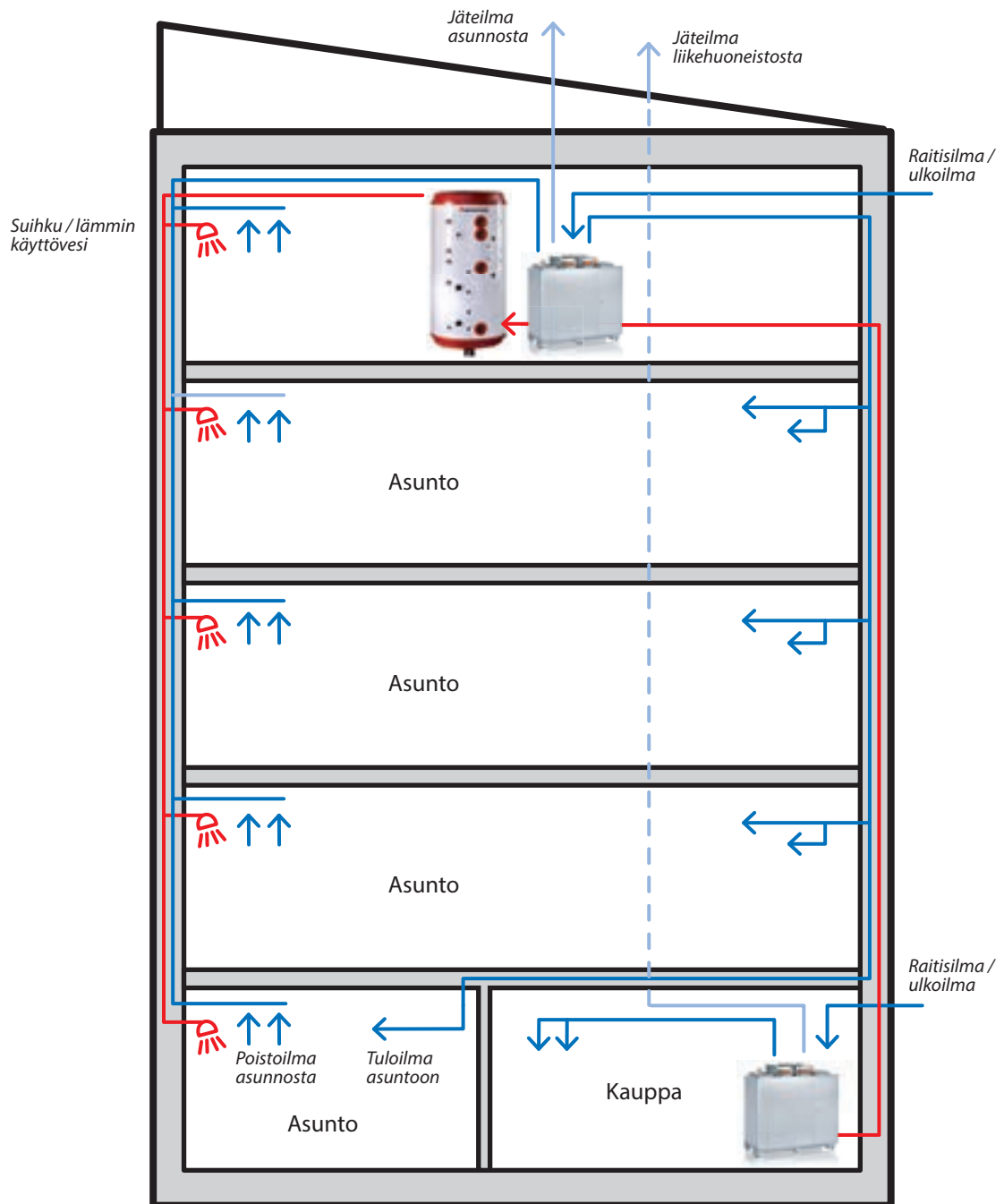


2 X Pallas HP GLTO  
 • 550 l/s normimitoitus  
 • 715 l/s tehostus



**Kesätilanne:** Tuloilma on viileää ja kuivaa. Ylilämpö käytetään lämpimään veteen.

**Talvitilanne:** Tuloilma on lämmintä, ilmanvaihdon lämpöhäviö on minimaalinen. Lämpöpumpun ylilämpö käytetään lämpimän veteen.



