



# Vihannesten jäähdytysopas

Tuija Lyijynen ja Mirja Mokka

## LUKIJALLE

Kaikki kasvikset alkavat sadonkorjuun jälkeen yhteyttämisen sijasta ”hengittää” eli kuluttaa happea, tuottaa hiilidioksidia ja lämpöä, kuluttaa energiavaroja ja haihduttaa kosteutta. Hidastamalla tätä kasvusten hengitysnopeutta, hidastetaan myös kasvusten pilaantumista, joten on tärkeää jäähdyttää kasvikset korjuun jälkeen mahdollisimman nopeasti. Lisäksi on huolehdittava kasvusten kylmäketjun toimivuudesta kuljetuksissa ja varastoissa. Näitä periaatteita noudattamalla saadaan sekä avomaalla että kasvihuoneissa kasvatettujen kasvusten laatu säilymään hyvänä kuluttajille saakka.

Korjuunjälkeistä pikajäähdytystä on tutkittu ja käytetty Suomessa jo 1980-luvulta lähtien, mutta pikajäähdytystä käsittelevää suomenkielistä kirjallisuutta on ollut vain vähän tarjolla. Tämä opas on syntynyt Maa- ja metsätalousministeriön rahoittaman vihannesten jäähdytyshankkeen käytännön kokemusten ja tulosten pohjalta. Päävastuu tutkimuksessa oli VTT Biotekniikan tutkimusyksiköllä. Merkittävän panoksensa hankkeeseen antoivat myös suuri joukko vihannesviljelijöitä ja -pakkaajia, Inex Partners Oy, Ruokakesko Oy, Tuko Logistics Oy, Kotimaiset Kasvikset ry, Puutarhaliitto ry, Kauppapuutarhaliitto ry, Pyhäjärvi-instituutti, Helsingin yliopiston Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus ja Sabroe Finland Oy.

Oppaassa käsitellään vihannesten pakotetun ilmankierron jäähdytystä, mutta menetelmää voidaan soveltaa kaikkien muidenkin kasvusten jäähdyttämisessä. Opas tarjoaa pakotetun ilman kierron jäähdyttämisestä perustietoa, ohjeita ja neuvoja rakentamisesta ja käytöstä sekä yksinkertaisia esimerkkejä. Opas on tarkoitettu viljelijöiden ja pakkaajien lisäksi kaikille, jotka suunnittelevat tai joilla on jo käytössä pakotetun ilmankierron jäähdytysmenetelmä. Opas soveltuu käytettäväksi myös opetuksessa. Oppaan toivotaan innostavan pikajäähdytyslaitteiden rakentamiseen ja käytön lisäämiseen.

Edistetään yhdessä kotimaisten kasvusten laadun säilymistä.

Suuret kiitokset yhteistyökumppaneillemme ja kaikille tsemppiä kasvusten pika-jäähdytykseen!

Espossa 5.11.2004  
Tuija Lyijynen ja Mirja Mokka

Tekninen toimitus: Päivi Vahala

## SISÄLLYSLUETTELO

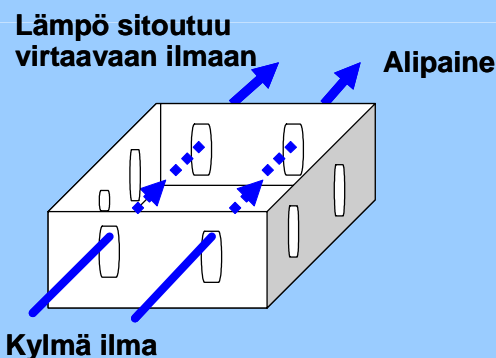
|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>I</b>   | <b>MIKSI JÄÄHDYTTÄÄ PAKOTETULLA ILMANKIERROLLA? .....</b>                  | <b>4</b>  |
| <b>II</b>  | <b>PAKOTETUN ILMANKIERRON JÄÄHDYTYSRATKAISUT HELPPOJA TOTEUTTAA? .....</b> | <b>5</b>  |
|            | MITÄ PAKOTETUN ILMANKIERRON JÄÄHDYTYKSESSÄ TARVITAAN*? .....               | 6         |
|            | HUOMIOITAVAA PAKOTETUN ILMANKIERRON JÄÄHDYTYKSESSÄ .....                   | 6         |
|            | VIHANNESTEN LÄMPÖTILASUOSITUKSET .....                                     | 9         |
|            | MAKSIMOI JÄÄHDYTYKSEN TEHO .....   | 10        |
|            | ONGELMIA JÄÄHDYTYKSESSÄ? .....   | 10        |
| <b>III</b> | <b>JÄÄHDYTYKSEN JÄLKEEN MUISTETTAVA .....</b>                              | <b>12</b> |
| <b>IV</b>  | <b>OIKEANLAISEN KULJETUKSEN TÄRKEYS.....</b>                               | <b>13</b> |
| <b>V</b>   | <b>ONNISTUNEITA JÄÄHDYTYSRATKAISUJA.....</b>                               | <b>14</b> |
| <b>VI</b>  | <b>KIRJALLISUUS.....</b>   | <b>20</b> |

## I MIKSI JÄÄHDYTTÄÄ PAKOTETULLA ILMANKIERROLLA?

- ✘ Tuotteiden jäähtyminen on nopeampaa kuin tavallisessa kylmävarastossa, jossa ilma ei kierrä.
- ✘ Vihannekset jäähtyvät laatikoissa/lavoilla tasaisesti.
- ✘ Voidaan rakentaa olemassa olevan kylmävaraston yhteyteen (kaksi perusrakennetarkaisua ovat ns. 'kylmäseinä- ja tunnelimalli').
- ✘ Hankintakustannukset ovat pienemmät kuin muilla nopeilla jäähdytysmenetelmillä (vakuumi-jäähdytys tai jäähdytys kylmällä vedellä) erityisesti silloin, kun rakennetaan olemassa olevaan kylmävarastoon.
- ✘ Pakotetulla ilmankierrolla varustettua kylmävarastoa voidaan käyttää sekä tuotteiden pika-jäähdyttämiseen että kylmävarastona. Tuotteet pidetään pakotetun ilmankierron jäähdytyksessä vain siihen asti, kunnes tuotteet ovat saavuttaneet halutun lämpötilan. Tämän jälkeen puhallin pysäytetään, jotta tuotteet eivät kuivuisi liikaa.
- ✘ Pakotetun ilmankierron jäähdytys sopii useimmille vihanneksille.
- ✘ Minimoi varastotappiot – jäähdytetyt vihannekset säilyvät hyvin.
- ✘ Valveutuneet kauppiat ja kuluttajat tietävät vihanneksen jäähdyttämisen merkityksestä heti korjuun jälkeen ja he myös arvostavat jäähdytettyjä tuotteita.

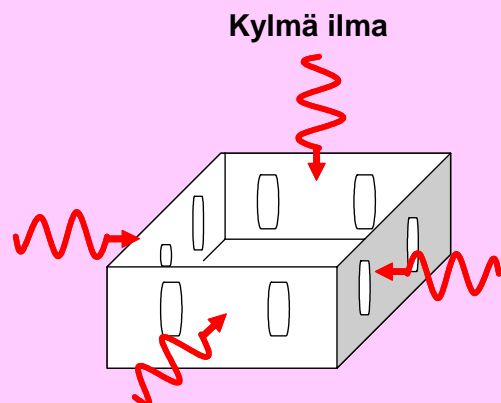
### Pakotetulla ilmankierrolla jäähdyttäminen:

Kylmä ilma pakotetaan virtaamaan puhaltimen avulla. Puhallin imee kylmän ilman tuotelaatikoiden ilmareikien tai aukkojen kautta. Kylmä ilma joutuu suoraan kosketukseen tuotteiden kanssa, jolloin tuotteet jäähtyvät. Virtaava ilma vie mukanaan tuotteista vapautuvaa lämpöä. Tuotteiden jäähtyminen on **nopeaa ja tasaista**.



