

Teollisten vihannesvarastojen kylmätekniikka

Jari Haavisto

A-duo Oy

Varastotekniikan näkökulmasta vihannesten kulutuksen kasvu on näkynyt viime vuosina suurempina varastoina ja pyrkimyksenä pidempiin varastointiaikoihin.

Vihannesvaraston jäähdytyslaitteistoa valittaessa hankintahinta ei saisi olla määräävä tekijä

Laadukkaamman laitteiston kalliimpi hankintahinta saadaan nopeasti takaisin:

- varastotappiot jäävät pienemmiksi
- energiakustannusten kohoamisen vuoksi myös varastojen hyvä energiatalous on entistäkin tärkeämpää.

Vihannesvarastojen olosuhdevaatimukset poikkeavat toisistaan merkittävästi riippuen varastoitavasta tuotteesta.

Esimerkiksi porkkana vaatii onnistuneeseen varastointiin tarkasti vakioituneet olosuhteet, noin 0°C lämpötilan, korkean suhteellisen kosteuden, sekä matalan CO₂ ja etyleenipitoisuuden.

Punajuuri, lanttu ym. kuorelliset vihannekset säilyvät hyvin korkeammassakin lämpötilassa ja matalammassa varastokosteudessa.

Sipuli puolestaan vaatii alkulämmityksen/ kuivauksen, jäähdytyksen ja matalan suhteellisen kosteuden.

Porkkanan varastointi

Varasto-olosuhteet porkkanoiden varastoinnissa ovat erityisen haastavat.

Varaston suhteellinen kosteus tulisi olla korkea, mielellään yli 95% ja lämpötila noin $-1,5-1,0^{\circ}\text{C}$ (riippuen varastointitavasta)

Tuotteiden kuivuminen merkitsee varastotappioita suoraan menetettyinä kiloina ja sen lisäksi kuivuneet porkkanat ovat alttiina kasvitaudeille

Porkkanan varastointi

Korkea etyleenipitoisuus aiheuttaa makuhaittoja porkkanoihin, joten varastoa on tuuletettava

Kun varaston hiilidioksidi pitoisuus pidetään noin 3000ppm tasolla, ei etyleenipitoisuuskaan nouse liian korkeaksi.

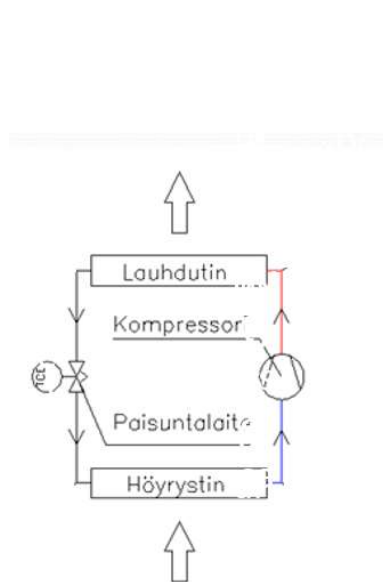
Porkkanavaraston suunnittelun alkukartoitus

Tavoiteltu varastointiaika

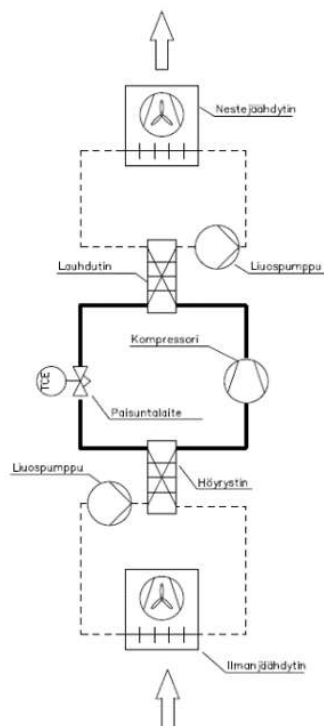
Jos varastointiaika on lyhyt (4-5kk), voidaan jäähdytyslaitteisto toteuttaa **suorahöyrysteisenä** (kylmäainekiertoinen laitteisto)

