

# Karjarakennusten ilmanvaihto

*Jukka Ahokas*

*Mari Rajaniemi*

*Hannu Mikkola*

*Helsingin Yliopisto Agroteknologia*

*Mika Turunen*

*Jyväskylän ammattikorkeakoulu*



ENERGIA



AKATEMIA

## Ilmanvaihdolla lisätään eläinten hyvinvointia

---

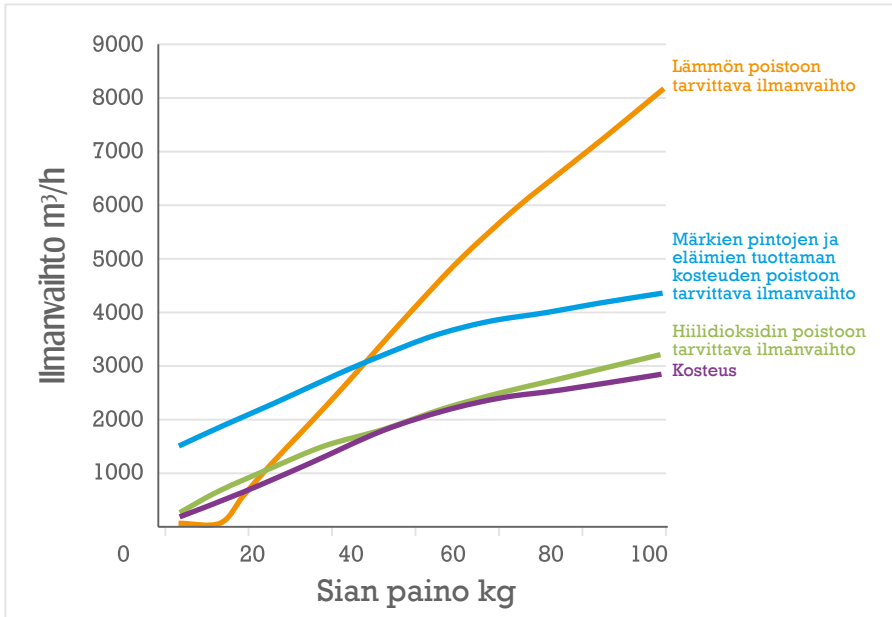
Karjarakennusten ilmanvaihdolla pyritään luomaan eläimille hyvät olosuhteet. Ilmanvaihtoa tarvitaan poistamaan rakennuksesta liikalämpöä, kosteutta ja haitallisia kaasuja, sekä tuomaan raikasta ilmaa sisälle. Lämmön poistaminen vaatii ilmanvaihdolta enemmän tehoa kuin kosteuden ja hiilidioksidin poistaminen. Maksimi-ilmanvaihtoa käytetään kesäisin kuumalla ilmalla poistamaan lämpöä. Minimi-ilmanvaihtoa taas käytetään talvisin kylmällä säällä kosteuden ja hiilidioksidin poistoon.

Ulkolämpötilan lisäksi ilmanvaihtotarve riippuu myös eläinten painosta ja tuotoksesta. Eläinten lämmön-, kosteuden- ja kaasuntuotannot kasvavat painon noustessa. Esimerkiksi sikaloissa ja kanaloissa eläimet tuottavat alkukasvatusvaiheessa vähemmän lämpöä, kosteutta ja kaasuja kuin täysikasvuina. Kuvassa 1 on esimerkki sikalan ilmanvaihtotarpeesta. Sikojen ollessa pieniä ilmanvaihdon tärkein tehtävä on kosteuden poistaminen. Yli 40 kg:lla sioilla ilmanvaihdon päätehtävänä on lämmön poistaminen.