### Tavallinen varastojäähdytys: (ilma ei kierrä varastossa)

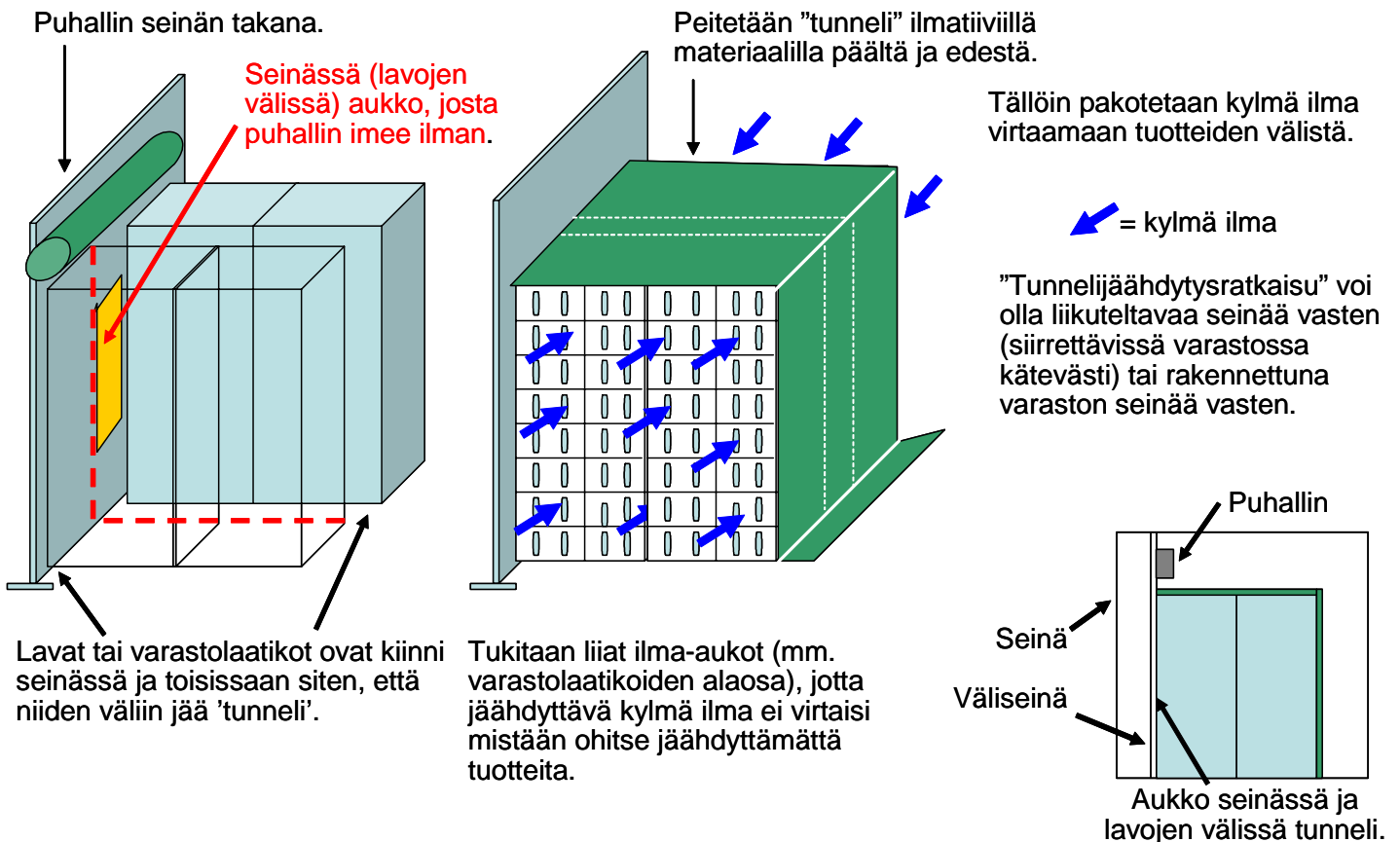
Tuotteiden jäähtyminen perustuu pääosin kylmän johtumiseen laatikoiden pintojen läpi. Lavan ympärillä oleva kylmä ilma jäähdyttää uloimpien laatikoiden seiniä, mutta laatikoiden sisälle ilma ei virtaa. Uloimpien laatikoiden seinämien jäähdyttyä, jäähtyvät laatikoiden sisällä oleva ilma, laatikon muut seinät sekä laatikoissa olevat tuotteet. Jäähtyminen etenee edelleen hitaasti viereisiin laatikoihin ja lopulta lavan keskiosaan. Tuotteiden jäähtyminen on **hidasta ja epätasaista** ja jäähtyminen on erityisen hidasta laatikkopinojen sisällä.



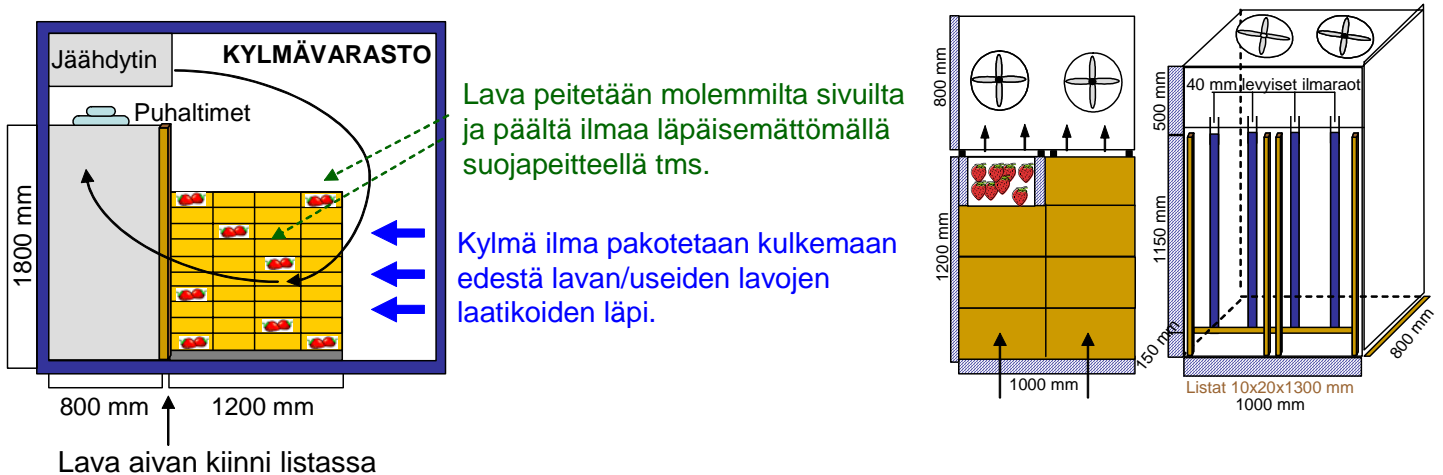
## II PAKOTETUN ILMANKIERRON JÄÄHDYTYSRATKAISUT HELPPOJA TOTEUTTAA?

”Jäähdytystunneli” – Pakotettu ilmankierto voidaan ratkaista tehokkaassa kylmävarastossa yksinkertaisesti puhaltimen, seinän ja suojapeiton tms. ilmatiiviin materiaalin avulla.

Puhallin/puhaltimet ovat seinän takana siten, että ne imevät laatikkojen välissä olevasta ”tunnelista” ilmaa, pakottaen varastossa olevan kylmän ilman kulkemaan tuotteiden välistä.



’Kylmäseinä’ – Pakotettu ilmankierto saadaan aikaan kylmävaraston seinään puhaltimen tai puhaltimien avulla.