Pidempiaikaiseen varastointiin (8kk tai yli) on jäähdytyslaitteisto toteutettava **epäsuoralla jäähdytyslaitteistolla** (liuoskiertoinen laitteisto)

Porkkanavaraston suunnittelun alkukartoitus



kylmäainekiertoinen
laitteisto



liuoskiertoinen laitteisto

Porkkanavaraston suunnittelun alkukartoitus

Varastointimenetelmä

Porkkanat varastoidaan teollisissa varastoissa päällekkäin pinottavissa n. 1 m³ tai 2 m³ puulaatikoissa joko irtotavarana, tai puulaatikon kokoisissa muovipusseissa

Pusseihin pakattuna:

- Kosteus säilyy korkeana vaikka varaston ilmankosteus laskisi
- Korkeat CO₂ ja etyleenitasot
- Vaatii matalamman säilytyslämpötilan (-1- -1,5°C)



Porkkanavaraston suunnittelun alkukartoitus

Varastointimenetelmä

Pakkaamattomina puulaatikoissa:

- Varaston ilmankosteus pidettävä mahdollisimman korkealla tasolla
- CO₂ ja etyleenitasot hallittavissa ilmanvaihdolla
- Säilytyslämpötilan oltava tasainen (yleensä 0,5 °C)

Käytännössä muovipussivaraston jäähdytyslaitteisto on investointina edullisempi, mutta käyttökustannukset ja varastotappiot ovat suuremmat verrattuna varastoon, jossa porkkanat ovat puulaatikoissa pakkaamattomina.

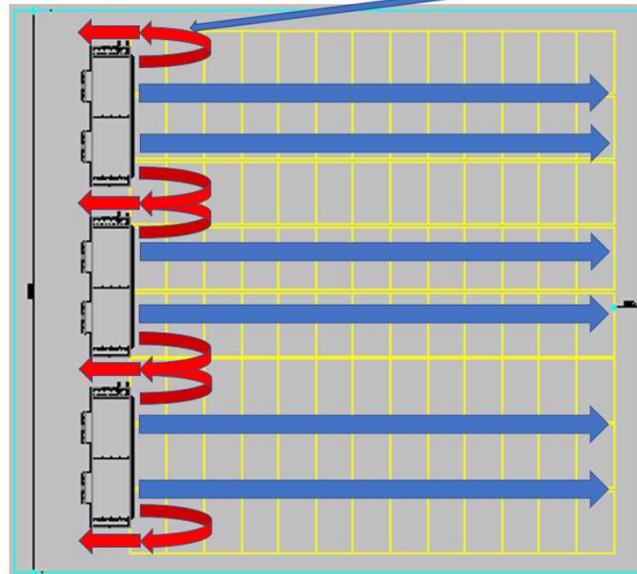
Varastolayout

Sadonkorjuun aikana vihannesvarastot täyttyvät nopeasti ja jäähdytystehontarve on suurimmillaan. Tuotteet olisi saatava jäähtymään mahdollisimman nopeasti. Tämän vuoksi varaston ilmanjäähdyttimien, tai höyrystimien, ilmamäärän on oltava suuri. Tärkeää on myös saada jäähdytetty ilma pakotetusti varastoitavien tuotteiden läpi (pakotettu ilmankierto)

