

Ilmanvaihdon parannus- ja korjausratkaisut – 2.5 Keskitetyn jäähdytyksen lisääminen

Konseptin sisältö

Rakennusten sisäisten lämpökuormien kasvu on nostanut kesäaikaisia huonelämpötiloja. Huonelämpötilojen nousua voidaan rajoittaa mm. yötuuletuksella ja ikkunoiden aurinkosuojuuksella. Jäähdytystä tarvitaan, mikäli huoneilman haluttuja lämpöolosuhteita ei saavuteta ilmanvaihto- ja rakennusteknisin keinoin. Tässä konseptissa kuvataan toimenpiteet keskitetyn jäähdytyksen lisäämiseksi olemassa olevaan ilmanvaihtojärjestelmään. Konseptia voidaan käyttää jäähdytystarpeen ja saavuttavien huoneilman lämpöolosuhteiden arviointiin.

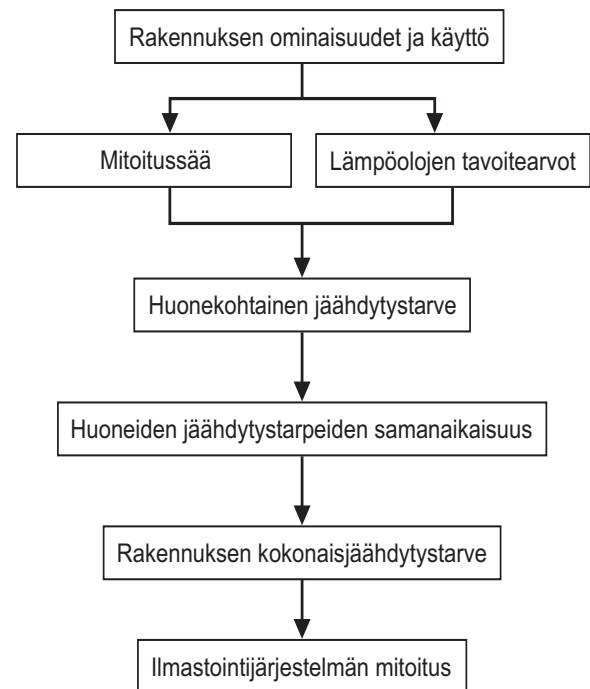
Keskitetyn jäähdytyksen lisääminen ilmanvaihtojärjestelmään

Jäähdytystarpeen laskenta

Jäähdytystarpeen laskennassa on määritettävä lämpöolojen tavoitearvot ja käytettävät säätiedot. Laskennassa käytettävä mitoitusulkolämpötila vaikuttaa oleellisesti jäähdytystehontarpeeseen. Mitoituksessa käytettävä sää on siis valittava huolella ja sovittava jo suunnittelun alkuvaiheessa. Kuvassa 1 on esitetty rakennuksen jäähdytystarpeen ja ilmastointijärjestelmän mitoituksen periaate (LVI 1992). Olemassa olevassa järjestelmässä saavutettavat lämpöolosuhteet määritetään rakennuksen ominaisuuksien, mitoitus sään ja ilmastointijärjestelmän perusteella.

Rakennuksen jäähdytystarve ei yleensä ole sama kuin huoneiden jäähdytystarpeiden summa. Lisäksi rakenteiden lämpökapasiteetti tasaa huoneen lämpötilan vaihteluja. Jäähdytyskuorman huippu on sitä

pienempi, mitä suurempi on huoneen lämpökapasiteetti.



Kuva 1. Rakennuksen jäähdytystarpeen ja ilmastointijärjestelmän mitoitukseen vaikuttavat tekijät (LVI 1992).

Jäähdytystehontarpeen vähentäminen ikkunoiden aurinkosuojuuksella

Ikkunoiden aurinkosuojuuksella voidaan vähentää auringon säteilyn aiheuttamaa lämpökuormaa. Aurinkosuojaustapoja ovat ikkunapinnoitteet, säleverhot ja lip-pa. Ikkunoiden suuntauksella on merkittävä vaikutus rakennuksen jäähdytystehontarpeeseen.

Yötuuletus

Yötuuletuksessa huoneilmaa ja rakenteita jäähdytetään huoneilmaa kylmemmällä ulkoilmalla. Yötuuletuksella on mahdollista alentaa kesäaikaisia huonelämpötiloja erityisesti aamupäivän ensimmäisten työtuntien ajaksi (Holopainen 2005). Yö-

tuuletuksen jäähdytystehoa säädetään yleensä ilmanvaihdon käyntiaikaa ja/tai tuloilmavirtaa muuttamalla. Yötuuletuksen käytössä on varmistettava, että tuloilma on lämmittämätöntä ulkoilmaa.

Tuloilman epäsuora kostutusjäähdytys

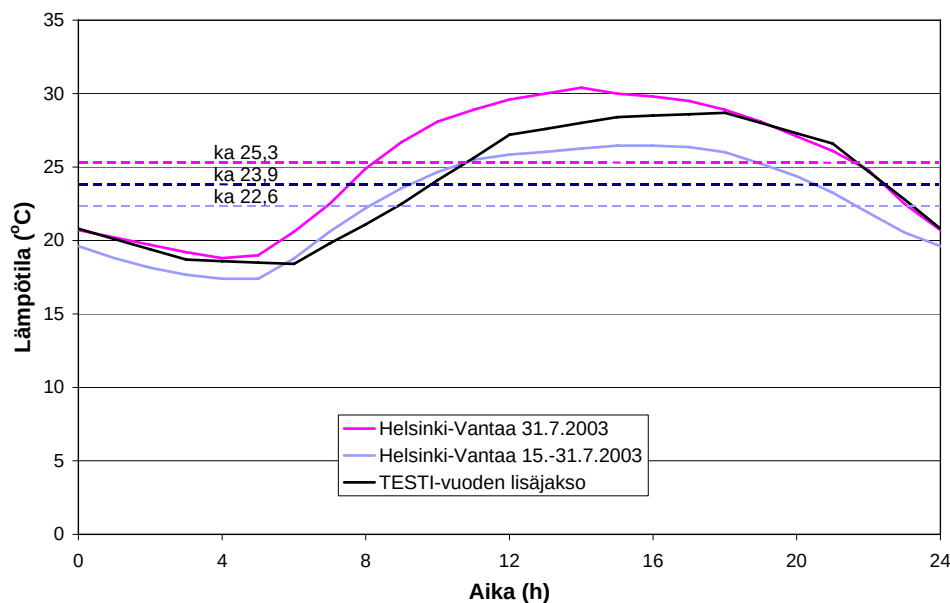
Tuloilman epäsuorassa kostutusjäähdytyksessä poistoilmasta saatava jäähdytysteho siirretään lämmöntalteenottolaitteella tuloilmaan. Tuloilman epäsuoralla kostutusjäähdytyksellä tuloilma on mahdollista jäähdyttää hellekausina 20–22 °C:een (Laine ja Saari 1994).