Norjalaisilla mansikkatiloilla käytetään yhden lavan pakotetun ilmankierron jäähdytyslaiteratkaisua. Esimerkkikuvassa ilmarakojen korkeus on mitoitettu siten, että FIN-lavalle sijoitetaan 10 kerrosta 5 kg:n marjalaatikoita.

**Mitä pakotetun ilmankierron jäähdytyksessä tarvitaan\*?**

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| <b>Jäähdytyskapasiteetti</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>✘ Riittävästi.</li> <li>✘ Kylmätilan jäähdytyskapasiteetti voidaan arvioida esim. Kotimaisten kasvien 'Kylmä pidentää ikää'-oppaassa esitettyjen laskentamallien avulla. 'Kylmä pidentää ikää'-opas on tilattavissa Kotimaiset kasvikset ry:stä ja luettavissa internetissä sivulta: <a href="http://www.kotimaisetkasvikset.fi">www.kotimaisetkasvikset.fi</a>. Käytä hyväksesi myös kylmälaiteasiantuntijoita.</li> </ul> |
| <b>Puhallin</b>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>✘ Riittävän tehokas (virtaama vähintään 0,5–1 l/s/kg tuotetta kohti)</li> <li>✘ Kylmälaitteessa oleva puhallin ei riitä, vaan tarvitaan erillinen tehokas puhallin.</li> </ul>  |
| <b>Suojapeitto/suojalevyt</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>✘ Ilmaa läpäisemätön, tiivis, tukeva materiaali, esim. muovipeite tai vesivaneri</li> <li>✘ Ohjaimet/kelauslaitteet helpottavat suojapeiton liikuttamista</li> </ul>  |
| <b>Termostaatti tai kello-ohjaus</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>✘ Jäähdytys lopetetaan, kun tavoitelämpötila on saavutettu</li> </ul>   |
| <b>Lämpömittari</b>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>✘ Jäähdytyksen seurantaan (esim. tuotteiden lämpötilan mittaaminen)</li> </ul>  |

\* Kun pakotetun ilmankierron jäähdytysratkaisu rakennetaan tehokkaaseen kylmävarastoon. Jos jäähdytys ei ole riittävän tehokasta, tarvitaan mahdollisesti tehokkaampi kylmälaitteisto.


**Huomioitavaa pakotetun ilmankierron jäähdytyksessä****1. Jäähdytettävä tuote**

- ✘ Jäähdytysnopeuteen vaikuttavat:
  - Tuote: vihannekset, joilla on paljon jäähtyvää pintaa tuotteen massaa nähden jäähtyvät nopeasti (esim. salaattit).
- ✘ Vihannesten alkulämpötila.
- ✘ Jäähdytettävän erän koko.

**2. Laatikoissa oltava ilmareiät**

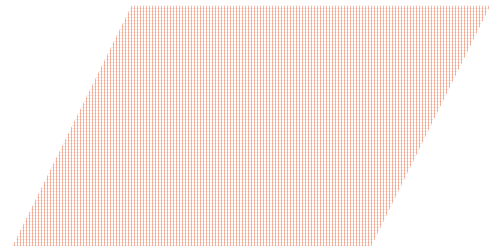
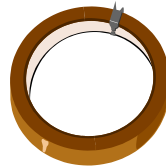
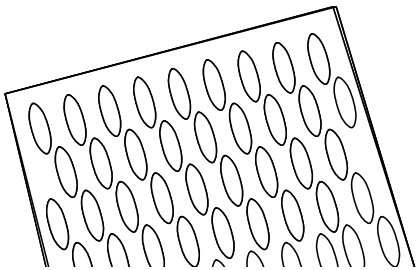
- ✘ Jäähdytyksessä käytettävissä laatikoissa on oltava ilmareiä riittävästi ko. vihanneksen jäähtymiseksi.
- ✘ Jäähdyttävälle ilmavirralle on oltava vapaa kulku laatikoiden sivuilla olevista rei'istä tai laatikon osittain avonaisesta sivusta.
- ✘ Ilmareiät pitää sijoittaa laatikoihin siten, että ilman kulku niistä on mahdollista, vaikka osa saman kerroksen laatikoista olisi ladottu lavalle eri päin. Toisin sanoen laatikoiden sivuissa olevat ilmareiät pitää kohdistaa päädyissä olevien ilmareikien kanssa.

## VIHANNESTEN JÄÄHDYTY SOPAS

- ✘ Laatikoiden jokaisen sivun pinta-alasta vähintään 5 % on oltava rei'itettyä tai sivustaan osittain avoimen laatikon aukon koon on oltava vähintään 15 % sivun pinta-alasta.
- ✘ On parempi, että laatikoissa on muutama iso ilmareikä kuin paljon pieniä reikiä.
- ✘ Laatikoiden ilmareikien koon ja muodon täytyy olla sellaiset, ettei jäähdytettävä tuote tuki niitä.
- ✘ Ilmareikien on hyvä olla vähintään 1 cm leveitä ja 4–7 cm:n päässä laatikoiden kulmista.
- ✘ Vältä ympyränmuotoisia ilmareikiä laatikoissa – käytä mieluummin -aukkoja.
- ✘ Älä käytä pakotetun ilmankierron jäähdytyksessä:
  - umpinaisia laatikoita, varsinkaan muovisia (ilma ei kulje tiiviin muovin lävitse!).
  - laatikoita, joissa rei'itys on liian vähäistä tai väärissä kohdissa.
- ✘ Vähittäispakattuna (kelmut, pussit, ym.) vihannekset jäähtyvät hitaammin kuin pakkaamattomina.

### 3. Lavan sidonta ei saa peittää ilmareikiä!

- ✘ Valitse laatikot, joissa on lukituskielekkeet, jolloin laatikot pysyvät pinoissaan.
- ✘ Mikäli joudut sitomaan lavalla olevat laatikot:
  - käytä rei'itettyä tai kapeaa sidontamuovia, teippiä, verkkoa tai muovivannetta.



- ✘ Laatikoiden sidonta esim. reiättömällä leveällä sidontamuovilla peittää laatikoiden ilmareikiä, jolloin jäähdyttävän ilman kulku estyy ja tuotteiden jäähtyminen hidastuu.

### 4. Laatikot ja lavat järjestykseen

- ✘ Pakotetussa ilmankierrossa ilma virtaa helpointa reittiä eli sieltä missä vastus on vähäisin, kuten esim. vajaasti täytetyistä laatikoista, lavojen välistä tai lavojen alta. Täytä laatikot tasaisesti, älä jätä turhia välejä lavojen ja laatikoiden väliin.
- ✘ Huomioi myös, että esim. lavan alaosassa on aukot, joista jäähdyttävä ilma voi ”oikaista”. Peitä nämä aukot tarvittaessa teipillä, superlonilla tai muulla tiiviillä materiaalilla.

## 5. Lämpötiloja seurattava

- ✘ Älä jäähdytä tuotteita liian kylmällä ilmalla: - estä kylmävaurioiden syntyminen!
- ✘ Seuraa jäähdytettävien tuotteiden lämpötiloja **luotettavalla lämpömittarilla** useasta eri kohdasta jäähdytettävää erää. Tarkista säännöllisesti, että lämpömittari näyttää oikean lämpötilan.
- ✘ Kun tuotteet ovat saavuttaneet halutun lämpötilan, lopeta pakotettu ilmankierto, jotta tuotteista ei haihtuisi turhaan vettä.