Karjarakennusten sisäilman suhteellista kosteutta, hiilidioksidipitoisuutta ja lämpötilaa tulisi seurata jotta sisäilman laatu olisi mahdollisimman hyvä. Lämpötilan mittaaminen on helppoa ja edullista, mutta kosteuden ja hiilidioksidipitoisuuden mittaamiseen tarvitaan erikoismittareita, jotka maksavat parista sadasta eurosta ylöspäin. Kosteus- ja hiilidioksidimittarit eivät ole toiminnaltaan yhtä varmoja kuin lämpömittarit, joten ne pitää tarkistuttaa säännöllisesti. Mittaustulokset vaihtelevat mittauskohdan mukaan. Parhaiten tulokset kuvastavat eläinten olosuhteita, kun mittaukset suoritetaan eläinten korkeudelta paikoissa, joissa eläimet yleensä oleskelevat. Maa- ja metsätalousministeriö on antanut suosituksia karjarakennusten sisälämpötiloista, kosteus- ja kaasupitoisuuksista, valaistuksesta sekä ilman virtausnopeuksista.

### **Suhteellinen kosteus**

Karjarakennuksissa ilman suhteellisen kosteuden alaraja on 50 %. Tämän raja-arvon alapuolella ilman pölypitoisuus kasvaa, hengityselimet ärsyyntyvät ja iho kuivuu. Suhteellisen kosteuden yläraja on 85 %. Tä-



Kuva 1. Esimerkki sikalan ilmanvaihtotarpeesta, kun ulkolämpötila oli  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$  ja ilmankosteus 50 %.

män arvon yläpuolella puurakenteet alkavat lahoamaan ja metallirakenteet ruostumaan. Ilmanvaihdolla rakennuksen rakenteet pidetään kuivina ja estetään niiden vaurioitumista.

### Hiilidioksidipitoisuus

Hiilidioksidin suositeltu maksimipitoisuus asuin- ja toimistotiloissa on 1 500 ppm. Tyypillisesti ilmanvaihto säädetään 800 ppm hiilidioksidipitoisuudelle. Taulukossa 1 esitetään vaarallisten kaasujen suurimmat hyväksyttävät pitoisuudet karjarakennuksissa.

Taulukko 1. Vaarallisten kaasujen suurimmat hyväksyttävät pitoisuudet karjarakennuksissa.<sup>1</sup>

Kaasu	Suurin hyväksytty pitoisuus
Ammoniakki	10 ppm
• siipikarjalla	25 ppm
Hiilidioksidi	3000 ppm
Häkä	5 ppm
Orgaaninen pöly	10 mg/m <sup>3</sup>
Rikkivety	0,5 ppm

1) Maatalouden tuotantorakennusten lämpöhuolto ja huoneilmasto. Maa- ja metsätalousministeriön rakentamismääräykset ja -ohjeet. MMM-RMO C2.2.

## Lämpötila

Karjarakennusten lämpötilasuositukset riippuvat eläinlajista, niiden iästä, karvapeitteistä ja tuotostasosta. Sianlihan ja siipikarjan tuotannossa rakennukset ovat aina lämpimiä, mutta maidon- ja naudanlihan tuotannossa voidaan käyttää myös kylmiä karjasuojia. Nautojen oma lämmöntuotanto riittää, rakennuksen rakenteista ja eläintiheydestä riippuen, vielä pienellä pakkasellakin pitämään karjarakennuksen lämpimänä. Kylmällä säällä lisälämmitystä saatetaan tarvita estämään kosteuden tiivistymistä sekä veden ja lannan jäätymistä.

Kylmissä ja viileissä pihatoissa on talvisin pidettävä riittävästi eläimiä sisällä, jotta sisäilma pysyy niin lämpöisenä, etteivät vesi ja lanta pääse jäätymään.

Liian kylmissä olosuhteissa rehunkulutus kasvaa ja tuotanto pienenee. Liika kuumuus taas vähentää eläinten ruokahalua ja tuotantoa. Taulukossa 2 esitellään eri eläinryhmien lämpötilojen ala- ja ylärajat sekä optimilämpö.

Taulukko 2. Eri eläinryhmien lämpötilojen suositeltavat raja-arvot sekä optimilämpötila<sup>2</sup>.