Käytettävät säätiedot

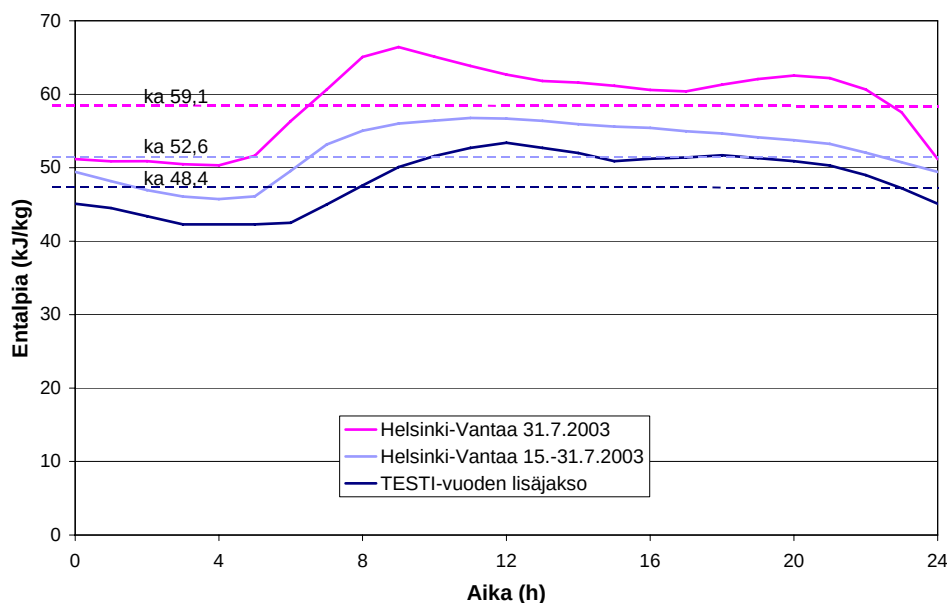
Jäähdytystarpeen laskentaa ei voi tehdä hetkelliseen tilanteeseen perustuvalla mitoituksella vaan se on tehtävä aina pidemmälle ajanjaksolle, yleensä muutamalle

vuorokaudelle, jota tarkastellaan jatkuvuustilanteessa. TESTI-vuoden lisäjakso (kesäolosuhteiden mitoitussää Helsingissä) perustuu viiden vuorokauden pituiseen hellejaksoon 27.6–1.7.1972. Jäähdytystarpeen laskennassa sallitaan vuorokauden maksimilämpötilan 25 °C ylitys kymmenenä vuorokautena (10 vrk) kesäelokuun aikana (LVI 1992).

Kuvassa 2 on esitetty TESTI-vuoden lisäjakson ulkoilman tunnitaiset keskilämpötilat ja kuvassa 3 ulkoilman keskientalpiat (LVI 1992). Kuvissa 2 ja 3 on esitetty myös ulkoilman lämpötilojen ja entalpian tuntikeskiarvot Helsinki-Vantaa lentoaseman säähavaintoasemalla hellejaksona 15.–31.7.2003 (17 vrk) ja 31.7.2003 (1 vrk). TESTI-vuoden lisäjaksoa voidaan käyttää mitoitussäänä Etelä-Suomessa, kun arvioidaan rakennuksen jäähdytystarvetta tavanomaisissa kesäolosuhteissa.



Kuva 2. TESTI-vuoden lisäjakson (5 vrk) ulkoilman tunnitaiset keskilämpötilat sekä ulkoilman lämpötilojen tuntikeskiarvot 15.–31.7.2003 (17 vrk) ja 31.7.2003 (1 vrk) Helsinki-Vantaa lentoaseman säähavaintoasemalla Ilmatieteen laitoksen tuntihavainnoista.



Kuva 3. TESTI-vuoden lisäjakson (5 vrk) ulkoilman tunnitaiset keskientalpiat sekä ulkoilman entalpioiden tuntikeskiarvot 15.–31.7.2003 (17 vrk) ja 31.7.2003 (1 vrk) Helsinki-Vantaa lentoaseman säähavaintoasemalla Ilmatieteen laitoksen tuntihavainnoista.

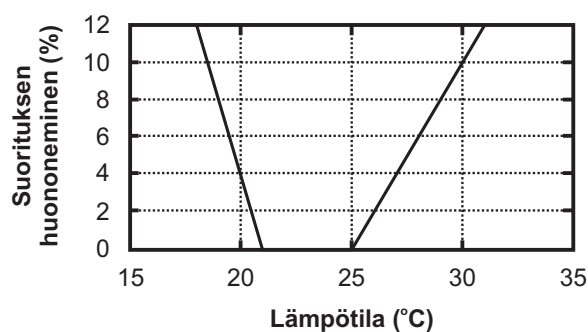
Huonelämpötiloille asetetut vaatimukset

Rakennuksen käytön aikana oleskeluvyöhykkeen lämpötila ei yleensä saa olla korkeampi kuin 25 °C. Ulkoilman lämpötilan viiden tunnin enimmäisjakson keskiarvon ollessa korkeampi kuin 20 °C voi huoneilman lämpötila ylittää tämän arvon korkeintaan 5 °C:lla (D2 2003).

Myös muiden kuin asuntojen terveydellisten olojen arviointiin soveltuvan Asumisterveysohjeen (2003) mukaan huoneilman lämpötila ei saa kohota yli 26 °C, ellei lämpötilan kohoaminen johdu ulkoilman lämpimyydestä. Lämmityskaudella huoneilman lämpötilan ei tulisi ylittää 23–24 °C.