## 6. Jäähdyttävä ilma

- ✘ Kylmälaitteiston kapasiteetin on oltava riittävä.
- ✘ Ilman lämpötilan on oltava tuotteille sopiva.
- ✘ Kosteaa ilmaa jäähdyttää nopeammin kuin kuiva ilma. Kuiva ilma haihduttaa tuotteista vettä, jolloin tuotteet voivat nahistua.
- ✘ Tuotteiden kuivumisesta jäähtymisen aikana voi vähentää esim.:
  - Kastelemalla tuotteet ennen jäähdytystä tai jäähdytyksen aikana (esim. vesisuihku)
  - Jäähdytystilan seinille ripustetaan vedellä kostutetut kankaat
  - Veden on oltava puhdasta, elintarvikekäyttöön soveltuvaa.
- ✘ Jäähdytettävien tuotteiden välistä virtaava ilmamäärä 0,5–6 litraa ilmaa/(s·kg) tuotteesta riippuen.





**Vihannesten lämpötilasuositukset**

Esimerkkejä vihanneskohtaisista suositelluista lämpötiloista ja muuta huomioitavaa:

| Tuote  | Huomioitava  |
|--|--|
| <b>Varhaisperuna</b>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>✘ Suositeltava lämpötila 10–12 °C</li> <li>✘ Pidä pimeässä, etteivät viherry!</li> </ul>  |
| <b>Kesäporkkana</b>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>✘ Suositeltava lämpötila 0–5 °C</li> </ul>  |
| <b>Kukkakaali</b>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>✘ Suositeltava lämpötila 0–5 °C</li> <li>✘ Pakkauksella vähennetään veden haihtumista varastoinnin aikana.</li> </ul>   |
| <b>Parsakaali</b>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>✘ Suositeltava lämpötila 0–5 °C</li> <li>✘ Pakkauksella vähennetään veden haihtumista varastoinnin aikana.</li> </ul>   |
| <b>Jäävuorisalaatti</b>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>✘ Suositeltava lämpötila 0–5 °C</li> <li>✘ Pakkauksella vähennetään veden haihtumista varastoinnin aikana.</li> </ul>   |
| <b>Ruukkusalaatti</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>✘ Suositeltava lämpötila 0–5 °C</li> <li>✘ Vältä sijoittamista suoraan tuulettimen alle.</li> </ul>   |
| <b>Kurkku</b>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>✘ Huom! Herkkä kylmävaurioille.</li> <li>✘ Suositeltava lämpötila 12–14 °C</li> </ul>   |
| <b>Tomaatti</b>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>✘ Sopii hidas jäähdytys ja jäähdytystarve riippuu poimintakypsyydestä.</li> <li>✘ Huom! Herkkä kylmävaurioille. Kypsät tomaatit kestävät lyhytaikaista säilytystä matalassa lämpötilassa paremmin kuin raaemmat tomaatit.</li> <li>✘ Suositeltava lämpötila kypsille tomaateille 12–14 °C.</li> <li>✘ Raaempia tomaatteja säilytetään ja kypsytetään korkeammassa lämpötilassa 15–20°C</li> </ul> |
| <b>Yrtit: yleisesti (ruukku/leikattu)</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>✘ Suositeltava lämpötila 0–5 °C</li> <li>✘ Vältä sijoittamista suoraan tuulettimen alle.</li> </ul>   |
| <b>Poikkeuksena: basilika ja sitruunamelissa</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>✘ Huom! Herkkiä kylmävaurioille.</li> <li>✘ Suositeltava lämpötila 10–15 °C</li> <li>✘ Suositeltava lämpötila leikatulle basilikalle 8–10°C</li> <li>✘ Vältä sijoittamista suoraan tuulettimen alle.</li> </ul>   |

Vihannesten säilytykseen suositeltuja minimilämpötiloja ei pitäisi alittaa tuotteita jäähdytettäessä, kuljetettaessa ja varastoitaessa.

Varo tuotteiden jäätymistä!

**Erityistä varovaisuutta on noudatettava kylmävaurioille herkkien vihannesten kanssa!**

Esim. ruukubasilika ja tomaatti

***Maksimoi jäädytyksen teho***

- ✘ Älä päästä tuotteita lämpenemään ennen jäädytystä eli tuo tuotteet korjuusta viileinä jäädytykseen:
  - Kerää jäähdytettävät tuotteet vuorokauden viileimpänä ajankohtana esim. aamulla.
  - Pidä kerätyt tuotteet suojassa auringonpaisteelta.
  - Siirrä tuotteet nopeasti pellolta kylmävarastoon.
- ✘ Minimoi lämmöntulo kylmävarastoon:
  - Estä kylmän karkaaminen kylmävaraston ovista liuskaverho-ovella.
  - Kun kylmävarastossa ei enää käydä, sulje kylmävaraston varsinaiset ovet.
  - Minimoi trukkien ym. käynti kylmävarastossa.
- ✘ Käytä pakotetun ilmankierron jäädytyslaitteen puhaltimen koko teho:
  - Sammuta puhallin/pakotettu ilmakierto, kun tuotteet on jäädytetty haluttuun lämpötilaan (Näin estät veden liiallisen haihtumisen tuotteista).
  - Käytä laatikoita, joissa on riittävästi ilmareikiä.
  - Muista laittaa laatikot/lavat tiiviisti kiinni toisiinsa. Älä jätä turhia välejä!
- ✘ Jäädytyksen tehokkuus riippuu kylmävaraston kylmätehosta (ts. jäädyttimestä) ja ilmankierrosta tuotelaatikoiden läpi (ts. puhaltimesta). Jäädytintä mitoitettaessa ja puhaltimia valittaessa on tarkkaan mietittävä kerrallaan jäädytettävien tuotteiden määrä.

***Ongelmia jäädytyksessä?***

Tehtyjä virheitä pakotetun ilmankierron jäädytyksessä

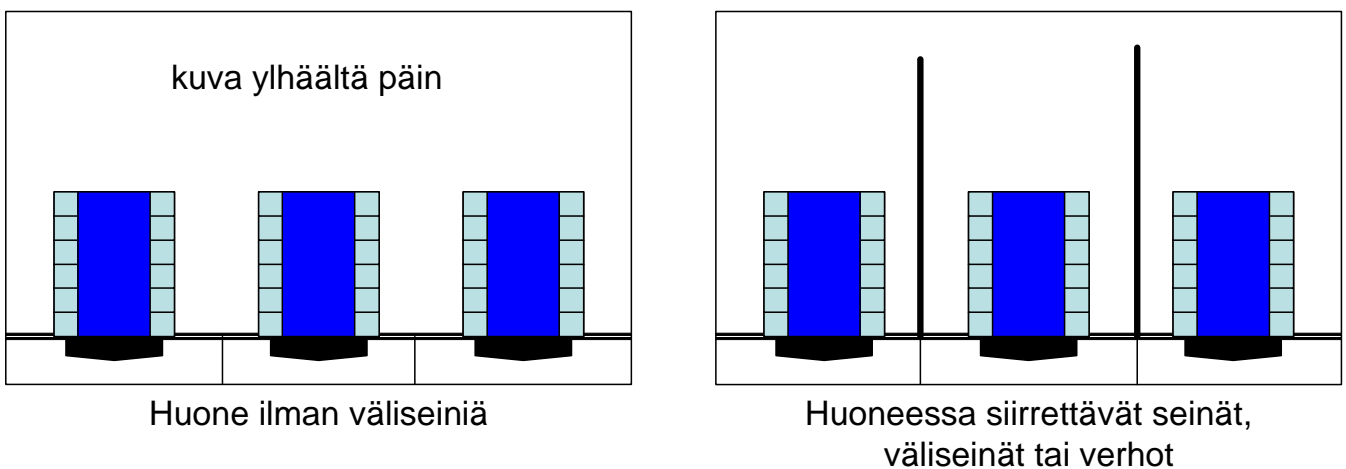
- ✘ Kylmälaitteen kapasiteetti on vihannesten nopeaan jäädyttämiseen liian pieni! Kylmälaite ei riitä jäädyttämään varaston ilmaa eikä myöskään jäädytettäviä tuotteita. Mahdollinen ratkaisu ongelmaan: tuotteet jäädytetään pienissä erissä tai hankitaan tehokkaampi kylmälaite.
- ✘ Suojapeitteenä on käytetty kangasta tai muuta ilmaa hyvin läpäisevää materiaalia! Ilma kulkeutuu kankaan läpi, jolloin lavalla olevat tuotteet jäähtyvät hyvin epätasaisesti ja huonosti.
- ✘ Vihannestuotteille on käytetty laatikoita, joissa on liian vähän ilmareikiä! Osa ilmarei'istä on tukkeutunut pinottaessa laatikot lavalle (ts. reiät eivät ole kohdakkain). Jäädyttävää ilmaa kulkee laatikoiden läpi huonosti tai ei ollenkaan, jolloin tuotteet jäähtyvät hitaasti.
- ✘ Vihannestuotteiden lavat on sidottu tiiviillä sidontakalvolla! Jäädyttävän ilman kulku laatikoiden läpi estetty, jolloin tuotteet jäähtyvät hitaasti.
- ✘ Jäädyttävä ilma ohjattu huonosti kulkemaan lavan lävitse:
  - Jäädyttävä ilma virtaa lavan alta tai laatikoiden väleistä.
  - Jäädyttävä ilma virtaa lavan sivuista, mutta ei päädyt, jolloin päädyssä olevat tuotteet jäähtyvät hitaasti ja koko lava epätasaisesti.