	Suositeltavat lämpötilat ja optimilämpö °C		
	Alaraja	Optimi	Yläaraja
<b>Pikku vasikka</b>	0...10	15...25	30
<b>Nuorkarja</b>	-15...0	10...20	25...30
<b>Lehmä</b>	-25...-15	5...15	23... 27
<b>Lihakarja yli 3 kk</b>	-35...-15	-10...15	25...30
<b>Vastasyntynyt porsas</b>	25	30...32	34
<b>Porsiva emakko</b>	5...20	10...28	27...32
<b>Lihasisika</b>	7...15	15...22	25...27

2) Maatalouden tuotantorakennusten lämpöhuolto ja huoneilmasto. Maa- ja metsätalousministeriön rakentamismääräykset ja -ohjeet. MMM-RMO C2.2.

## Luonnollinen ilmanvaihto

Luonnollinen eli *painovoimainen ilmanvaihto* perustuu siihen, että ilman lämmitessä sen tiheys pienenee. Eläimet ja lämmityslaitteet lämmittävät sisään virtaavaa kylmää ilmaa. Ilma nousee lämmitessään ylöspäin ja poistuu ylhäällä olevista ilmanpoistoaukoista. Poistuneen ilman tilalle virtaa taas ulkoa kylmää, tiheämpää ilmaa, joka taas lämmitessään nousee ylöspäin. Ilma sitoo itseensä lämmön lisäksi myös kosteutta ja kaasuja. Luonnollinen ilmanvaihto säästää energiaa, koska siihen ei tarvita sähköisiä puhaltimia.

Luonnollinen ilmanvaihto vaatii toimiakseen, että ilmanpoistoaukot ovat ylhäällä, rakennuksen ylimmissä kohdissa. Jotta ilma pääsisi nousemaan ylös, katon kalvevuuden tulisi olla vähintään 1:4 ja katon sisäpinnan tulisi olla sileä

Myös tuuli aikaansaa luonnollista ilmanvaihtoa aiheuttamalla rakennuksen eri osien välille paine-eroja. Tuu-

len puoleisella sivulla on ylipainetta ja ilma virtaa aukoista rakennukseen. Vastakkaisella puolella on alipainetta ja ilma virtaa sieltä ulos.

Pihattoihin saadaan kesäisin tehokas ilmanvaihto tuulen avulla, jos ulkoseinät ovat avonaisia tai niissä on esimerkiksi avattavat liukuikkunat tai korkeat verhot. Pihatto olisikin hyvä sijoittaa sellaiseen paikkaan, jossa tuulet pääsevät puhaltamaan esteettömästi rakennukseen. Talvella pihatton ilmanvaihtoon tarvitaan vain 10–20 cm:n kokoiset aukot. Avonaisen ilmanvaihtoaukkojen ongelmana ovat sisäänpyrkivät linnut ja sade. Sadeveden aiheuttama kosteus on kuitenkin vähäistä verrattuna eläinten hiikoilemalla ja virtsaamalla tuottamaan kosteuteen. Sadevedestä ei yleensä ole haittaa rakennukselle, mutta syksyiset rankkasateet voivat kastella ruokintapöydällä olevia rehuja ja vesi voi jopa jäätyä sinne.



## Koneellinen ilmanvaihto

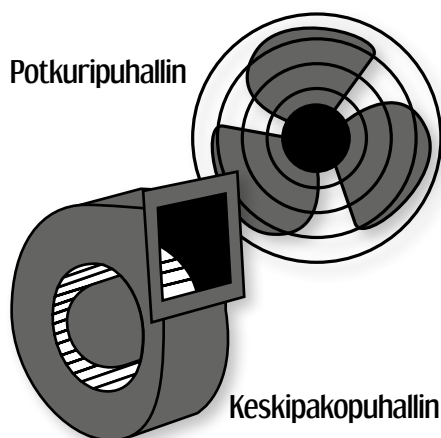
Koneellisen ilmanvaihdon toiminta perustuu sisäilman ali-, yli tai tasapaineeseen. Sisä- ja ulkotilan välille saadaan aikaan paine-eroja puhaltimen avulla