Lämpöolojen suunnittelu- ja tavoitearvot

Lämpötilalla on merkittävä vaikutus työn tuottavuuteen. Työn tuottavuus heikkenee huonelämpötilan noustessa yli 25 °C. Lämpötila-alue, jolla ei ilmeisesti ole merkittävää vaikutusta työsuoritukseen, on noin 21–25 °C:een välillä. Suorituksen huononeminen on esitetty kuvassa 4 (Seppänen 2004).



Kuva 4. Arvio lämpötilan vaikutuksesta työn tuottavuuteen (modifioitu lähdettä (Seppänen 2004)).

Sisäilmastoluokituksessa (2001) on esitetty sisäilmaston suunnittelussa käytettäväksi mitoitussarvoiksi kesäkaudelle

- 24 °C sisäilmastoluokassa S1 (huonekohtainen lämpötilan säätö ± 2 °C)
- 26 °C sisäilmastoluokassa S2
- 27 °C (ei saa missään olosuhteissa ylittää 35 °C) sisäilmastoluokassa S3.

Lämpöolot saavat tilapäisesti poiketa tavoitearvoista enintään 3 vuorokautena luokassa S1 ja enintään 7 vuorokautena luokassa S2.

Jäähdytyksen lisäämisellä saavuttavien huonelämpötilojen arviointi kesätilanteessa

Ilmanvaihtoon suunniteltujen järjestelmien ulkoilmavirtoja ei ole yleensä mitoitettu kesäajan maksimijäähdytystehontarpeen mukaan. Ilmavirtojen suurentaminen olemassa olevassa järjestelmässä vaatii muutoksia yleensä ilmanvaihtokoneeseen, kanavistoon ja ilmanjakoon. Vaikka ilmavirrat olisivatkin riittämättömiä huonelämpötilojen pitämiseksi kesäkaudella esim. sisäilmastoluokan S1 arvoissa (21– 24 °C), voidaan jäähdytetyllä tuloilmalla parantaa rakennuksen lämpöolosuhteita kesäkuukausien aikana. Taulukossa 1 on esitetty tavanomaisilla ulkoilmavirroilla ja tuloilman alilämpöisyydellä saavutettavat jäähdytystehot.

Esimerkiksi toimistohuoneen tyypillisellä ulkoilman mitoitusilmavirralla 2 dm³/sm² saavutettava jäähdytysteho on 19– 34 W/m² (kuiva lämmönsiirto), kun tuloilman alilämpöisyys on 8–12 °C. Keskitehtyn jäähdytyksen maksimijäähdytystehontarve Helsingissä sijaitsevassa toimistohuoneessa huonelämpötilan maksimiarvolla 25 °C (TESTI-vuoden kesäkuun mi-

toittavan päivän mukaan) on huoneen suuntauksesta riippuen 56 – 75 W/m² (Jalo 1990). Erilaisten ilman-vaihto- ja rakennustekniset toimenpiteiden vaikutus huonelämpötiloihin voidaan arvioida jäähdytystarpeen laskentaan tarkoitetuilla laskentaohjelmilla kuten DOE-2, IDA-ICE ja RIUSKA.

Ilmanjako ja tuloilman lämpötilan säätö

Ilmanjako

Jäähdytyksen lisääminen ilmanvaihtojärjestelmään aiheuttaa yleensä muutostarpeita ilmanjakoon ja/tai ilmanjakolaitteisiin. Ilmanjaon toteutuksella on suuri merkitys oleskeluvyöhykkeen lämpöviihtyvyyteen ja koettuun sisäilman laatuun – ilmastointi on käytännössä yhtä hyvä kuin ilmanjako. Ilmanjako on toteutettava siten, että tuloilma virtaa koko oleskeluvyöhykkeelle vedottomasti ja poistaa tehokkaasti huonetilassa syntyvät epäpuhtaudet käytön aikana. Taulukossa 2 on esitetty erilaisilla sekoittavilla ilmanjakotavoilla vedottomasti saatavat jäähdytystehot (Seppänen 2004).

Taulukko 1. Tuloilmasta saatava jäähdytysteho eri ilmavirroilla ja tuloilman alilämpöisyydellä (kuiva lämmönsiirto).

Esimerkki tilan käyttötarkoituksesta	Ulkoilmavirta, dm ³ /sm ²	Jäähdytysteho, W/m ²	Jäähdytysteho, W/m ²	Jäähdytysteho, W/m ²
		$\Delta T = 8\text{ °C}$	$\Delta T = 10\text{ °C}$	$\Delta T = 12\text{ °C}$
Asuinhuone	0,5	5	6	8
Toimistohuone	2	19	24	34
Luokkahuone	3	29	36	50
Neuvotteluhuone	4	38	48	67

Taulukko 2. Normaalkorkuisissa tiloissa vedottomasti saavutettava jäähdytysteho, tuloilman alilämpöisyys ja tarvittava ilmavirta (Seppänen 2004).

Ilmanjakotapa	Jäähdytysteho, W/m ²	Jäähdytys, ΔT_{max} , °C	q_{min} , dm ³ /sm ²
Käytäväseinäpuhallus - puhallus pintoja pitkin	30	8	3,1
Puhallus ulkoseinältä - puhallus pintoja pitkin	40	10	3,3
Lattia- tai ikkunapenkkipuhallus	60	10	5,0
Kattopuhallus - puhallus suoraan oleskeluvyöhykkeelle	60	8	6,2
Kattopuhallus keskeltä huonetta - puhallus pintoja pitkin	100	12	6,9

Tuloilman lämpeneminen puhaltimessa ja kanavistossa

Tuloilma lämpenee jäähdytyspatterin jälkeen puhaltimessa ja kanavistossa. Lämpötilan nousu riippuu mm. kanaviston eristyspaksuudesta, ilman nopeudesta ja kanaviston pituudesta. Tyypillinen lämpötilan nousu puhaltimessa on 0,2 – 1,7 °C ja kanavistossa 0,5–1,0 °C (Seppänen 2004). Lämpötilan nousu on huomioitava jäähdytyspatterin mitoituksessa ja tuloilman lämpötilan säädössä.