**Mikä vikana, jos tuotteet jäähtyvät liian hitaasti?**

**Esimerkkiongelman A: Suurta tuotemäärää jäähdytettäessä jäähdyttävän ilman lämpötila nousee**

**Syy: Jäähdytyskapasiteetti on todennäköisesti riittämätön.**

- ✘ Alimitoitettu jäähdytyslaite tai jäähdytyslaitteiston huono huoltaminen voivat aiheuttaa jäähdyttävän ilman lämpenemisen. Pyydä tarvittaessa apua kylmälaitealan yrityksestä. Mikäli jäähdytystilassa on useita jäähdytyspaikkoja (Kuva 1), voidaan lämpimän ilman kulkeutuminen viereisistä jäähdytyspaikoista estää laittamalla jäähdytyspaikkojen väliin väliseiniä. Väliseinä voi olla tarpeen, jos jäähdytyspaikkoja käytetään hyvin eri tahdissa ja jäähdytettävät tuotteet ovat tullessaan jäähdytystilaan hyvin lämpimiä.



**Kuva 1.** Tunnelityyppinen pakotetun ilmankierron jäähdytysseinä (useita jäähdytyspaikkoja): Eristämättömällä seinärakenteella tai verholla erotetaan jäähdytyspaikat toisistaan, jolloin vähennetään lämpimän ilman kulkeutumista viereiseltä paikalta.

**Esimerkkiongelman B: Jäähdyttävän ilman lämpötila pysyy asetetussa arvossaan, mutta lavan reunassa olevissa laatikoissa tuotteet jäähtyvät hitaasti (ts. tuotteet, jotka ovat ensimmäisenä kosketuksissa ilman kanssa)**

**Syy: Ilma ei virtaa riittävästi laatikoiden läpi.**

- ✘ Laatikoissa ei ole riittävästi reikiä (5 % laatikon sivun pinta-alasta tulisi olla rei'itettyjä ja aukkojen tulisi sijaita kohdakkain, kun laatikot pinotaan lavalle).
- ✘ Pakkausmateriaalit sulkevat ilmavirran. Esim. laatikkopinot lavalla on sidottu reiättömällä sidontamuovilla.
- ✘ Puhaltimen kapasiteetti on riittämätön. Yleisesti pakotetun ilmankierron jäähdytyksessä virtausnopeus on 1–2 l/s/kg.
- ✘ Jäähdytettävää tuotetta on liikaa (liian paljon laatikoita/lavoja jäähdytyslaitteen tehoon nähden).

- ✘ Ilma virtaa laatikoiden ohi lavan alla olevasta tilasta (aukko seinässä liian suuri), laatikoiden välistä (pinottu huonosti) tai tunnelityyppisessä jäähdyttimessä suojapeite ei ole riittävän tiiviisti laatikoiden pinnassa.

**Esimerkkiongelman C:** Tunnelityyppisessä jäähdyttimessä jäähdyttävän ilman lämpötila pysyy asetetussa arvossa ja lavan reunassa olevissa laatikoissa tuotteet jäähtyvät pääasiassa nopeasti, mutta muissa laatikoissa tuotteiden jäähtyminen on hidasta.

**Syy: Ilmansyöttöalue tai ilman tunnelikanava eivät ole riittävän leveät:**

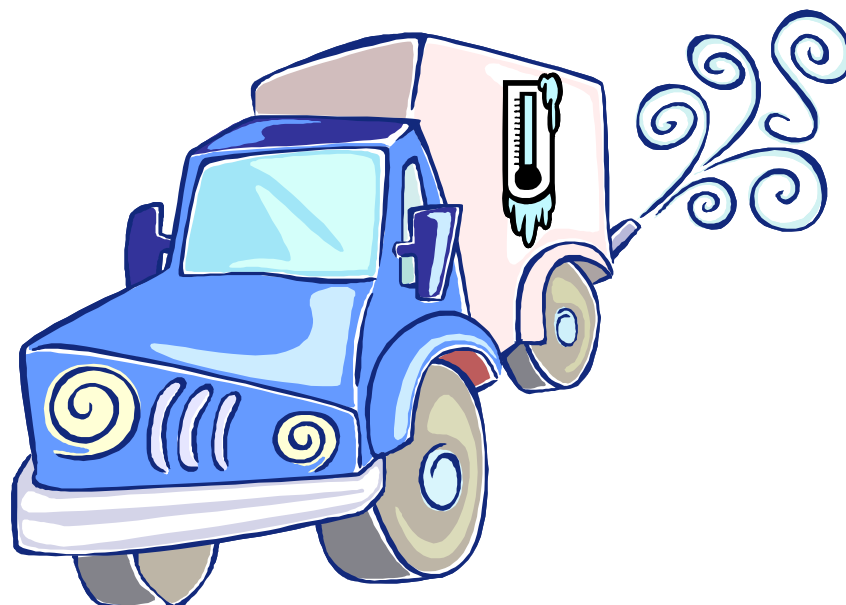
- ✘ Kapea ilman syöttöalue aiheuttaa lattian pinnassa olevien laatikoiden hitaan jäähtymisen.
- ✘ Kapea tunnelikanava aiheuttaa puhaltimesta kauimpana olevien lavojen hitaan jäähtymisen.

### III JÄÄHDYTYKSEN JÄLKEEN MUISTETTAVA

**Jäähdytettyjen tuotteiden kylmäketjun on toimittava koko kuljetusketjussa!**

Pidä huoli etteivät jäähdytetyt tuotteet lämpene esimerkiksi:

- ✘ lajittelussa
- ✘ pakkaamossa
- ✘ kuljetuksessa
- ✘ varastossa!