*Alipaineilmanvaihdossa* puhallin imee ilmaa rakennuksen sisältä aiheuttaen sinne lievän alipaineen ulkopuoleen verrattuna. Tällöin suurempi ilmapaine ulkoa työntää ilmaa sisälle tuloilma-aukoista. Alipaineilmanvaihto on helppo toteuttaa, koska ilman sisään-tuloaukot voidaan sijoitella seinille melko vapaasti, eikä järjestelmä vaadi putkistoja. Talvisin suoraan ulkoa virtaava kylmä ilma aiheuttaa usein tuloilma-aukkojen ympärille kylmiä kohtia. Tuloilman lämmittämiseen tarkoitettut lämmönvaihtimet eivät sovellu hyvin alipaineilmanvaihtoon, koska lämmönvaihdinpatteristo aiheuttaa ilmalle suuren virtausvastuksen. Alipaineilmanvaihto on yleisin ilmastointimenetelmä Suomessa.

*Ylipaineilmanvaihto* on päinvastais- ta alipaineilmanvaihtoon verrattuna. Puhallin aikaansaa lievän ylipaineen rakennuksen sisälle. Ylipaine saa ilman virtaamaan ulos poistoilma-aukoista ja puhaltimet imevät tilalle uutta ilmaa ulkoa. Ylipaineilmanvaihto on hyvin säädettävissä ja siihen on

helppo lisätä lämmönvaihdin, eikä järjestelmä ole herkkä tuulen vaikutukselle. Ylipaineilmanvaihtoon tarvitaan ilmanjakoputkisto, jolla ilma saadaan jakautumaan hyvin rakennuksen sisällä. Putkisto lisää ilmanvaihdon hankinta- ja huoltokustannuksia. Ylipaineilmanvaihdon ongelmana on kylmän sisääntuloilman kondensoituminen putkistoon ja rakenteisiin. Tätä menetelmää ei yleensä käytetä Suomessa karjarakennuksissa.

*Tasapaineilmanvaihdossa* sekä tuloil- malle että poistoilmalle on erilliset puhaltimet. Puhaltimet pitävät ilmapaineen rakennuksen sisällä hieman ulkopainetta alempana, jotta kostea sisäilma virtaisi ulos, eikä pääsisi vaurioittamaan rakennuksen rakenteita.



# Ilmanvaihtopuhaltimet

Ilmanvaihtopuhaltimet ovat käynnissä lähes jatkuvasti, joten puhaltimien valinnalla ja huollolla on merkittävä vaikutus energiankulutukseen. Suurimmat energiasäästöt saadaan, kun puhaltimien ja putkistojen soveltuvuus ja energiatehokkuus huomioidaan jo rakennusten suunnittelu- ja rakentamisvaiheissa. Eri puhaltimien välillä voi olla energian kulutuksessa suuriakin eroja. Nämä erot johtuvat puhaltimien erilaisesta varustelusta, kuten suljin, suojaritilä, poistosuppilo, siivikko ja moottorin tyyppi.

Puhaltimien energiatehokkuuden mitattana on, paljonko ilmaa puhallin tuottaa tunnissa yhden watin tehoa kohden, kun sisä- ja ulkoilman välillä on paine-eroa 25 Pa. Karjarakennusten sisä- ja ulkopuolen välinen paine-ero on yleensä 20–30 Pa (0,0002–0,0003 baria). Energiatehokkuus ilmaistaan:  $\frac{\text{m}^3/\text{h}}{\text{W}}$

Myös käännteistä energiatehokkuuslukua käytetään eli  $\frac{\text{kW}}{\text{m}^3/\text{s}}$

Alle 1 m halkaisijaltaan olevien ilmanvaihtopuhaltimien energiatehokkuussuositus<sup>3</sup> on 16–20 m<sup>3</sup>/h/W. Suurien, yli metrin halkaisijaltaan

olevien, puhaltimien suositus on 30–37 m<sup>3</sup>/h/W. Suomessa asuinrakennusten koko ilmanvaihdon (puhallin, ilmanvaihtokoneisto ja -putkisto) energiatehokkuuden suositus<sup>4</sup> on 1,4–3,6 m<sup>3</sup>/h/W.