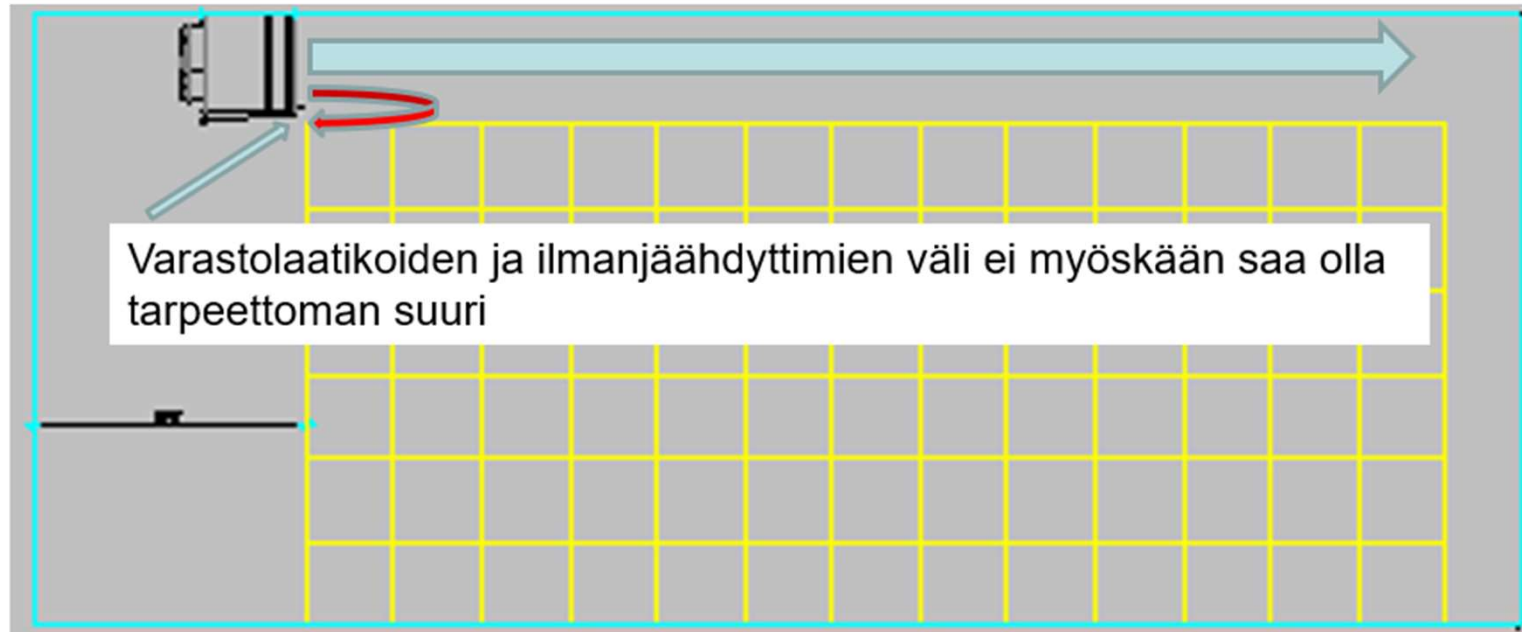
Varastolayout

Ilmanjäähdyttimien
yhteenlaskettu
pituus on oltava
vähintään 2/3 osaa
varasto-osaston
pituudesta

Pakotetussa ilmankierrossa ilmavirtaus ilmanjäähdyttimien
imupuolelle on pyrittävä pitämään mahdollisimman pienenä

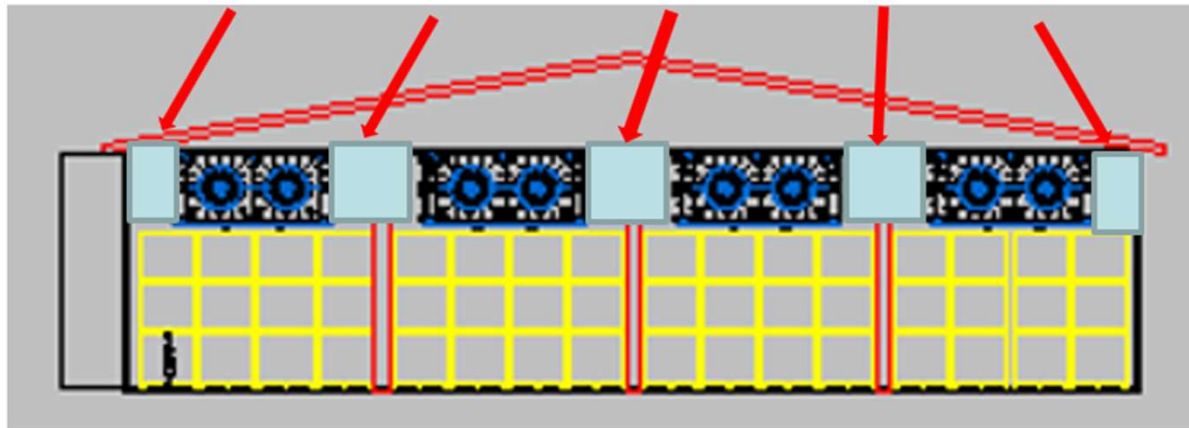


Varastolayout



Varastolayout

ilmankierron tehostamiseksi voidaan ilmanjäähdyttimien välit peittää pressuilla



Jäähdytyslaitemitoitukset

Porkkanoiden sadonkorjuu suomessa alkaa syyskuun lopulla, jolloin ulkoilman vuorokautinen keskilämpötila on noin 10°C, eikä päivälämpötila nouse yli 20 °C, joten jäähdytyskoneiston lauhdutuksen mitoittavana ulkolämpötilana riittää 25°C. Tuotteiden tulolämpötila on ollut viime vuosina maksimissaan 13°C

Laitemitoitukset

Sadonkorjuun nopeus vaihtelee tapauskohtaisesti paljon riippuen muun muassa käytettävissä olevasta nostokalustosta.

Sadonkorjuun jälkeisessä alkujäähdytyksessä on olemassa erilaisia koulukuntia. Jotkut viljelijöistä eivät aloita varaston jäähdytystä lainkaan ennen kuin varasto on saatu täyteen, toiset taas jäähdyttävät varastoa koko sadonkorjuun ajan.

Laitemitoitukset

Aiemmin jäähdyttäminen aloitettiin hitaammin, niin että lämpötilaa laskettiin vain joitakin asteen kymmenyksiä viikossa, mutta nykyään on yleistynyt nopea alkujäähdytys, missä pyritään alle 5°C tuotelämpötilaan mahdollisimman nopeasti.

Laitemitoitukset

Jäähdytystehoja mitoitettaessa onkin edellä mainitut asiat selvitettävä tilaajalta etukäteen tapauskohtaisesti.

Vanha nyrkkisääntö ”sata wattia tonnille” ei enää aina pidä paikkaansa.

Laitemitoitukset

Ilmanjäähdyttimiä mitoitettaessa on määriteltävä myös varaston jäähdytystehon tarve. Sadonkorjuun jälkeen, kun varastoa täytetään, on jäähdytystehontarve suurimmillaan. Varaston jäähdytystehontarve muodostuu tällöin varastoitavan tuotteen jäähdytyksestä säilytyslämpötilaansa ja muun muassa oven kautta tapahtuvaan ilmanvaihtoon varastoa täytettäessä.

Laitemitoitukset

Varsinainen varastointiaika, alkaen siitä, kun varastoitavat tuotteet on jäähdytetty lopulliseen säilytyslämpötilaan, ajoittuu Suomessa välille joulukuu-toukokuu. Ulkoilman lämpötila on varastointiaikana matala, joten hyvin eristetyssä varastossa varaston rakenteiden läpi tulevaa lämpökuormitusta ei juurikaan tarvitse huomioida jäähdytystehontarvetta määriteltäessä.

Laitemitoitukset

Varaston jäähdytystehon tarve muodostuu tällöin suurimmaksi osaksi varastoitavien tuotteiden hengityslämmöstä ja ilmanjäähdyttimien puhallinmoottorien kojekuormasta.

Laitemitoitukset

Kun ilmanjäädyttimet mitoitetaan säilytysajan jäähdytystarpeen mukaisesti niin suuriksi, että jäähdytysjärjestelmä ei juurikaan kuivaa tuotteita, päädytään riittävään ilmanjäädyttimien jäähdytystehoon myös sadonkorjuun jälkeisen kuormitushuipun aikana.