## IV OIKEANLAISEN KULJETUKSEN TÄRKEYS

### Kuljetusväline

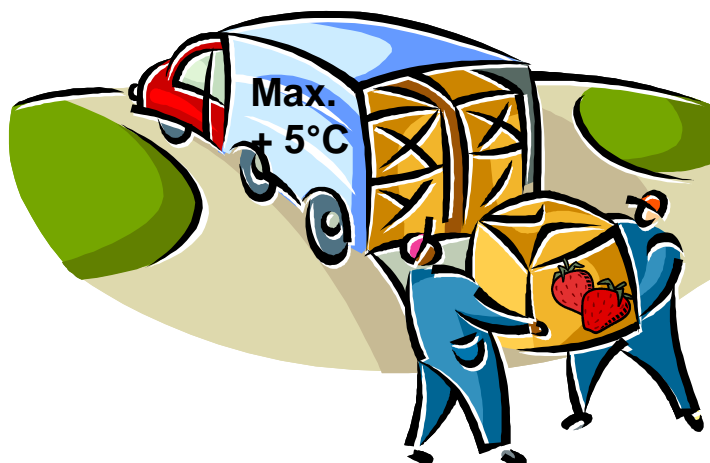
- ✘ Vaadi laadukasta kuljetusta tuotteillesi!
- ✘ Kuljetusvälineen täytyy olla kylmäkoneistolla varustettu!
- ✘ Kuljetustilan täytyy olla jäähdytetty, ennen kuin sinne laitetaan kylmät tuotteet!
  - Mikäli kuljetustilaa ei ole jäähdytetty etukäteen, ehtivät sinne lastatut jäähdytetyt tuotteet lämmetä ennen kuin kuljetustila on kylmennyt riittävästi.
- ✘ Kuljetustilan lämpötilan täytyy olla säädetty kuljetettaville tuotteille sopivaksi!
  - Liian kylmässä tuotteisiin aiheutuu kylmävaurioita ja liian lämmin olosuhde vähentää tuotteiden säilyvyyttä.
- ✘ Kuljetustilassa täytyy olla säätöjärjestelmä (termostaatti), joka varmistaa lämpötilan pysymisen halutulla tasolla.
- ✘ Käytä kuljetustilassa lämpötilahälyttimiä ilmoittamaan välittömästi virheellisistä olosuhteista! Lämpötiloja rekisteröivillä mittareilla saat seurattua kuljetuksen lämpötilahistoriaa.
- ✘ Huomioi tuotteiden erikoisvaatimukset, esim:
  - basilika on herkkä kylmävaurioille!
  - virrehajuja levittävät tuotteet 'eristettävä'!

### Lastaaminen ja purkaminen

- ✘ Kuljetusvälineen kylmätilan ovet on avattava vasta juuri ennen lastaamista ja vastaavasti suljettava heti lastaamisen jälkeen! Ovia ei saa pitää turhaan auki!
- ✘ Tuotteiden lastaamisen on tapahduttava nopeasti!

### **ÄLÄ KUVITTELE, että:**

- ✘ tuotteesi jäähtyvät kylmäkuljetuksessa! Kuljetusten tarkoitus on ylläpitää tuotteiden haluttua säilytyslämpötilaa.



## V ONNISTUNEITA JÄÄHDYTYSRATKAISUJA

## Esimerkki 1:

## Usean lavan pakotetun ilmankierron jäähdytyslaiteratkaisu

Rakennuttaja:

Vihannes-Laitila Oy, Laitila

Rakentamisvuosi:

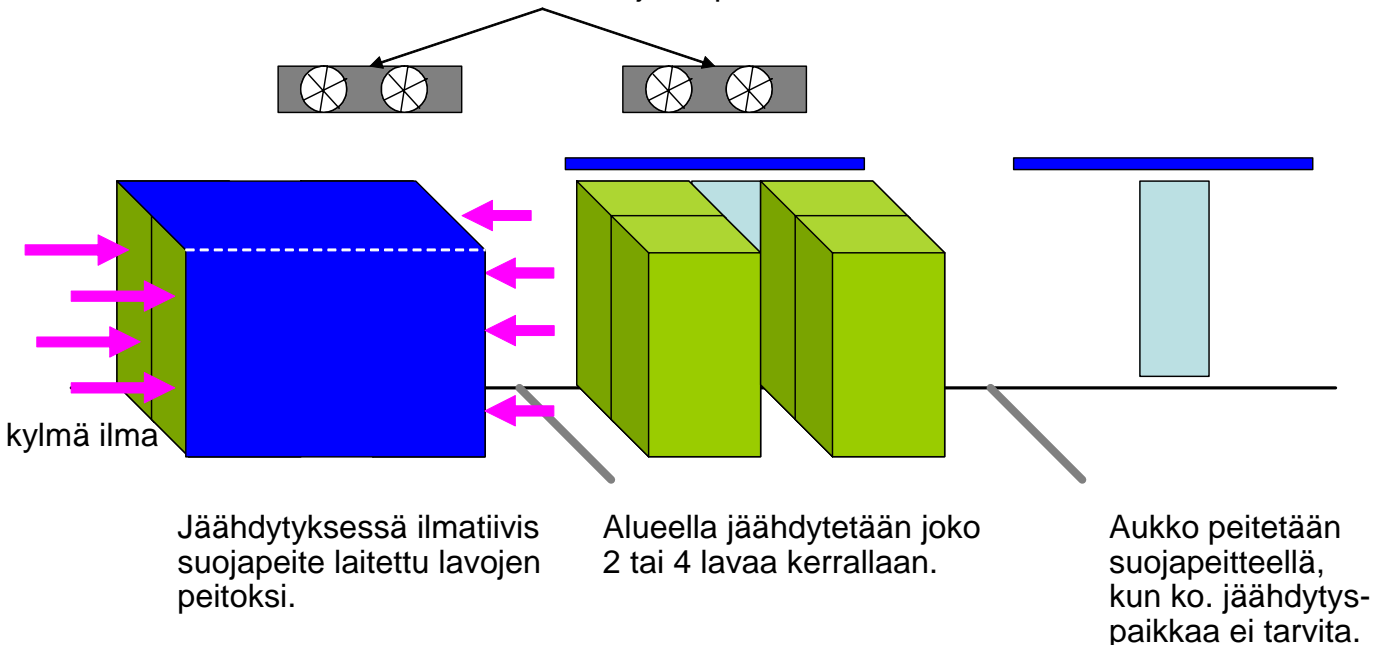
2003

Toimintaperiaate:

Kylmävaraston (huoneen pinta-ala: 120 m<sup>2</sup>, tilavuus: 480 m<sup>3</sup>) seinään on rakennettu 3 jäähdytysaluetta eli aukkoja seinään, joiden viereen lavat sijoitetaan siten, että lavojen väliin jää tyhjä tila ns. 'tunneli' (Kuva 2). Lavat peitetään ilmatiiviillä suojapeitteellä päältä ja edestä, jolloin jäähdyttävä ilma pakotetaan virtaamaan lavojen sivuista lavojen läpi tunneliin. Jäähdyttävän ilman virtaus tuote-erän läpi saadaan aikaan erillisillä seinän taakse sijoitettujen puhaltimien avulla. Jokaisella jäähdytysalueella voidaan jäähdyttää 2 tai 4 tuotelavaa kerrallaan (max 12 kpl lavaa jäähdytystilassa).

Kylmävarastoa käytetään sekä pakotetun ilmankierron jäähdytyksessä että kylmävarastona. Jäähdyttävän ilman lämpötila on sama kuin kylmävaraston ilman lämpötila ja kylmävarastossa on käytössä 2 kpl kylmäkoneistoja.

Puhaltimet, joilla imetään ilmaa seinän takaa, jolloin pakotetaan kylmä ilma virtaamaan tuotelavojen läpi.



**Kuva 2.** Vihannes-Laitila Oy:n pakotetun ilmankierron jäähdytyksen periaate. Seinässä 3 erillistä pakotetun ilmankierron jäähdytysaluetta (max. 4 lavaa/jäähdytysseinäalue)

**Pakotetun ilmankierron jäähdytyslaiteratkaisun kustannukset:**

**Huom!** Jäähdytysalue rakennettu olemassa olevaan kylmävarastoon.

**Tarvikkeet:**

|  |         |
|--|---------|
| Seinäelementit:                              | 3 300 € |
| Ilmatiiviit suojapeitteet (yht. 3 kpl):      | 429 €   |
| Suojapeitteiden kelauslaitteet ja kynnykset: | 1 083 € |

**Työt:**

|                             |         |
|-----------------------------|---------|
| Kylmlaitteiston muutostyöt: | 1 615 € |
| Sähkötyöt (6 h):            | 180 €   |
| Rautarakennetyöt (10 h):    | 250 €   |
| Oma työ (40 h):             | 1 000 € |

**Yhteensä:** 7 857 €



*Kuvat Vihannes-Laitilan pakotetun ilmankierron jäähdytystilasta.*

**Jäähdytyskapasiteetti:**

Esimerkiksi kahden nippusipulilavan jäähdytys 20 °C → 5 °C:een vie n. 3 tuntia.