Ilmanvaihtopuhaltimien energian- ja tehontarve riippuvat siirrettävästä ilmamäärästä ja puhaltimeen kohdistuvasta vastapaineesta. Puhaltimen ilmamäärä on suurimmillaan, kun sillä ei ole vastapainetta ja vastapaineen kasvaessa puhaltimen antama ilmamäärä vähenee. Vastapaineen määrään vaikuttavat mm. ilmanjakoputkisto ja -säleiköt. Ahtaat putket ja mutkat putkistossa suurentavat vastapainetta ja kasvattavat tehon- ja energiantarvetta. Säleikköihin tarttunut lika lisää myös vastapainetta ja vähentää puhaltimen tuottamaa ilmavirtausta ja lisää energiankulutusta.

Eri puhallintyyppit reagoivat eri tavoin vastapaineeseen. *Potkuripuhaltimien* tuottama ilmamäärä laskee nopeasti, kun vastapaine lisääntyy. *Keskikipakopuhaltimet* pystyvät toimimaan suuressakin vastapaineissa niin, ettei niiden tuottama ilmamäärä vähene kuten potkuripuhaltimilla.

3) ASAE EP566.2. Guidelines for Selection of Energy Efficient Agricultural Ventilation Fans. American Society of Agricultural and Biological Engineers, ASABE standards ASAE EP566.2 JUN2005, R2012, 10 p.

4) D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2003. Ympäristöministeriön asetus rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta.



Ilmanvaihtopuhaltimien kulutuksesta saadaan energiankäytön kannalta optimaalista, kun puhaltimet säädetään tilanteiden mukaan. Tarkimmat säädöt saadaan muuttamalla puhaltimen pyörimisnopeutta. Puhaltimen säätöalue ei ole aina tarpeeksi laaja ilmanvaihdon säätötarpeeseen nähden. Tällöin voidaan lisäksi joutua jaksottamaan puhaltimien käyntiä.

Puhaltimen kotelon, poistosuppilon sekä aukon muotoilut vaikuttavat puhaltimen suorituskykyyn. Aukon pitkä ja sulava muotoilu helpottaa ilman virtaamista ja lisää puhaltimen tehokkuutta. Jyrkät reunat häiritsevät ilman virtausta ja vähentävät puhaltimen suorituskykyä.

Puhaltimista ei ole saatavilla mittaustietoja, eikä energiatehokkuutta ole helppoa selvittää valmistajien tiedoistakaan.

### ***Ilmanvaihtopuhaltimen moottorit***

Ilmanpoistopuhaltimissa on joko yksivaihe-, kolmivaihe- tai tasajännitemoottorit. Puhaltimen pyöriessä täysillä kaikki vaihtoehdot voivat hyvin toteutettuina olla yhtä tehokkaita ja niiden ominaistuotto ( $\text{m}^3/\text{W}$ ) lähes yhtä suurta.

***Kolmivaihepuhaltimen*** ohjauksessa käytetään jännitteen taajuusmuuttajia. Puhaltimen hidastuessa sen ominaistuotto ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{W}$ ) on aluksi selvästi parempi kuin muilla, mutta kun puhallinta hidastetaan paljon, sen hyötysuhde romahtaa puhaltimen alhaisen pyörimisnopeuden takia. Tanskalaisessa kokeessa saavutettiin lihasikalassa 25 %:n sähkösäästö korvaamalla yksivaihepuhaltimet taajuusohjatuilla kolmivaihepuhaltimilla.