Tuloilmakanavien lämmön- ja kondenssieristys

Tuloilmakanavat tulee lämmön- ja kondenssieristää, jos tuloilma on jäähdytetty ulkoilmaa tai jäähdytetty ulko- ja palautusilmaa (D2 2003). Tuloilmakanavien eristyspaksuutena voidaan kerroksien alakoissa käyttää vähintään 30 mm ja kiuissa 50 mm paksuista lämmöneristystä (Seppänen 2004). Eristeen pinnan tulee olla diffuusiotiivis.

Tuloilman lämpötilan säätö

Jäähdytyksen lisääminen ilmanvaihtojärjestelmään vaatii yleensä toimenpiteitä tuloilman lämpötilan säätöön. Jäähdytetyn tuloilman lämpötilaa on voitava muuttaa huoneen kuormituksen mukaan. Esimerkkejä toimivista säätöratkaisuksista ovat poistoilmakompensointi tai tuloilman lämpötilan kaskadisäätö (Seppänen 2004). Huonelämpötilan säätö tulee toteuttaa siten, että vältetään päällekkäistä lämmitystä ja jäähdytystä.

Jäähdytyspatterin valinta ja mitoitus

Jäähdytyspatterin valinta

Jäähdytyksen jälkiasennuksen yleinen ongelma on riittämätön tilantarve (ilman-

vaihtokone/kanavisto) ja tästä aiheutuva suuri otsapintanopeus (tyypillisesti 2,5–3 m/s). Jäähdytyspatterin valinnassa on huomioitava patterin sijoituspaikka (rakennuksen vesikatto, ulkoseinä, ulkoilmakammio tai ilmanvaihtokone), patterin ilma- ja nestepuolen painehäviö, ilman nopeus patterissa (pisananerottimien tarve), ilman kuivaustarve (kuiva/märkälämmönsiirto) ja jäähdytyspatterin huoltotarve/huollettavuus. Järjestelmän/patterin valinnassa on tarkasteltava kesäaikaisen jäähdytyksen lisäksi mahdollisuutta hyödyntää samaa järjestelmää talviaikaiseen tuloilman lämmitykseen.

Jäähdytyspatteria valittaessa tulee aina tarkastaa myös puhaltimien uusimistarve. Jäähdytyspatterin tyypillinen painehäviö on 60–140 Pa (CEN 2003). Jäähdytyspatteri kasvattaa ilmanvaihtokoneen kokonaispainehäviötä ja pienentää siten puhaltimen tuloilmavirtaa. Ilmavirran muutoksen suuruus riippuu puhaltimen ominaiskäyrästä (puhaltimen toimintapisteen muutoksesta). Tuloilmapuhaltimen tehontarve, jonka kokonaispaineen korotus ilman jäähdytyspatteria on 800 Pa, kasvaa noin 6–17 % jäähdytyspatterin aiheuttaman lisäpainehäviö ollessa 50–150 Pa, kun puhaltimen tuloilmavirta ja puhaltimen hyötysuhde oletetaan pysyvän vakiona. Jäähdytyspatterin ja puhaltimen valinta tulisi tehdä siten, että ilmanvaihto/ilmastointijärjestelmän ominaissähköteho, ns. SFP-luku, on $\leq 2,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ (D2 2003).

Jäähdytyspatterin mitoitus

Ilmanjaon ja ilmavirtojen mitoittavana tekijänä on yleensä kesäajan maksimijäähdytystehontarve. Jäähdytyspatterin (lämmönsiirtimen) teho Φ (kW) lasketaan yhtälöllä

$$\Phi = \dot{m}_i \Delta h_k, \quad (1)$$

missä $\dot{m}_i$ on jäähdytyspatterin läpi kulkeva ilman massavirta (kg/s) ja Δh_k on

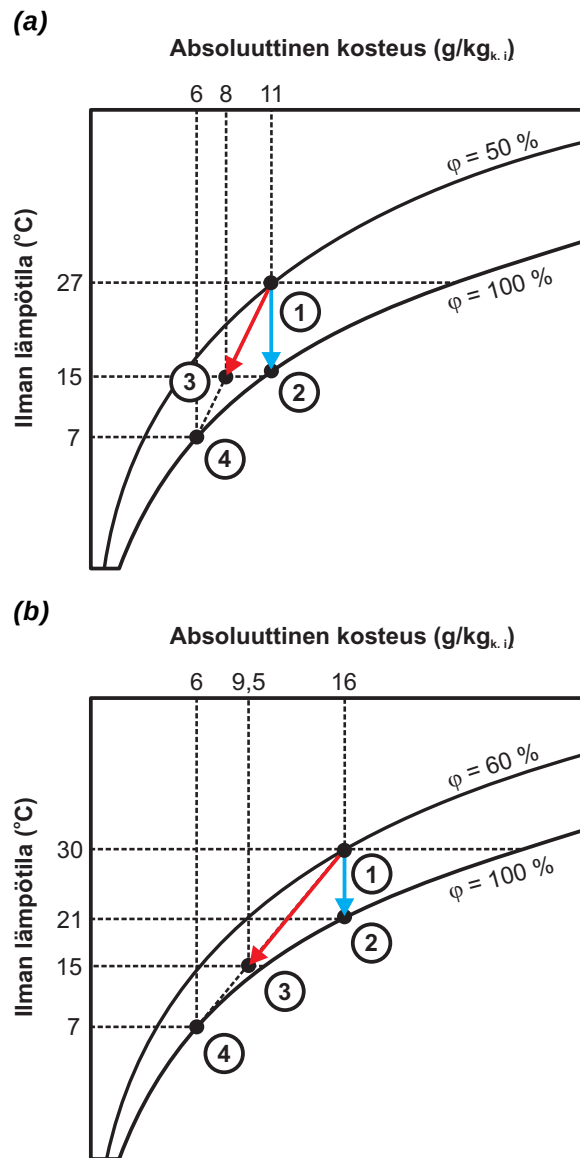
kostean ilman entalpian ($\text{kJ/kg}_{\text{k.i.}}$) muutos jäädytyspatterissa. Ulkoilman entalpiana käytetään Lapin läänissä $50 \text{ kJ/kg}_{\text{k.i.}}$ ja muualla Suomessa $55 \text{ kJ/kg}_{\text{k.i.}}$ (D2 2003). Haluttaessa varmistaa jäädytystehon riittävyys myös tavanomaista lämpimimpien hellehuippujen aikana, on ulkoilman mitoitusentalpiana käytettävä Etelä-Suomessa $55 \text{ kJ/kg}_{\text{k.i.}}$:n asemasta suurempaa arvoa, esim. $60 \text{ kJ/kg}_{\text{k.i.}}$ (kuva 3). Jäädytyspatterin ylimitoitusta tulee kuitenkin välttää.

Jäädytyspattereiden valmistajilla on käytössä jäädytyspattereiden mitoitusohjelmia. Mitoitukseen tarvittavat parametrit ovat jäädytyspatterin tyyppi (suorahöyrystyspatteri/vesi-glykolipatteri), mitoitusulkolämpötila ja suhteellinen kosteus, patterilta lähtevän ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus, arvio enimmäispainehäviöstä ilma- ja nestepuolella, jäädytyspatterin otsapinta-ala ja otsapintanopeus sekä lamellijako. Mitoituksessa on huomioitava, ettei kondensoivista pattereista saa irrota vesipisaroita ilmavirran mukaan. Pisanerotinta käytetään aina, kun otsapintanopeus ylittää $2,5 \text{ m/s}$ (TalotekniikkaRYL 2002).

Neula- ja lamellilämmönsiirrin

Neulalämmönsiirrin mitoitetaan yleensä kuivaan lämmönsiirtoon, jolloin jäädytetyn ilman absoluuttinen kosteus pysyy likimain samana. Tuloilman keskitetty jäädytys neulalämmönsiirtimellä sopii kohteisiin, joissa ilmastointijärjestelmä ei aseta vaatimuksia tuloilman kosteudelle (esimerkiksi puhallinkonvektorijärjestelmä). Lamellipatteri mitoitetaan ilman jäädytyksessä yleensä märkään lämmönsiirtoon, jolloin jäädytettäessä ilma kuivuu. Tuloilman keskitetty jäädytys lamellipatterilla sopii kohteisiin, joissa ilmastointijärjestelmä asettaa vaatimuksia tulo- ja huoneilman kosteudelle (esimerkiksi jäädytyspalkkijärjestelmä). Periaatekuva ilman ti-

lamuutoksista kuivassa ja märässä lämmönsiirrossa kahdessa eri ulkoilman mitoitusolosuhteessa on esitetty kuvassa 5. Liitteissä 1 ja 2 on esitetty lamelli- ja neulalämmönsiirtimen mitoitus-esimerkki. Esimerkkiin liittyvä periaatekuva ilman tilamuutoksesta on esitetty kuvassa 5 (a).



Kuva 5. Periaatekuva ilman tilamuutoksesta jäädytyspatterissa. (a) Ulkoilman lämpötila on 27°C ja suhteellinen kosteus 50% . (b) Ulkoilman lämpötila on 30°C ja suhteellinen kosteus 60% . Tilapisteet: piste 1 = ulkoilman mitoituslämpötila ja suhteellinen kosteus, piste 2 = jäädytyspatterin jälkeinen ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus (kuiva lämmönsiirto), piste 3 = jäädytyspatterin jälkeinen ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus (märkä lämmönsiirto) ja piste 4 = jäädytyspatterin pintalämpötilaa vastaava ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus (märkä lämmönsiirto).

Jäähdytyspatterien puhtaus ja kondenssiveden viemärointi

Kondensoivat ja paikallaan pestävät/ puhdistettavat jäähdytyspatterit varustetaan syöpymistä kestäväällä kondenssivesialtaalla (TalotekniikkaRYL 2002). Allas varustetaan vesilukolla, jonka syvyys on vähintään 200 mm ja josta johdetaan tyhjennysputki lattiakaivon yläpuolelle (Holopainen 2006). Patterin pintojen tulee olla helposti puhdistettavissa. Patterin viereiset laite- ja kanavaosat on varustettava tarkastusluukuilla, joiden kautta patterin pinnat voidaan tarkastaa ja puhdistaa.

Kirjallisuutta

- Asumisterveysohje (2003) Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1.
- CEN (2003) Ventilation for non-residential buildings - performance requirements for ventilation and room-conditioning systems. CEN/TC156/WG7 - N 102.
- D2 (2003) Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2003. Suomen rakentamismääräyskokoelma.

- Holopainen R. (2005) MIV-tutkimuskonsepti: 2.6 Yötuuletus.
- Holopainen R. (2006) MIV-tutkimuskonsepti: 3.8 Jäähdytyspatterin veden poisto.
- Jalo T. (1990) Virastorakennusten lämpökuormat ja vaihtoehtoiset jäähdytyskeinot. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, Konetekniikan osasto, LVI-tekniikka.
- Laine J, Saari M. (1994) Realization of Good Indoor Climate in Low-Energy Office. Building and Environment, Vol. 29 (3) 401–408.
- LVI (1992) Rakennuksen jäähdytystarpeen määrittäminen. Ohjetiedosto. Lokakuu 1992. LVI 34-10203.
- Seppänen O. (2004) Ilmastoinnin suunnittelu. Talotekniikka-Julkaisut Oy. Suomen LVI-yhdistysten liitto ry.
- Sisäilmastoluokitus 2000 (2001) Sisäilmayhdistys. Rakennustietosäätiö. Julkaisu myös LVI-korttina no LVI 05-10318.
- TalotekniikkaRYL (2002) Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 1. Rakennustieto.

Liitteet

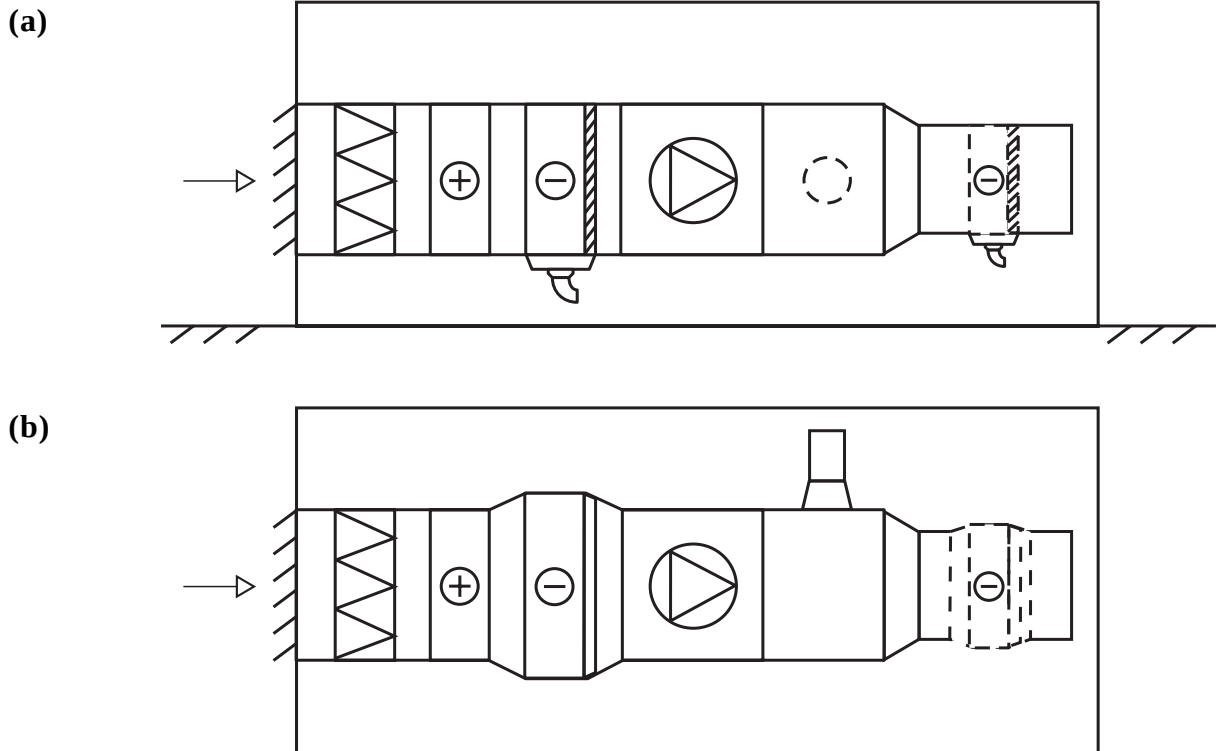
- Liite 1: Esimerkki jäähdytysratkaisusta lamellipatterilla.
- Liite 2: Esimerkki jäähdytysratkaisusta neulalämmönsiirtimellä.

Liite 1

Esimerkki jäähdytysratkaisusta lamellipatterilla

Lamellilämmönsiirrin eli lamellipatteri on tyypillinen toteutusratkaisu ilman jäähdytys- ja kuivaussovellutuksissa (märkä lämmönsiirto). Lamellipatterin tyypillinen painehäviö on 60–140 Pa (CEN 2003),

johon vaikuttaa mm. patterin otsapinta-nopeus ja lamelliväli. Patterin otsapintanopeutta voidaan pienentää patterin pinta-alaa suurentamalla (kuva 6 (b)). Pisanerotinta käytetään aina, kun otsapintanopeus ylittää 2,5 m/s. Kuvassa 6 on esitetty periaatekuva lamellipatterin sijoituksesta ilmanvaihtokoneeseen.

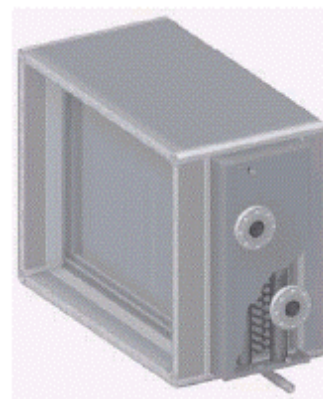


Kuva 6. Periaatekuva lamellipatterin sijoituksesta ilmanvaihtokoneeseen. (a) leikkauskuva ja (b) tasokuva.

Jäähdytyksen jälkiasennuksissa käytetään yleensä 4- tai 6-rivistä lamellipatteria, jolloin patterin tarvitsema tila syvyys-suunnassa kehyksineen on yleensä alle 0,5 m. Lamellipatteri voidaan liittää suoraan suodatinosaan tai imupuolen puhallinosaan. Kuvassa 7 on esitetty tyypillinen jäähdytykseen tarkoitettu lamellipatteri kehyksineen.

Taulukossa 3 on esitetty valmistajan ilmoittamat lamellipatterin mitoitusarvot, kun tuloilmavirta on 4 m³/s, ulkoilman lämpötila 27 °C ja suhteellinen kosteus 50 %, ja jäähdytyspatterin jälkeisen ilman lämpötila 15 °C (märkä lämmönsiirto, ts.

jäähdytettäessä ilma kuivuu kuvan 5 (a) mukaisesti).



Kuva 7. Jäähdytykseen tarkoitettu lamellipatteri kehyksineen.

Taulukko 3. Esimerkki valmistajan ilmoittamista lamellipatterin mitoitusarvoista, kun tuloilma-virta on $4 \text{ m}^3/\text{s}$, ulkoilman lämpötila $27 \text{ }^\circ\text{C}$ ja suhteellinen kosteus $50 \text{ } \%$, jäähdytyspatterin jälkei-sen ilman lämpötila on $15 \text{ }^\circ\text{C}$ ja suhteellinen kosteus $83 \text{ } \%$ (märkä lämmönsiirto, kuva 5 (a)).

Parametri (yksikkö)	Lamellipatteri ^a
Ilmavirta (m^3/s)	4
Otsapinta-ala (m^2)	1,7
Otsapintanopeus (m/s)	2,5
Ulkoilman lämpötila ja suhteellinen kosteus ($^\circ\text{C}/\%$)	27/50
Tuloilman lämpötila ja suhteellinen kosteus ($^\circ\text{C}/\%$)	15/83
Ilmapuolen painehäviö (Pa)	56
Ilmapuolen tehohäviö (W) ^b	224
Neste	vesi
Nestevirta (kg/s)	4,05
Meno/paluuveden lämpötila ($^\circ\text{C}$)	7/12
Nestepuolen painehäviö (kPa)	23,2
Nestepuolen tehohäviö (W) ^b	94
Tehohäviöt yhteensä (W)	318
Kuiva/märkäjäähdytysteho (W)	56/29
Jäähdytysteho yhteensä (kW)	85

^a Rivien lukumäärä 4 kpl, tilantarve syvyyssuunnassa kehyksineen noin 0,45 m

^b $P = q \cdot \Delta p$

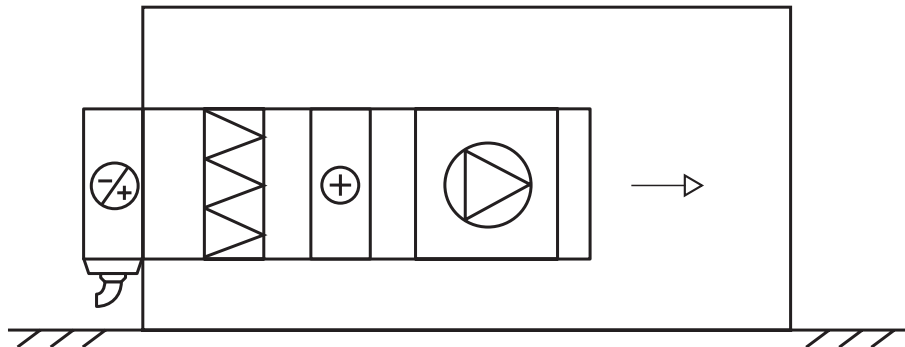
Liite 2

Esimerkki jäähdytysratkaisusta neulalämmönsiirtimellä

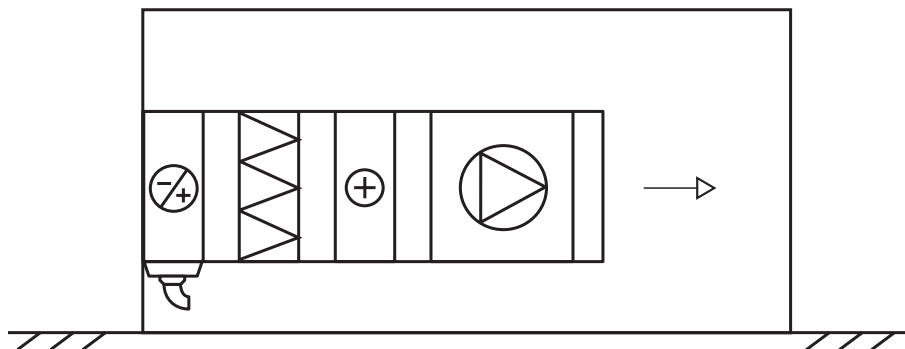
Nestekiertoinen lämmöntalteenottojärjestelmän neulalämmönsiirrin on eräs mahdollinen ratkaisu tuloilman kesäaikaiseen viilennykseen ja talviaikaiseen tuloilman lämmitykseen. Neulalämmönsiirrin voi-

daan sijoittaa rakennuksen vesikatolle, ulkoseinään, ulkoilmakammioon tai ilmanvaihtokoneeseen (kuva 8). Neulalämmönsiirrin mitoitetaan yleensä kuivaan lämmönsiirtoon, ts. vältetään veden kondensoituminen lämmönsiirtopinnalle ja pisanerottimia ei tällöin tarvita. Valmistajan ilmoittama neulalämmönsiirtimeen painehäviö on tyypillisesti 10–100 Pa.

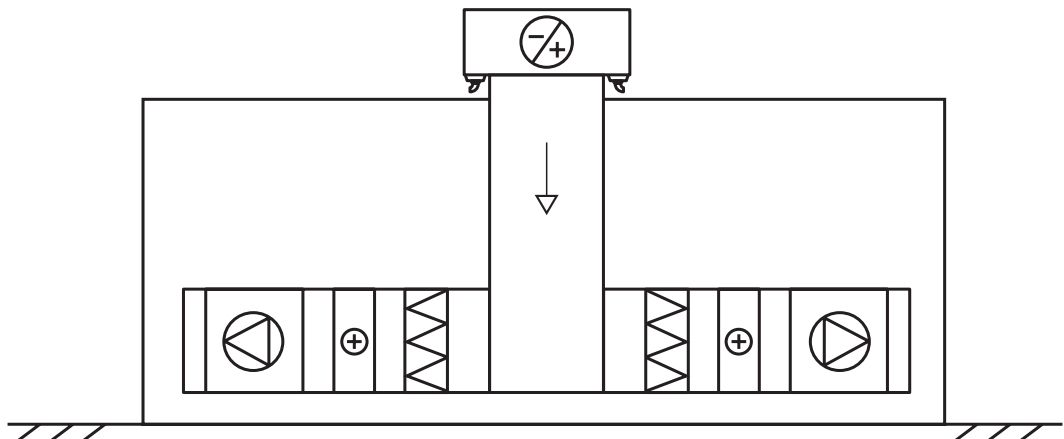
(a)



(b)



(c)



Kuva 8. Periaatekuva neulalämmönsiirtimeen sijoituksesta (a) ulkoseinään, (b) ulkoilmakammioon ja (c) rakennuksen vesikatolle.

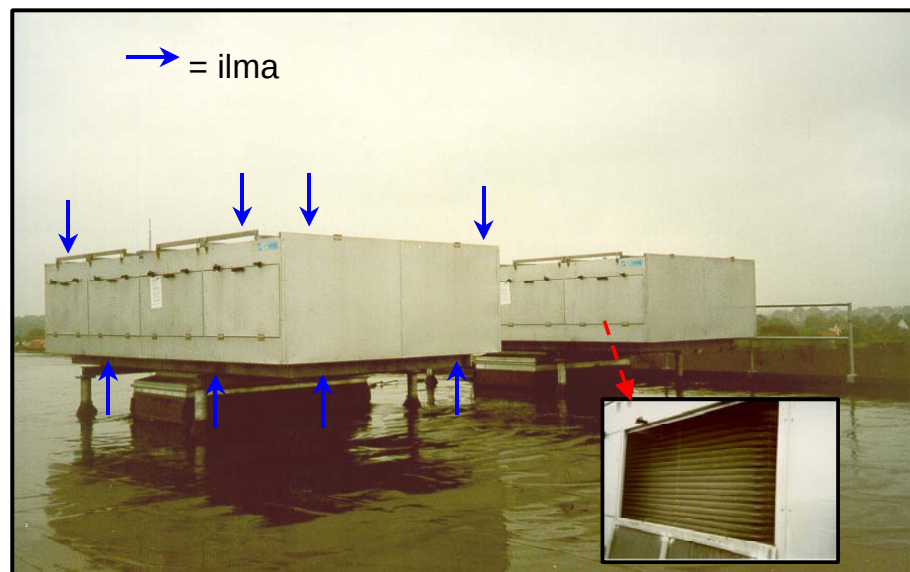
Neulalämmönsiirrintä voidaan valmistajan mukaan käyttää ulkoseinä- ja vesikattoasennuksessa esisuodattimena ja lu-

misiepparina. Kuvassa 9 on esitetty käytännön toteutusratkaisu ulkoseinä- ja vesikattoasennuksesta.

(a)



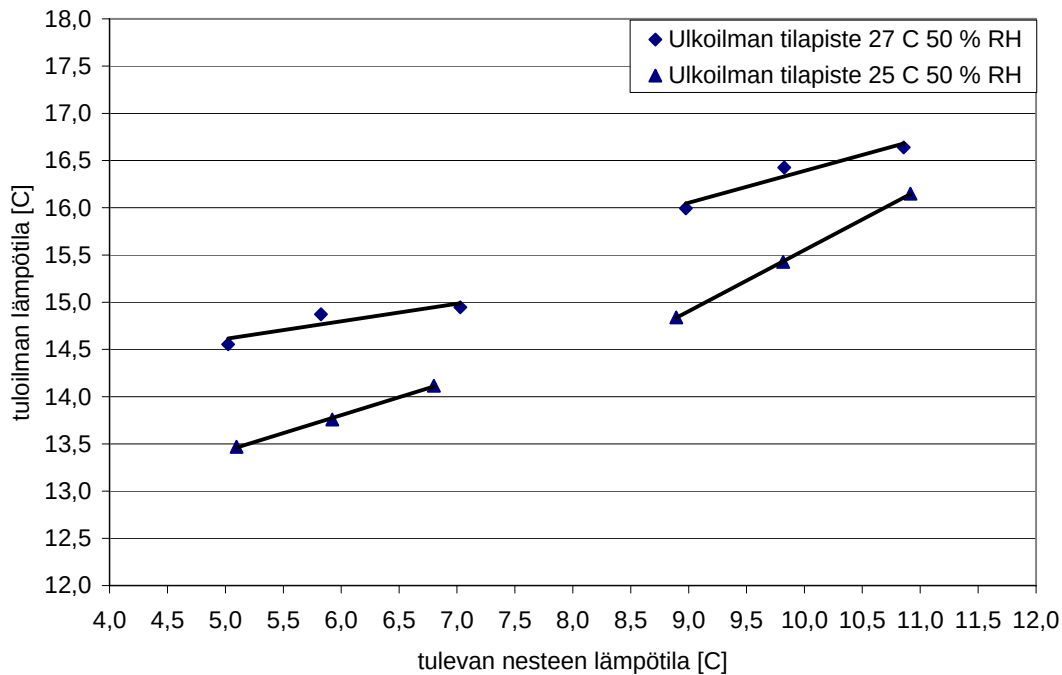
(b)



Kuva 9. Neulalämmönsiirrin asennettuna (a) ulkoilman ottoaukkoon (ulkoseinäasennus) ja (b) rakennuksen vesikatonle.

Kuvassa 10 on esitetty valmistajan ilmoittama neulalämmönsiirtimen jälkeisen tuloilman lämpötila siirtimelle tulevan liuoksen lämpötilan funktiona, kun lämmöntalteenottojärjestelmän tulopuolen lämmönsiirrimellä toteutetaan kesäaikana tu-

loilman jäähdytys. Ilman ja nesteen lämpökapasiteettivirtojen suhde on 1,2–1,3. Mittaukset on suoritettu kahdessa ulkoilman mitoitusasteessa. Lämmönsiirtonesteinä on käytetty etyleeniglykolia, jonka liuosvahvuus 45 painoprosenttia.



Kuva 10. Valmistajan ilmoittama neulalämmönsiirtimen jälkeisen ilman mitattu lämpötila tulevan liuoksen lämpötilan funktiona, kun ilman ja nesteen lämpökapasiteettivirtojen suhde on 1,2–1,3.

Taulukossa 4 on esitetty valmistajan ilmoittamat neulalämmönsiirtimen mitoitusarvot, kun tuloilmavirta on 4 m³/s, ulkoilman lämpötila 27 °C ja suhteellinen kosteus 50 %, ja jäähdytyspatterin jälkei-

sen ilman lämpötila 15 °C (kuiva lämmönsiirto, ts. ilman absoluuttinen kosteus pysyy likimain samana kuvan 5 (a) mukaisesti).

Taulukko 4. Esimerkki valmistajan ilmoittamista neulalämmönsiirtimien mitoitusarvoista, kun tuloilmavirta on 4 m³/s, ulkoilman lämpötila 27 °C ja suhteellinen kosteus 50 %, jäähdytyspatterin jälkeisen ilman lämpötila on 15 °C ja suhteellinen kosteus on noin 100 % (kuiva lämmönsiirto, kuva 5 (a)).

Parametri (yksikkö)	Neulalämmönsiirrin ^a
Ilmavirta (m ³ /s)	4
Ulkoilma-aukon poikkipinta-ala (m ²)	2
Ulkoilman lämpötila ja suhteellinen kosteus (°C/%)	27/50
Tuloilman lämpötila ja suhteellinen kosteus (°C/%)	15/~100
Ilmapuolen painehäviö (Pa)	30
Ilmapuolen tehohäviö (W) ^b	120
Neste	etyleeniglykoli
Nestevirta (kg/s)	1,34
Meno/paluunesteen lämpötila (°C)	7/19
Nestepuolen painehäviö (kPa)	55
Nestepuolen tehohäviö (W) ^b	74
Tehohäviöt yhteensä (W)	194
Kuiva/märkäjäähdytysteho (W)	58/~0
Jäähdytysteho yhteensä (kW)	58

^a Patterin syvyys riippuu mitoituksesta, tässä tapauksessa 0,94 m

^b $P = q \cdot \Delta p$