**Kokemukset pakotetun ilmankierron jäähdytyslaitteen rakentamisesta ja käytöstä:**

*Rakentaminen:*

- ✘ Kannattaa tehdä kerralla kunnollinen.
- ✘ Suojapeitteiden siirtäminen koneellisesti (= kelaus) helpottaa käyttöä.
- ✘ Jäähdytyspatterien pinta-alan on oltava riittävä, jotta patterit eivät jäädy!

*Käyttö:*

- ✘ Suojapeitteiden käytön oltava mahdollisimman yksinkertaista.
- ✘ Jäähdyttävän ilman on päästävä kulkemaan laatikoiden läpi.

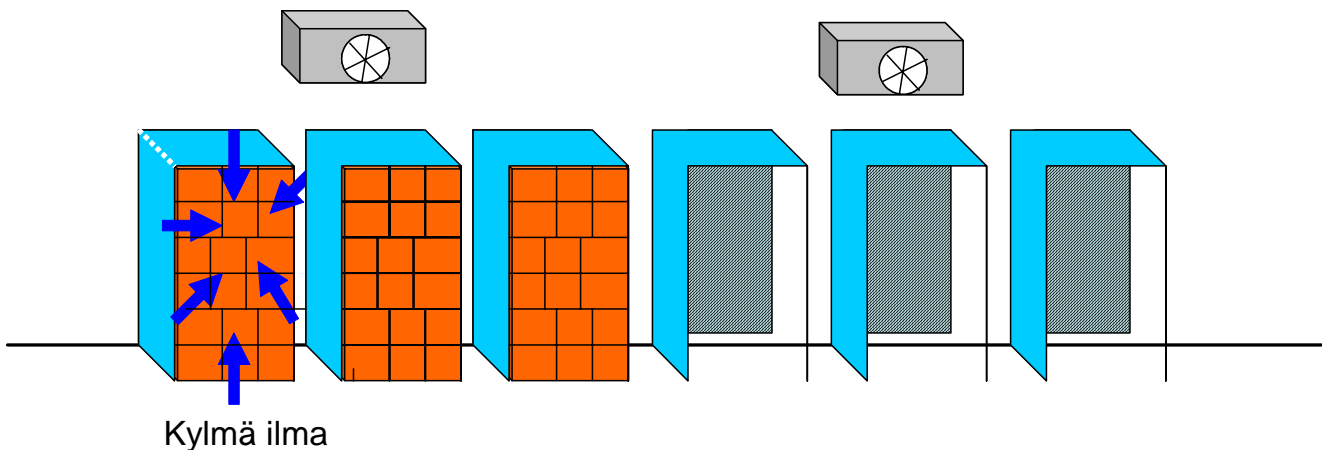
*Yhteystiedot:*

- ✘ Vihannes-Laitila Oy, Vierumäentie 33, 23800 LAITILA, puh. (02) 856 971
  - Juha Lehto, [juha.lehto@vihanneslaitila.fi](mailto:juha.lehto@vihanneslaitila.fi)
  - Tero Nousiainen, [tero.nousiainen@vihanneslaitila.fi](mailto:tero.nousiainen@vihanneslaitila.fi)



**Esimerkki 2:****Kasvihuonesalaattilavojen pakotetun ilmankierron jäähdytyslaiteratkaisu****Rakennuttaja:****Oksasen Puutarha Oy, Paattinen****Rakentamisvuosi:****2003****Toimintaperiaate:**

Kylmävarasto (huoneen pinta-ala: 35,75 m<sup>2</sup> / tilavuus: 107 m<sup>3</sup>) on rakennettu olemassa olevan hallin sisätiloihin. Kylmävaraston seinään on rakennettu 6 pakotetun ilmankierron jäähdytysaluetta, ts. aukkoja seinään, joiden eteen ruukusalaattilavat sijoitetaan (Kuva 3). Lava peitetään ilmatiiviillä suojapeitteellä päältä ja sivuista, jolloin jäähdyttävä kylmä ilma pakotetaan virtaamaan lavan edestä lavan läpi. Salaattilaatikoiden ilma-aukot on sijoitettu siten, että ilmavirta kulkee laatikoiden läpi laatikoiden pinoamistavasta riippumatta. Jäähdyttävän ilman virtaus tuote-erän läpi saadaan aikaan erillisillä seinän taakse sijoitettujen puhaltimien avulla. Kylmävarastoa voidaan käyttää samanaikaisesti 6 lavan jäähdytykseen pakotetulla ilmankierrolla sekä tavallisena kylmävarastona. Mikäli pakotetun ilmankierron jäähdytystä ei tarvita, puhaltimet pysäytetään. Kylmävaraston ilmaa jäähdyttää kylmäkoneisto ja jäähdyttävä ilman lämpötila on sama kuin kylmävaraston ilman lämpötila.



Jäähdytyksessä ilmatiivis suojapeite lasketaan lavojen peitoksi, jolloin jäähdyttävä ilma kulkee lavan edestä (laatikoissa olevien reikien kautta) lavan läpi.

**Kuva 3.** Oksasen Puutarha Oy:n pakotetun ilmankierron jäähdytyksen periaate. Seinässä 6 erillistä pakotetun ilmankierron jäähdytysaluetta (1 lava/aukko)



**Pakotetun ilmankierron jäähdytyslaiteratkaisun kustannukset:**

**Huom!** Pakotetun ilmankierron jäähdytysseinä rakennettu yhdistettynä kylmävarastoon.

**Tarvikkeet:**

|  |         |
|--|---------|
| Kylmävarastotila:  | 8 630 € |
| – pelti/polyuretaanielementit (550 cm × 650 cm × 300 cm) |         |

|                                     |       |
|-------------------------------------|-------|
| Väliseinä:                          | 450 € |
| – filmivaneri/kyllästetty puutavara |       |

|   |         |
|---|---------|
| Kylmäkoneisto (teho 27 kW 0/40 °C) ja puhallinhöyrystin asennettuna | 9 700 € |
|---|---------|

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| Omia vanhoja puhaltimia 2 kpl | - € |
|-------------------------------|-----|

|                 |       |
|-----------------|-------|
| Sähkötarvikkeet | 570 € |
|-----------------|-------|

**Työt:**

|                  |       |
|------------------|-------|
| Sähkötyöt (30 h) | 866 € |
|------------------|-------|

|                |       |
|----------------|-------|
| Oma työ (32 h) | 500 € |
|----------------|-------|

|                  |                 |
|------------------|-----------------|
| <b>Yhteensä:</b> | <b>20 716 €</b> |
|------------------|-----------------|



*Kuva Oksasen Puutarha Oy:n pakotetun ilmankierron jäähdytystilasta.*

**Laitteiston jäähdytyskapasiteetti:**

Esimerkiksi ruukkusalaattien (2400 kg) jäähdytys 25 °C → 5 °C kestää n. 3–4 tuntia.