***Tasajännitepuhaltimien*** moottorit ovat hiilettömiä, elektronisesti virran suuntaa vaihtavia (kommutoivia) ns. EC-moottoreita. Tasajännitepuhaltimet ovat tehokkaampia kuin kolmivaihepuhaltimet, koska ne säätyvät paremmin eri nopeuksille. Tasajännitemoottori voi kolminkertaistaa puhaltimen hinnan. Tasajännitepuhaltimia käytetään vain harvoin karjarekennuksissa.



## Ilmanvaihdon säätö, ohjaus ja huolto

---

Ohjauskeskuksen eli säätimen, puhaltimien ja ilmanvaihdon säätöalueet vaikuttavat energiankulutukseen. Ilmanvaihdon säätäminen on vaativaa, koska säätöalue on niin laaja. Esimerkiksi jos navetan suunniteltu ilmanvaihto lehmää kohden on mimimissään 70 m<sup>3</sup>/h ja maksimissaan 540 m<sup>3</sup>/h, ilmanvaihdon on oltava säädettävissä minimiarvosta kahdeksan kertaa suuremmaksi

### *Ohjauskeskus eli säädin*

Lämmittetyissä karjarakennuksissa on tärkeää yhdistää lämmityksen ja ilmanvaihdon ohjaus, jotta ei syntyisi tilanteita, joissa lämmitysjärjestelmä lämmittää täysillä samaa tilaa, jotta ilmanvaihto pyrkii samanaikaisesti jäähdyttämään. Ohjauskeskus säätää ilmanvaihtoa nostamalla tai laskemalla puhaltimien kierrosnopeutta minimi- ja maksiminopeuksien välillä. Minimi-ilmanvaihtoa käytetään talvisin kosteuden ja hiilidioksin poistamiseen. Maksimi-ilmanvaihtoa käytetään kesäisin lämmön poistamiseen. Navetat saavat olla talvella kylmempiä kuin kesällä, koska lämpötilan lasku ei heikennä tuotosta. Navetan lämpötilan ei kuitenkaan saisi laskea alle nollan talvipakkasillakaan, jotta vesi ja lanta eivät jäätyisi.

### *Puhaltimet*

Ilmanvaihtopuhaltimen teknisissä tiedoissa ei aina kerrota sen säätöaluetta eli kierrosnopeusaluetta, jolla kierrosnopeuden vähentäminen ei huomattavasti heikennä puhaltimen hyötysuhdetta. Parhailta puhaltimilla voi ilmanvaihtoa vähentää energiatehokkaasti neljäsosaan, kun huonoimmilla voi vähentää vain puoleen. Koska puhaltimien säätöalue ei yksin riitä kattamaan koko ilmanvaihdon säätötarvetta, on osan puhaltimista oltava pysäytettäviä tai osan ilmanpoistohormeista kuristettavia, mikä on energiatehokkuudeltaan huonompi ratkaisu. Kun puhallin on pysäytettyinä, ilman virtaaminen väärään suuntaan voidaan ehkäistä esim. perhospelleillä.

### *Huolto*

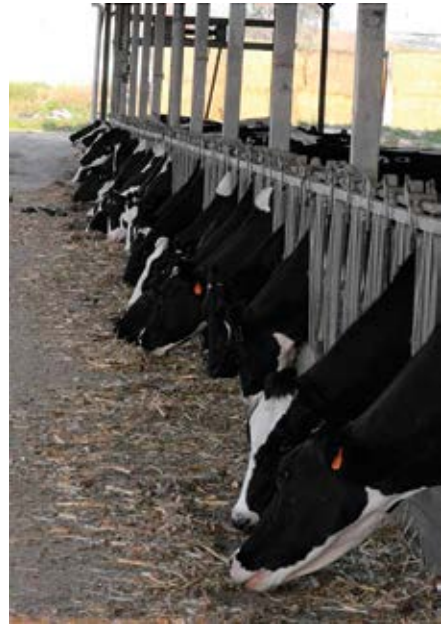
Suojaverkot, puhaltimien siivet ja hormit keräävät pölyä. Omalla painollaan toimivat perhospellit vähentävät ilman virtausta puhtainakin, ja likaisina vielä enemmän. Puhaltimien hyötysuhde voi likaantuessa heikentyä jopa 40 %. Tanskassa puhaltimet ja hormit suositellaan puhdistettavaksi vuosittain. Vuosittainen puhdistus parantaa ilmanvaihdon toimintaa 10 %.