*Kaupalla on oma Energiaväyläkone*



# 14

## PILOTEISTA PERUS- RAKENTAMISEEN – PASSIIVI- JA 0-ENERGIA- RAKENTAMINEN ON PIAN VALTA- VIRTAA

Rakentamisen ammattilaiset eri puolilla maailmaa pyrkivät etsimään ratkaisuja edes maapallon keskilämpötilan nousemisen hidastamiseen. Kiinteistöissä energian säästämiseen on erittäin suuri potentiaali. Euroopassa rakennukset kuluttavat noin 40 % kaikesta energiasta. Meillä Suomessa rakennusten energiankulutus aiheuttaa kolmanneksen kaikista kasvihuonepäästöistämme, eli noin 22 miljoonaa tonnia hiilidioksidia vuodessa.

Rakentamisen ja jo olemassa olevien rakennusten energiatehokkuuden parantaminen onkin yksi selkeimmistä ja helpoimmin toteutettavista keinoista energian käytön vähentämiseen ja ilmastomuutoksen hidastamiseen. Energiatehokas rakennus on oikein toteutettuna myös asumismukavuudeltaan energiatehotonta parempi ja käyttökustannuksiltaan edullisempi.

Rakentamisen energiatehokkuuden parantaminen on todellinen win-win-mahdollisuus. Se kohentaa rakennuskannan arvoa parantaessaan myös kansantaloutta. Se tuo uusia markkinoita energiatehokkaille ratkaisuille, rakennusmateriaaleille, -järjestelmille sekä taloteknisille ratkaisuille. Olemme olleet eturintamassa ottamassa käyttöön energiatehokkaan rakentamisen käytäntöjä ja edellyttämässä rakentamisen sekä peruskorjaamisen energiatehokkuutta myös rakentamismääräyksissämme. Näin meillä on etulyöntiasema ratkaisujen kehittämisessä ja tuotteistamisessa sekä markkinoimisessa myös maailmanlaajuisesti.

Jos Suomen ilmastossa jollakin menetelmällä saadaan erinomaisia tuloksia, miten hyvin ne voivatkaan toimia muualla?

### 14.1 **Keinot selvillä**

Ympäristöystävällisintä on tietysti sellainen energia, jota ei tarvitse käyttää ollenkaan.

Menetelmät rakennusten lämmitysenergiakustannusten vähentämiseksi ovat varsin yksinkertaiset toteuttaa.

- » Rakennuksessa on oltava hyvin eristetty ja tiivis ulkovaippa sekä ilmanvaihtolaite, jonka lämmön talteenoton vuosihyötysuhde on mahdollisimman hyvä.
- » Rakennuksessa käytettävien sähkölaitteiden on oltava mahdollisimman energiatehokkaita.
- » Aurinkoenergia hyödynnetään mahdollisimman hyvin.
- » Energiankulutusta tarkkaillaan mittaamalla.
- » Lämmitysenergiälähde valitaan ympäristöystävällisyyden, energiatehokkuuden ja taloudellisuuden perusteella.

## 14.2

### **Osaamista keräämässä**

Energiatehokas rakentaminen ei ole Suomessa mitään uutta. Ensimmäisen kerran uudisrakentamisen energiatehokkuutta kohennettiin merkittävästi jo 1970-luvun öljykriisin jälkimainingeissa. Rakenteita tiivistettiin, lämmöneristystä parannettiin ja käyttöön saatiin kolmilasiset ikkunat. Matalaenergiarakentamisen koekohteita toteutettiin jo 1980-luvulla.

Suomalainen rakennus- ja rakennustuoteteollisuus on toteuttanut viime vuosina varsin kunnianhimoisia pilottikohteita, joiden perusteella tiedetään, että passiivi- ja laskennallisesti nollaenergiataloja voidaan toteuttaa aivan tavallisilla materiaaleilla ja perinteisillä menetelmillä. Se edellyttää huolellista suunnittelua ja tarkkaa asennusta, mutta yllättävänkin pieniä lisäkustannuksia ns. normitason rakentamiseen verrattuna.

Pilottikohteiden jälkeen erityisen energiatehokkaan rakentamisen periaatteita olisi päästävä jo laajemmin soveltamaan aivan tavanomaiseen rakentamiseen. Kunnianhimoisena tavoitteena on pyrkiä lähes 0-energiatasolle uudisrakentamisessa jo vuodesta 2020 alkaen. EU edellyttää, että vuoden 2019 alusta lähtien kaikkien uusien viranomaisten käytössä olevien rakennusten tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia, ja vuoden 2021 alusta vaatimus koskee myös muita uusia rakennuksia.

Jotta todella saisimme vähennetyksi niin rakennusten lämmittämiseen kuluvan energian määrää kuin hiilidioksidipäästöjäkin, myös olemassa olevien rakennusten energiatehokkuutta on nostettava merkittävästi. Se ei ole helppo tehtävä, sillä kaikenlaisille rakennuksille tarvittaisiin tuotteistettuja energiakorjausmenetelmiä, jotta saneeraukset saataisiin taloudellisesti kannattaviksi. Jokaisen kiinteistön osalta yksilöllisesti räätälöidyt korjaukset ovat työläitä toteuttaa.

Energiaremonttien pilottikohteista on jo saatu hyvä tuloksia esimerkiksi asuinkerros-taloissa ja pientaloissa. Tämän kirjan luvussa 13 esitellään rintamamiestalon energiaremontti.

## 14.3

### **Standardirakennuksesta plusenergiataloon**

Riippumatta siitä, kuinka energiatehokas uudisrakennuksesta pyritään saamaan, tietyt periaatteet pätevät aina. Tiivis ja hyvin eristetty ulkovaippa on kaiken a ja o. Ilmanvaihdon tehokas lämmön talteenotto puolestaan estää kertaalleen maksettua kallista energiaa joutumasta hukkaan.

Rakennuksen sijainti tontilla voi vaikuttaa merkittävästi sen energiatehokkuuteen, mutta aina sitä ei voida optimaalisella tavalla järjestää. Sen sijaan energiamuodolla on sitä vähäisempi merkitys, mitä vähemmän sitä tarvitaan.

Usein unohtuu, että voimassaolevien rakentamismääräysten mukainen **standardirakennus** on jo hyvin energiatehokas. Se täyttää rakennus- ja energiamääräysten

### Passiivitalon tärkeitä suureita

Lämmitysenergian tarve 20–30 kWh/m<sup>2</sup>.

Ilmanvuotoluku n50 korkeintaan 0,6 1/h

Ovien U-arvo 0,40 ja ikkunoiden 0,80 W/m<sup>2</sup>K.

Ilmanvaihtolaitteen LTO:n vuosihyötysuhde vähintään 70 %.

minimivaatimukset. Määräykset muuttuvat, joten kun uudisrakentamisen energiatehokkuusvaatimukset seuraavan kerran muuttuvat, vuoden 2014 standardirakennus ei enää määryiksi kaikilta osin välttämättä täytä.

Rakentamisen energiatehokkuudesta puhuttaessa viljellään mielellään termejä, joiden merkityksestä ei välttämättä olla yhtä mieltä. Vaatimukset vaihtelevat myös maittain esimerkiksi passiivirakennuksen osalta ja ne myös muuttuvat uuden tiedon ja tekniikan kehityksen myötä.

**Matalaenergiarakennus** kuluttaa puolet vähemmän energiaa kuin rakennusmääräykset täyttävä standardirakennus. Se onnistuu panostamalla ulkovaipan eristävyyteen ja tiiveyteen sekä ilmanvaihdon lämmön talteenottoon. Matalaenergiatalojen rakentaminen on mahdollista tavanomaisella nykytekniikalla. Energian tarve vuodessa on 50–60 kWh/m<sup>2</sup>. Määritelmä on Euroopassa jokseenkin vakiintunut.

**Passiivitalo** kuluttaa vain neljänneksen standardirakennuksen käyttämästä energiasta. Rakennuksen lämmittämiseen erillisiä lämmönlähteitä ei välttämättä tarvita, koska se lämpiää ihmisistä, kodinkoneista ja valaistuksesta. Passiivitalon edellytyksenä on korkealaatuinen ilmanvaihtolaite, joka hyödyntää suurimman osan jäteilman lämmöstä ja käyttää tämän lämmön tuloilman lämmittämiseen. Vuosihyötysuhteen tulisi olla vähintään 70 %. Ostetun energian tarve vuodessa vaihtelee asuinpaikasta riippuen; Keski-Euroopassa kulutus on 15 kWh/m<sup>2</sup>, Pohjois-Euroopassa korkeintaan 30 kWh/m<sup>2</sup>. VTT:n laskelmien passiivitalon keskimääräinen lämmitysenergian tarve on Etelä-Suomessa 20 kWh/m<sup>2</sup>, Keski-Suomessa 25 kWh/m<sup>2</sup> ja Pohjois-Suomessa 30 kWh/m<sup>2</sup>. Primäärienergian tarve on 130–140 kWh/m<sup>2</sup>.

Passiivitalon odotettu lämmöntarve on siis neljäsosa standardirakennuksen lämmöntarpeesta.

**0-energiatalo** tuottaa vuositasona energiaa yhtä paljon kuin se kuluttaa. Käytännössä tulos on aina laskennallinen, sillä niin kulutus kuin tuottoakin voivat vaihdella – varsinkin suomalaisessa ilmastossa – hyvinkin paljon. Laskennallisen 0-energiatalon tulee siis tuottaa uusiutuvaa energiaa vähintään yhtä paljon kuin se uusiutumaton energiaa kuluttaa. Rakenteiden on oltava erittäin tiiviit ja hyvin eristetyt. Kaikkien talotekniikkajärjestelmien on oltava erittäin energiatehokkaita. Rakennuksen on tuotettava itse myös suuri osa käyttämästään kulutussähköstä.

**Plus-energiatalo** pystyykin jo tuottamaan energiaa yli tarpeensa ja myymään sitä esimerkiksi valtakunnan verkkoon tai toisille rakennuksille.

## 14.4 Passiivitalot nosteessa

Suomessakaan passiivitalot eivät ole enää harvinaisuuksia. Saksassa passiivitaloja on rakennettu jo vuosikymmenen ajan ja niitä on jo noin 10 000. Myös naapurissamme Ruotsissa passiivitalojen määrässä ollaan meitä edellä.

Passiivitalon toteuttamiseen ei nykyisin pitäisi olla enää esteitä. Kokemuksesta tiedetään, että se voidaan toteuttaa minkälaisella rakenteella ja mistä rakennusmateriaalista tahansa. Arkkitehtuurillekaan se ei aseta esteitä. Tehokas ihmisten, kodinkoneiden, elektroniikkalaitteiden ja valaistuksen tuottaman ylimääräisen lämmön talteen ottava ilmanvaihtolaite pitää lämpötilan tasaisena ympäri vuoden. Yhden ihmisen tuottama lämpö vastaa 100 W lamppua, kun taas taulutelevisio riittää lämmittämään 40–60 neliön suuruista tilaa.

Passiivitaloa rakennettaessa panostetaan hieman tavanomaista energiatehokkaampiin ratkaisuihin, rakenteiden lämmöneristykseen sekä tiiviuteen. Toisaalta säästetään siitä, ettei tavanomaista, raskasta lämmitysjärjestelmää lämmönjakojärjestelmien tarvita.

Ilmalämmitys on energiatehokas ja miellyttävä lämmitystapa passiivitalossa. Tuloilma voidaan lämmittää ilmanvaihtolaitteessa olevan lämpöpatterin avulla tai ilmanvaihtolaitte voidaan yhdistää huonekohtaisiin termostaattiohjattuihin sähkölämmittämiin.

Käyttöveden lämmittämiseen ja vuoden kylmien kuukausien ajaksi tarvitaan ulkoinen lämmönlähde. Vaihtoehtoja on paljon ja niitä voidaan myös yhdistää erilaisiksi hybridienergiaratkaisuiksi. Varaavat ja vesikiertoiset tulisijat, lämpöpumppu- ja aurinkojärjestelmät ovat ympäristöystävällisiä vaihtoehtoja.