**Kokemukset pakotetun ilmankierron jäähdytyslaitteen rakentamisesta ja käytöstä:**

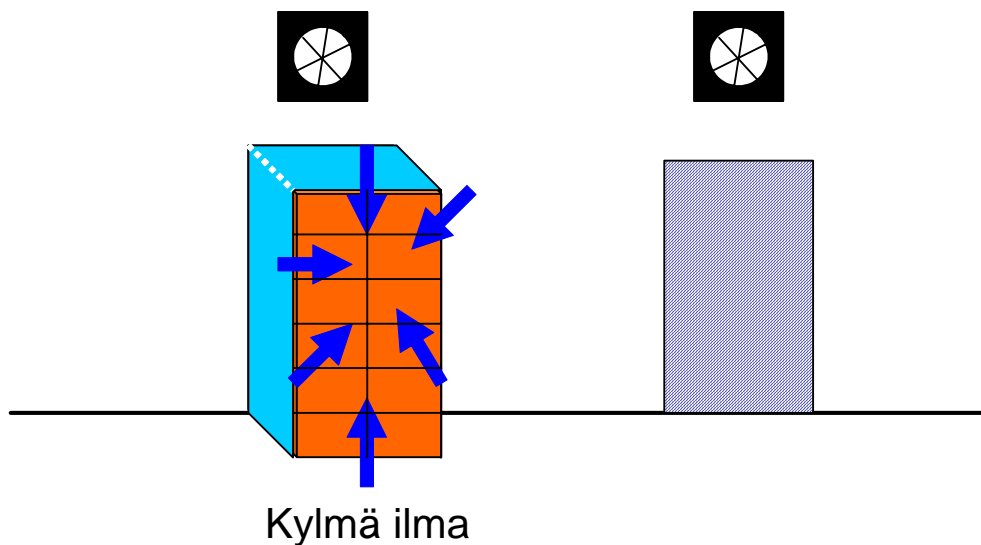
Ruukkusalaatti on hankalasti jäähdytettävä tuote, koska se on pakattu muoviin, jonka läpi kylmä ilma ei kulje. Myyntilaitikko on täynnä muovia, joka hidastaa ruukkusalaattien jäähtymistä. Ruukkusalaattien myyntilaitikoiden ilmareiät (sijainti ja koko) vaikuttavat jäähdytysnopeuteen.

**Yhteystiedot:**

- \* Oksasen Puutarha Oy, Joenperäntie 224, 21330 PAATTINEN, puh. (02) 257 0174
- Juha Oksanen, [juha.oksanen@luukku.com](mailto:juha.oksanen@luukku.com)

**Esimerkki 3:****Kasvihuonesalaattilavojen pakotetun ilmankierron jäähdytyslaiteratkaisu****Rakennuttaja:****Wääksyn kartano, Kangasala****Rakentamisvuosi:****2003****Toimintaperiaate:**

Kylmävarastoon (huoneen pinta-ala: 200 m<sup>2</sup>) on rakennettu pakotetun ilmankierron jäähdytysalueet, ts. seinään on tehty 2 aukkoa, joiden eteen ruukkusalaattilavat sijoitetaan (Kuva 4). Lava peitetään sivuista ja lavan päältä, jolloin jäähdyttävä kylmä ilma pakotetaan virtaamaan lavan edestä lavan läpi. Salaattilaatikoiden ilma-aukot on sijoitettu siten, että ilmavirta kulkee laatikoiden läpi laatikoiden pinoamistavasta riippumatta. Jäähdyttävän ilman virtaus tuote-erän läpi saadaan aikaan erillisillä seinän taakse sijoitettujen puhaltimien avulla. Kylmävarastoa voidaan käyttää samanaikaisesti max. 2 lavan jäähdytykseen pakotetulla ilmankierrolla sekä tavallisena kylmävarastona. Mikäli pakotetun ilmankierron jäähdytystä ei tarvita, aukot suljetaan. Kylmävaraston ilmaa jäähdyttää kylmäkoneisto ja jäähdyttävä ilman lämpötila on sama kuin kylmävaraston ilman lämpötila.



Jäähdyttävä ilma pakotetaan kulkemaan laatikoissa olevien reikien kautta lavan läpi.

**Kuva 4.** Wääksyn kartanon pakotetun ilmankierron jäähdytyksen periaate Seinässä 2 erillistä pakotetun ilmankierron jäähdytysaluetta (1 lava/aukko).

**Pakotetun ilmankierron jäähdytyslaiteratkaisun kustannukset:**

**Huom!** Rakennettu pakotetun ilmankierron jäähdytysseinä olemassa olevaan kylmävarastoon.

**Tarvikkeet:**

|  |         |
|--|---------|
| Väliseinä:   |         |
| – filmivaneri  | 200 €   |
| Puhaltimet 2 kpl (vähän käytetyt)                                    | 200 €   |
| Sähkötyöt ja jäähdytys-laitteiston automaattinen sammutusjärjestelmä | 800 €   |
| <b>Työt:</b>   |         |
| Rakennustyöt (16 h)  | 400 €   |
| Sähkötyöt (8 h)  | 300 €   |
| <b>Yhteensä:</b>   | 1 900 € |



*Kuva Wääksyn kartanon pakotetun ilmankierron jäähdytystilasta. Huom! Kuvasta puuttuvat lavan päältä ja sivuilta peittävät suojapeitteet. Lavan sivuilla käytetään vesivanerilevyä.*

**Laitteiston jäähdytyskapasiteetti:**

Esimerkiksi ruukkusalaattien (1 lava) jäähdytys 25 °C → 5 °C kestää 1,5 tuntia.

**Kokemukset pakotetun ilmankierron jäähdytyslaitteen rakentamisesta ja käytöstä:**

Lava on asetettava huolellisesti aukon kohdalle, muutoin imuilma ohittaa lavan, eivätkä tuotteet jäähdy.

**Yhteystiedot:**

- ✘ Wääksyn kartano, Laiska-Jaakontie 36, 36270 KANGASALA, puh. (03) 3140 5600
- Jukka-Pekka Leskinen, [jp.leskinen@waaksynkartano.fi](mailto:jp.leskinen@waaksynkartano.fi)

## VI KIRJALLISUUS

Kotimaiset Kasvikset ry. 2003. Kylmä pidentää ikää – Pikajäähdytysopas kasvien pakkaajille. Kotimaiset Kasvikset ry, Vantaa. 12 s. Saatavilla Kotimaiset Kasvikset ry:n [www-sivuilla](http://www.sivuilla).

Story, A. & Simons, D.H. 1989. Fresh Produce Manual: Handling & Storage Practices for Fresh Produce. Australian United Fresh Fruit & Vegetable Association Ltd. (2nd ed.), Australia. 162 s.

Thompson, J.F., Mitchell, F.G., Rumsey, T.R., Kasmire, R.F. & Crisosto, C.H. 2002. Commercial Cooling of Fruits, Vegetables, and Flowers. University of California, Agriculture and Natural Resources, Publication 21567, USA. 62 s.

Watkins, J.B. 1990. Forced-air cooling. Queensland Department of Primary Industries, Information Series QI88027 (2nd ed.), Brisbane, Australia. 56 s.

### Hyödyllisiä lähteitä internetissä:

Ministry of Agriculture and Food, Ontario, Kanada:

[www.gov.on.ca/OMAFRA/english/crops/facts/98-031.htm](http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/crops/facts/98-031.htm)

The North Carolina Agricultural Extension Service, USA:

[www.bae.ncsu.edu/programs/extension/publicat/postharv/ag-414-3/](http://www.bae.ncsu.edu/programs/extension/publicat/postharv/ag-414-3/)

South Australian Research & Development Institute (SARDI), Australia:

[www.sardi.sa.gov.au/coolchai/infokits/facool/fa\\_cool.pdf](http://www.sardi.sa.gov.au/coolchai/infokits/facool/fa_cool.pdf)

Thompson, J.F. 2004. Pre-cooling and Storage Facilities. Englanniksi lyhyesti esitelty erilaiset jäähdytysmenetelmät ja niiden erot.

[www.ba.ars.usda.gov/hb66/011precooling.pdf](http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/011precooling.pdf)