Jos puhaltimet säätyvät lämpötilan perusteella, säätölaitteen anturi olisi hyvä pitää puhtaana, sillä sen päällä oleva lika toimii eristeenä, eikä anturi tällöin reagoi luotettavasti tai riittävän nopeasti lämpötilan muutoksiin. Säätölaitteiden toiminnan tarkastaminen ajoittain lisää niiden luotettavuutta.

Puhallinten viottumisen voi huomata lämpenemistä ja laakereiden äänestä. Viallisen laakerin korjaus ajoissa parantaa ilmanvaihtoa ja säästää energiaa, ja se saattaa jopa ehkäistä tulipalon. Laakerinvaihto, esimerkiksi 4 vuoden välein, kuuluu joidenkin puhaltimien normaaliin huolto-ohjelmaan.

Hihnakäyttöisten puhaltimien hihnojen kunto ja kireys tulee tarkistaa määräajoin, koska löysä hihna voi alentaa puhaltimen tehoa jopa 30 %.

Tuloilmaluukkujen säätövaijerit tulisi tarkistaa ajoittain, koska ne ovat saattaneet venyä, ellei säätövaijeri ole veynymätöntä vaijeria tai pianolankaa. Ilmantuloaukon pienentyminen vähentää sisääntulevan ilman määrää ja huonontaa ilmanvaihtoa. Ohjauskeskus pyrkii kompensoimaan sisään tulevan ilman vähyyttä nostamalla puhallinten kierroslukua, ja tämä lisää energiankulutusta.



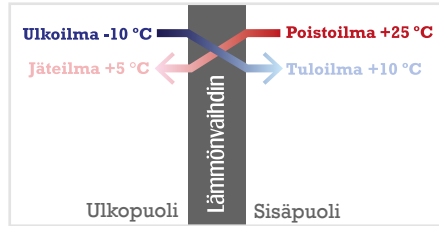
Kuva: Ilana Shkolnik, Wikimedia Commons, CC BY 2.5.

## Rakennusten viilennys

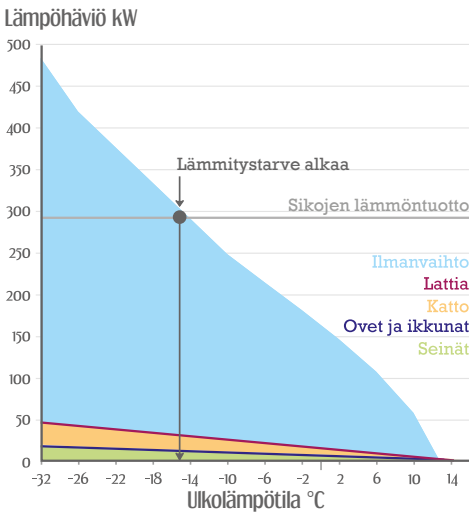
Kesäisin karjasuojien lämpötilat voivat kohota liian korkeiksi, jolloin niitä pitää viilentää. Aluksi voidaan avata kaikki ilmanvaihtoon vaikuttavat luukut. Tehokkaimmin ilma vaihtuu, jos rakennukseen saa hyvän ristivedon. Jos tämä ei yksin riitä viilennykseen, apuna voi käyttää suurikokoisia puhaltimia, joiden tarkoituksena on saada ilma virtaamaan nopeammin. Ilmavirran lisääntyminen tehostaa lämmön haihtumista eläinten kehosta. Puhaltimien käyttö lisää energiankulutusta, mutta pohjoisissa olosuhteissa puhaltimien käyttöaika on lyhyt.