Me suomalaiset rakastamme kodeissamme lämpimiä lattiaita ja lattialämmitystä voidaan toki käyttää lisälämpölähteenä myös passiivitaloissa. Lämmitystehon tarve on tosin pieni, joten lattialämmityksen suunnittelu ja mitoitus ovat tärkeitä.

Keskimäärin passiivitalon rakentaminen maksaa noin 5–10 % enemmän kuin standardirakennuksen. Takaisinmaksuajaksi on arvioitu omakotitalojen kohdalla kuutta vuotta.

## 14.5 **Ensto Enerventin ratkaisut passiivi- ja 0-energiataloihin**

Passiivitalon käyttökustannukset ovat pienet ja sen sisäilmasto optimaalinen. Energiatehokkaat ilmanvaihto- ja lämmitysratkaisut takaavat, että sisäilma on tasainen ja vedoton ja ilma puhdasta sekä raikasta hengittää. Hyvä ilmanvaihto takaa rakennukseen puhtaan sisäilman, joka on yksi terveellisen asumisen perusedellytyksistä ja nousee rakenteiltaan tiiviissä passiivitalossa myös merkittäväksi viihtyvyystekijäksi.

Juuri tässä nykyiset energiatehokkaat talot eroavat energiakriisin jälkeen tiiviiksi rakennetuista 1970-luvun lopun pullotaloista, joista asianmukainen ilmanvaihtojärjestelmä saattoi puuttua kokonaan. Passiivi- ja 0-energiataloissa on hyvä ja terveellinen sisäilmasto. Sisätilojen lämpötilan vaihtelut ovat pieniä. Koska vetoa ei esiinny, sitä ei tarvitse kompensoida yllämmityksellä.

Yksi energiatehokkaan rakentamisen peruspilareista on koneellinen, tehokkaalla lämmön talteenotolla varustettu ilmanvaihto. Ilmaa otetaan sisätiloihin tarpeen mukaan,

hallitusti koneellisesti eikä korvausilmaa pääse sisätiloihin huonosti tiivistettyjen rakenteiden kautta.

Tarpeen mukainen ilmanvaihto tarkoittaa, ettei asukkaiden tarvitse kiinnittää siihen välttämättä mitään huomiota. Modernin taloautomaatiikan ansiosta ilmanvaihdon taso voidaan säätää toimimaan automaattisesti pienemmällä teholla silloin, kun kukaan ei ole kotona. Se säästää energiaa. Järjestelmän anturit mittaavat sisäilman kosteus- ja hiilidioksiditasoa, joten riittävästi raitista ilmaa riittää myös silloin, kun suku kokoontuu juhlimaan lakkiaisia.

Asunnon lämpötilaa voidaan säätää huonekohtaisesti, sillä huoneet on varustettu termostaateilla.

Ensto Enervent on ollut mukana passiivitoratkaisujen kehittämisessä alusta alkaen. Sen ilmanvaihtolaitteet soveltuvat korkean lämmön talteenoton vuosihyötysuhteensa vuoksi erinomaisesti erityisen energiatehokkaaseen rakentamiseen. Suunnittelun ja asennuksen helpottamiseksi yhteen pakettiin sovitettujen ilmanvaihto-, LTO-, lämmitys-, jäähdytys- ja kuivatusratkaisut on liitettävissä luontevasti muihin taloteknisiin järjestelmiin, esimerkiksi lämpöpumppuihin sekä taloautomaatiojärjestelmiin.

Ensto Enerventin ilmanvaihtolaitteita löytyy esimerkiksi viime vuosien asuntomessujen passiivitalo-kohteista. Valkeakosken vuoden 2009 asuntomessujen TV-talossa ilmanvaihdosta huolehtii Enervent Pegasos, Kuopion vuoden 2010 asuntomessujen Passiivitalo Pekkarisessa Enervent Pandion eco EDE. Tampereen vuoden 2012 asuntomessuilla passiivitalo Ruislaineessa on myös Enervent Pingvin eco EDE ja Tervakukassa Enervent Pelican HP sekä kosteissa tiloissa Enervent Pingvin eco EDE.

## 14.6 **Muita energiatehokkaan rakentamisen kehitysprojekteja**

Energiatehokkaan rakentamisen kehittäminen edellyttää kaikkien rakentamisen osapuolien tiivistä yhteistyötä. Talon rakenteiden ja kaikkien taloteknisten järjestelmien on toimittava saumattomasti yhdessä, jotta kokonaisuus toimisi ajatellulla tavalla energiatehokkaasti ja takaisi myös luvattun asumismukavuuden. Ensto Enervent onkin mukana lähivuosien mielenkiintoisissa hankkeissa. Paroc renZero-kohde esitellään luvusta 13.



## 14.7

### **EEMontti sähkölämmitystalojen energiatehokkuuden parantamiseen**

Ensto on jäsenenä Green Net Finland ry:ssä, joka suunnittelee ja toteuttaa ympäristö- ja energia-alojen julkisten ja yksityisten toimijoiden välistä verkostoyhteistyötä ja edistää alan osaamista. Yhdistyksen koordinoimassa, 2011–2012 toteutetussa EEMontti – Lämmityskulut puoleen -kilpailussa haettiin remonttiratkaisuja Suomen puolelle miljoonalle sähkölämmitteiselle omakotitalolle.

EEMontti-kilpailussa toteutettiin 1960- ja 70-luvuilla sekä 2000-luvulla valmistuneiden suorasähkölämmitteisten omakotitalojen energiaremontit. Metropolia ammattikorkeakoulun työryhmä dokumentoi remonttien vaikutukset kuuden kuukauden seurantajakson ajalta. Kilpailun päätaavoitteena oli puolittaa neljän kohdekiinteistön lämmitysjärjestelmän ostoenergian kulutus, johon luetaan mukaan tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmityksen vaatima energia. Eri aikakausina rakennetut kohdekiinteistöt edustavat kaikkiaan noin 500 000 suomalaista pientaloa, joissa ei ole vesikiertoista lämmitysjärjestelmää. Juuri tämäntyyppisiä taloja on pidetty vaikeasti remontoitavina.

EEMontti-kilpailu osoitti, että vaihtoehtoisia keinoja energiaremontin toteuttamiseen voi olla useita. Niihin tulisikin perehtyä huolella haksahattamatta hankintahinnaltaan edullisimpaan tai vaivattomimpaan ratkaisuun.

1970-luvun talon ilmanvaihtoremontti toteutettiin yksikerroksiseen omakotitaloon, jonka vuosittainen energiankulutus oli noin 31 000 kWh. Rakennuksessa oli varaava takka ja ilmalämpöpumppu sekä koneellinen poistoilmanvaihto. Korvausilma tuli taloon hallitsemattomasti rakenteiden kautta.

Remontissa taloon asennettiin Enervent LTR-3 eco EDX-E -ilmanvaihtolaite, johon on integroitu ilmalämpöpumppu. Näin laitetta voidaan hyödyntää paitsi lämmitykseen, myös sisäilman jäähdytykseen. Sähköinen jälkilämmityspatteri varmistaa tuloilman sopivan lämpötilan myös kovilla pakkasilla. Vanhat sähkölämmittimet vaihdettiin uusiin. Taloon asennettiin myös Ensto eVahti-energiamittari mittaamaan talon kokonaisenergiankulutusta.

Remontin kokonaiskustannus oli n. 19 000 euroa, josta vähennettiin kotitalousvähennys 4000 euroa. Seurantajakson aikana energiankulutus laski noin 30 % lähtötilanteesta. Vuosittaiset säästöt olivat tuhannen euron luokkaa. Talon markkinahinnan arvioitiin remontin ansiosta nousseen 10 000 eurolla. Samalla sisäilman laatu parantui merkittävästi.

Investoinnille voi laskea takaisinmaksuajaksi 12,5 vuotta.

## 14.8

### **HP4NZEB – lähes 0-energiatasoon lämpöpumppujen avulla**

Green Net Finlandin HP4NZEB- (Lämpöpumppuratkaisuihin perustuvat energiatehokkaat ja kustannusoptimaaliset lähes 0-energiarakennuskonseptit) hankkeessa etsitään kustannustehokkaita keinoja käyttää lämpöpumppuja lähes 0-energiarakentamisessa – sekä uudis- että korjausrakentamisen kaiken kokoisissa hankkeissa kartoitetaan lämpöpumppujen roolia lähes nollaenergiarakentamisessa. Hankkeessa etsitään nimenomaan Suomen olosuhteissa toimivia ratkaisuja, jotka myös simuloidaan lämmitys-, jäähdytys- ja sähköenergian tarpeiden osalta ja niiden taloudellisuus lasketaan erilaisilla energian hinnannousuennusteilla.

HP4NZEB tuottaa koko rakennusalaan hyödyttävää tietoa paitsi uudisrakentamiseen, niin myös korjausrakentamiseen. Kansainvälistä osaamisen hyödyntämiseksi hanke osallistuu kansainväliseen tiedonvaihtoon International Energy Agency:n Lämpöpumppuohjelman annex-toiminnan kautta.

Yritysosallistujien, mm. Ensto Enervent, lisäksi hankkeessa ovat mukana myös Suomen Lämpöpumppuyhdistyksen SULPU ry:n, VTT:n ja Aalto yliopisto. Projekti kuuluu Tekesin Fiksu kaupunki 2013–2017-ohjelmaan ja päättyy syksyllä 2015.





## LÄHTEET JA LISÄÄ TIETOA

### Suomen rakentamismääräyskokoelma, osat D2, D3 ja D5

[www.finlex.fi](http://www.finlex.fi)

[www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamis-maarayskokoelma/Suomen\\_rakentamismaarayskokoelma\(3624\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamis-maarayskokoelma/Suomen_rakentamismaarayskokoelma(3624))

### Hyvästä ja terveellisestä sisäilmasta

[www.allergia.fi](http://www.allergia.fi)

[www.hengitysliitto.fi](http://www.hengitysliitto.fi)

[www.hengitysyhdistys.fi](http://www.hengitysyhdistys.fi)

[www.sisailma.info.fi](http://www.sisailma.info.fi)

[www.sisailmayhdistys.fi](http://www.sisailmayhdistys.fi)

[www.sauna.fi](http://www.sauna.fi)

[www.tsy.fi](http://www.tsy.fi)

### Energiatehokkuudesta

[www.ekosuunnittelu.info](http://www.ekosuunnittelu.info)

[www.motiva.fi](http://www.motiva.fi)

[www.sulpu.fi](http://www.sulpu.fi)

[www.sulvi.fi](http://www.sulvi.fi)

[www.tukes.fi](http://www.tukes.fi) > ... > Sähkölaitteet > Sähkölaitteiden vaatimukset

[www.ym.fi/.../Ekosuunnitteludirektiivi\\_ja\\_energiamerkintadirektiivi](http://www.ym.fi/.../Ekosuunnitteludirektiivi_ja_energiamerkintadirektiivi)

### Energiatehokkaasta rakentamisesta

[ec.europa.eu/energy/efficiency/consultations/.../fi\\_directive2013.pdf](http://ec.europa.eu/energy/efficiency/consultations/.../fi_directive2013.pdf) [www.energiavirasto.fi/ekosuunnittelu](http://www.energiavirasto.fi/ekosuunnittelu)

[www.erms.fi/cms/fi/vihreae-rakentaminen](http://www.erms.fi/cms/fi/vihreae-rakentaminen)

[www.greennetfinland.fi/fi/index.php/HP4NZE8](http://www.greennetfinland.fi/fi/index.php/HP4NZE8)

[www.promise-luokitus.fi](http://www.promise-luokitus.fi)

[www.eemontti.fi](http://www.eemontti.fi)

[figbc.fi](http://figbc.fi)

[www.passiivi.info](http://www.passiivi.info)

[www.renzero.fi](http://www.renzero.fi)

[www.frame-finland.fi](http://www.frame-finland.fi)

[www.wikipedia.fi](http://www.wikipedia.fi)