Automaatio

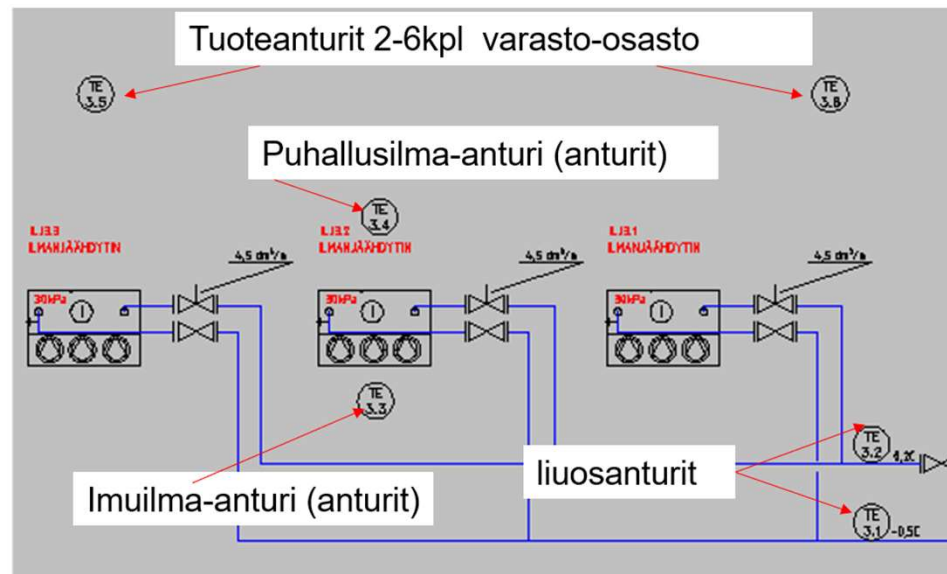
Jäähdytysjärjestelmän ohjausautomaation toimivuudella on suuri merkitys tuotteiden säilyvyyteen. Koska varaston ilmankosteus on pidettävä korkeana ja lämpötilat tasaisina, anturien mittaustarkkuudella on olennainen merkitys varastoinnin onnistumiseen

Pyrittäessä mahdollisimman suureen ilmankosteuteen ilmanjäähdyttimien lämmönsiirtopinta-alat ovat suuria. Tästä johtuen voi pienikin virhe lämpötiloissa johtaa satoihin litroihin ylimääräistä kondenssivettä vuorokaudessa

Automaatio

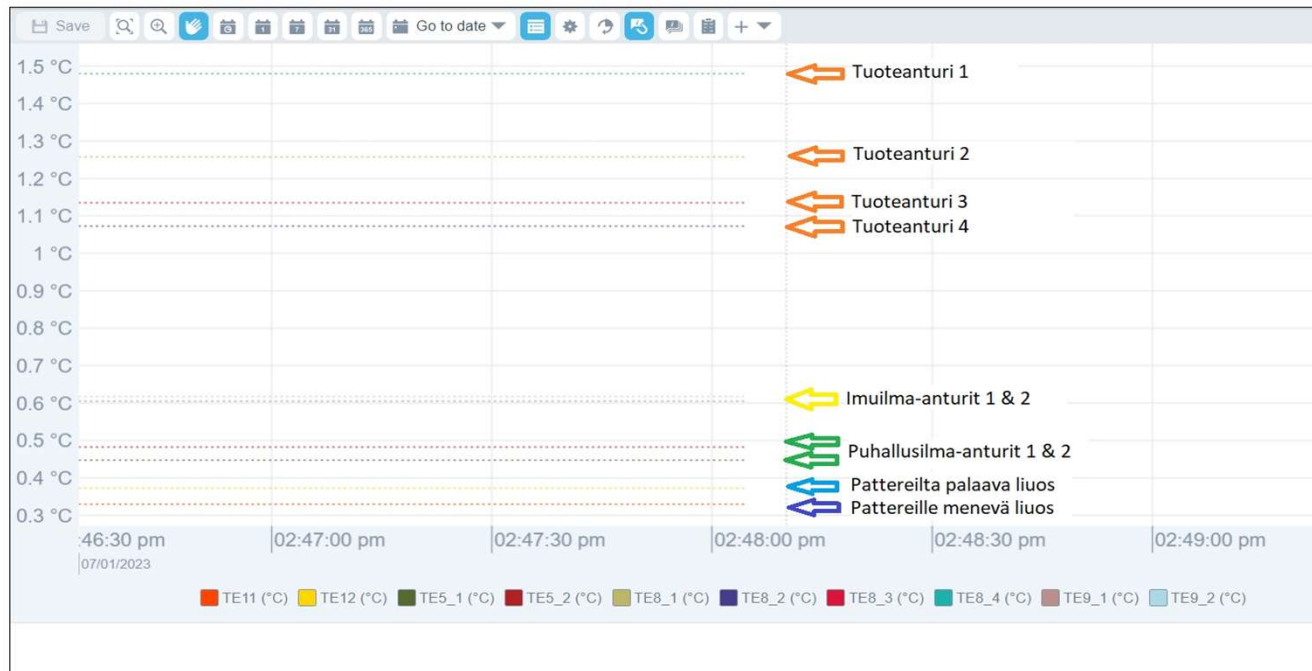
Varaston lämpötila-anturit sijaitsevat pitkien matkojen päässä automaatiokeskuksesta, joten kaapelipituuksien aiheuttamat mittavirheet on kompensoitava, tai on käytettävä lämpötilalähettä vastusantureiden sijasta

Automaatio



Varasto-osaston lämpötila-antureita

Automaatio



Mittaustrendiä varastoantureista

Sipulin varastointi

Säilytysprosessi:

Lämmitys, kuivaus, säilytys

Kuivauksen tavoitteena on poistaa pintavesi ja kosteus sipuleista, sekä kuivata kolme tai neljä päällimmäistä kerrosta. Varaston lämpötila nostetaan lähelle 20°C lämpötilaa tai yli 25°C lämpötilaan. 20-25°C lämpötilaa tulee välttää, koska tällä lämpötila-alueella sipulille haitalliset bakteerit ja sienet ovat aktiivisimpia.

Kuivauksen aikana varaston suhteellinen kosteus pidetään noin 65% tasolla

Sipulin varastointi

Lämpötilan nostamiseen on käytetty suomessa yleisesti kaasulämmittimiä tai polttoöljylämmittimiä. Energian hinnan nousun myötä fossiilisten polttoaineiden rinnalle on tullut lämpöpumpputekniikkaan perustuvia lämmityslaitteistoja.

Lämpöpumpputekniikan etuna on energiankustannusten säästön lisäksi mahdollisuus tuotteiden kondensoivaan kuivaukseen.

Sipulin varastointi

Koska varastossa vaadittava suhteellinen kosteus on matala, voidaan jäähdytys toteuttaa suoraan höyrysteisellä jäähdytyslaitteistolla, tai käyttää epäsuorassa jäähdytyksessä suuria lämpötilaeroja.

Kuivatuksen jälkeen sipulit jäähdytetään 0-4°C- lämpötilaan ja tämä lämpötila pidetään varastossa koko varastoinnin ajan

Sipulin varastointi

Jäähdytykseen (hyvissä ulkoilman olosuhteissa myös kuivatukseen) voidaan käyttää myös ulkoilmaa. Varastot varustetaan puhallusilmakanavilla ja ulkoilmaluukuilla.

Sipulin varastointi

Pakotettu ilmankierto toteutetaan joko puhaltamalla tai imemällä kiertoilma laatikoiden läpi

Puhaltava
laitteisto.
Laatikoiden
välit on suljettu
paineilmalla
täytetyillä
ilmatyynyillä



Lähde Mooij Agro

Imevä
laitteisto.
Laatikoiden
välit on
peitetty
pressuilla



Lähde Omnivent