# Ilmanvaihdon lämpöhäviö

Suurin osa lämmöstä virtaa ilmanvaihdossa ulos ja tilalle virtaa kylmää ilmaa, joka on taas lämmitettävä huone-lämpöiseksi. Lämmön virratessa pihalle energiaa menee hukkaan. Ilmanvaihdon päätavoitteena on hyvä sisäilman laatu, mutta energiansäästämiseksi se tulisi saavuttaa mahdollisimman vähäisellä ilmanvaihdolla. Ilmanvaihtoa tulisi mitata ja säätää ensisijaisesti niin, että ilman laatu säilyy hyvänä. Tällöin ilmanvaihdon lämpöhäviökin on perusteltua. Kuvassa 3 on esimerkki sikalan lämpöhäviöistä ulkolämpötilan muuttuessa.



Energiaa voidaan säästää paljon siirtämällä poistoilman lämpö takaisin rakennukseen lämmönvaihtimilla. Lämmönvaihtimen avulla rakennuksen lämmitystarvetta voidaan vähentää kymmeniä prosentteja tai lämmitys voidaan jopa lopettaa kokonaan. Tutkimusten mukaan hyvin eristetyssä eläinsuojassa voidaan lämmönvaihtimilla korvata yli 90 % tarvittavasta lämmitysenergiasta, kun lämmönvaihtimen hyötysuhde on 30 %. Tutkimuksessa selvitettiin myös, että lämmönvaihtimet pysyvät paremmin käyttökuntoisina, kun ne puhdistaa säännöllisesti vähintään viikon välein.



Kuva 3. Sikalan lämpöhäviöiden jakuma eri lämpötiloissa, kun eläinpaino on 60 kg ja sikalassa on 2400 sikaa.

Lämmönvaihtimet saattavat jäätyä pakkasella. Lämmönvaihtimet eivät ole yleistyneet Suomessa, eikä niiden kehittäminen ole edistynyt, matalan energian hinnan vuoksi. Maataloilla lämmityskustannuksia on saatu laskemaan siirtymällä hake- ja turvelämmitykseen.

## Sisällysluettelo

- 3 Ilmanvaihdolla lisätään eläinten hyvinvointia
- 5 Luonnollinen ilmanvaihto
- 6 Koneellinen ilmanvaihto
- 7 Ilmanvaihtopuhaltimet
- 9 Ilmanvaihdon säätö, ohjaus ja huolto
- 10 Rakennusten viilennys
- 11 Ilmanvaihdon lämpöhäviö



Lisää maatalouden energiatietoa  
[www.energia-akatemia.fi](http://www.energia-akatemia.fi)

## Ilmanvaihdon energiansäästö

- Ilmanvaihdon energiansäästäminen alkaa kunnollisen, energiatarpeet huomioonottavan ilmanvaihdon suunnittelusta.
- Karjarakennuksen sisäilman tulee olla Maa- ja metsätalousministeriön suositusten mukainen. Liiallinen ilmanvaihto tuhlaa energiaa ja liian vähäinen aiheuttaa eläimille terveysongelmia.
- Ilmanvaihtoa pitäisi pystyä säätämään sisäilman lämpötilan, kosteuden ja hiilidioksidipitoisuuden mukaan.
- Kesäkaudella voidaan lämpöä poistaa energiaa säästämällä avaamalla kaikki luukut ja tuulettamalla tehokkaasti.
- Ilmanvaihtokoneet kuluttavat huomattavasti vähemmän energiaa kuin mitä menee hukkaan ilmanvaihdon mukana poistuvassa lämmössä.
- Lämmönvaihtimilla voidaan poistoilmassa oleva lämpö ottaa talteen ja vähentää lämmitystarvetta merkittävästi.
- Ilmanvaihtopuhaltimet ja niiden moottorit eroavat energiatehokkuuksiltaan. Tietoja laitteiden energiatehokkuudesta voi olla hankala saada.

ENERGIA  AKATEMIA



Euroopan maaseudun  
kehittämisen maatalousrahasto:  
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

  
HELSINGIN YLIOPISTO

SeAMK   
SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

  
JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU  
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES