



# MORENPBIZ.

More Natural Product Business by Enhanced Quality and Energy Efficiency of Drying

<https://tki.centria.fi/hanke/morenpbiz/1936>



# Sisältö



Kuivureiden päivittäminen



Hukkaenergian hyödyntäminen



Kuivureiden parannus taloudellisesti



Kuivureiden ja lämpötilojen  
vaikutus laatuun & väriin



# Kaappikuivurien päivitys

- Yleisin kaappikuivuri luonnontuoteyrityksissä on maatalorakas, joka on pääosin käytettynä hankittu laite
- Laiska termostaatti, joka aiheuttaa suuret lämpötilavaihtelut  
→ tarvitsisi uuden ja herkemmän
- Kaikkiin lämpövastuksiin termostaattiohjaus, nyt vain yksi kolmesta säätyy termostaatin avulla
- Useissa laitteissa vastukset ja puhaltimet saman kytkimen takana, mikä vaikeuttaa kaapin lämpöolojen ja ilmanvaihdon tarkoituksenmukaista säätöä.
- Suosittelemme sähköasentajan palveluiden käyttöä!



MORENPBIZ.

# Kuivurien päivittäminen

Puhaltimen ja lämpöelementin mitoittaminen kuivurin toimivuuden ja energiatehokkuuden kannalta tärkeää

Yleisin ongelma: Liian suuri ilman nopeus, eli liian tehokas puhallin!

- Kuivumisen kannalta 0,14 – 0,2 m/s on riittävä ilman nopeus kuivurilaatikossa.
- Mitoitukseen kannattaa käyttää asiantuntijaa.
- Hankkeessa tehtyyn ohjeeseen voit käydä tutustumassa

<https://virtaaluonnosta.wordpress.com/2020/11/15/kasvi-kuivurin-lampotehon-tarpeen-arviointi/>

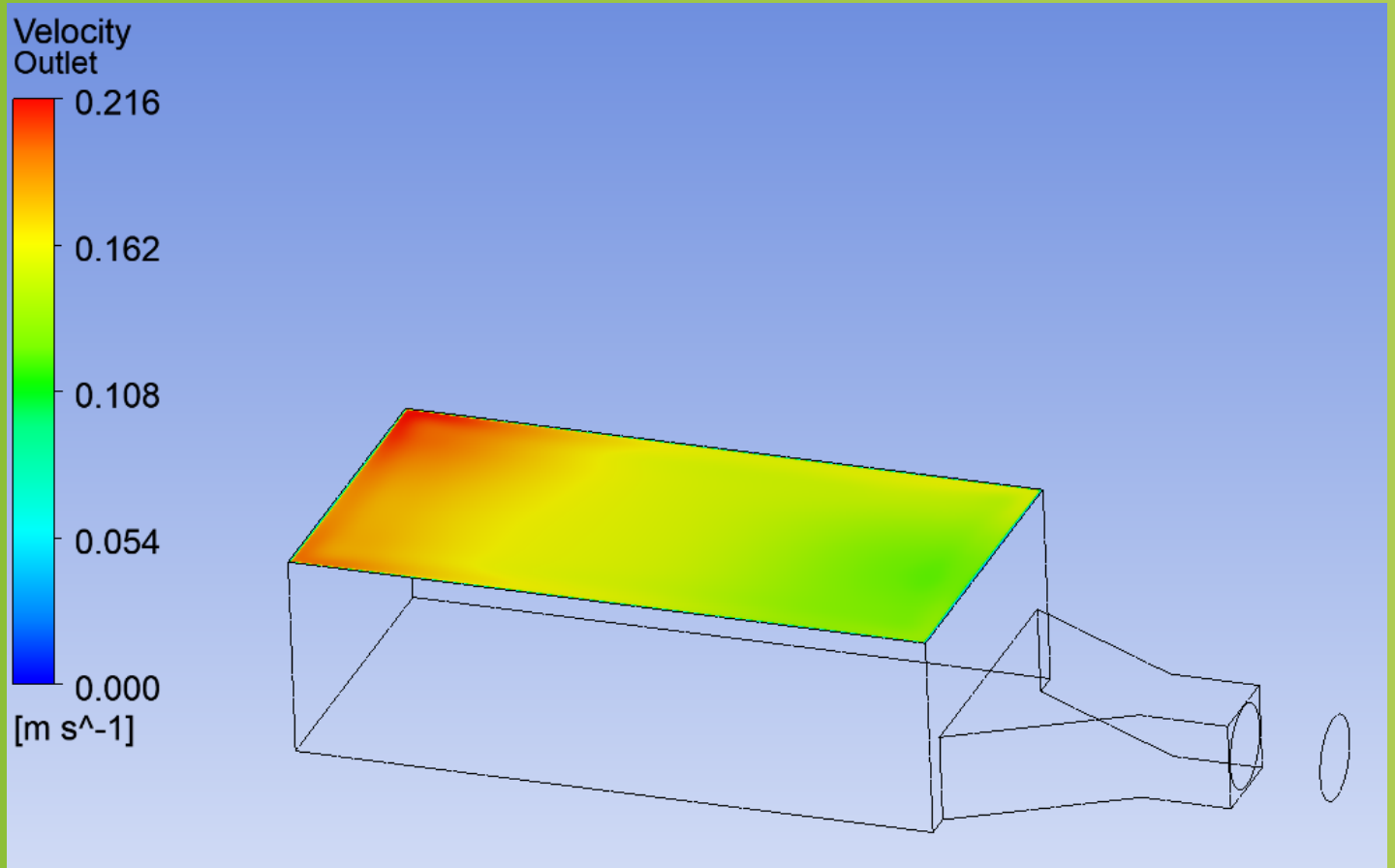


# Lavakuivurien päivittäminen

## Ongelmana ilman epätasainen jakautuminen lavakuivureissa

Kuivuminen nopeinta  
kuivurin perälaudan edessä  
ja hitainta edessä

Lavakuivureihin pitää  
rakentaa ilmalle lisää  
”sokkeloa”, jotta kuivumista  
tapahtuisi tasaisemmin.







## Ilman nopeuden mittaaminen

- Meillä käytössä kuumalanka-anemometri
- Kysy lainaksi ammattikorkeakoulujen lvi-yksiköistä!

Pari esimerkkiä ilmaohjureista:

- Filmivanerista tehty reikälevy vähentämään kuivurin peräosan ilmamäärää
- Erilaiset rimat ja vanerilevyt kuivurin ilmakanavan etuosaan





Elomestari Oy:n  
”paranneltua” turvekuivuria  
testattiin kesällä  
Norrbottens Destillerissä.

Kuivattavana mesiangeron  
kukkivaa versoa:

- Kanavapuhallin 60 W
- Lämmittimenä 1,5 kW rakennuslämmitin
- Kuivauslämpötila < 40 °C
- Ilman nopeudet 0,15 – 0,2 m/s

MORENPBIZ.



# Vinkki kuivaamista suunnittelevalle: leipomolaatikkokuivuri

- Rakenna filmivanerista ilmakehänava, jonka kanteen leipomolaatikon pohjankokoiset reiät
- Kuivauslaatikoiksi esim. Zymotekin kiinteäreunaiset leipomolaatikot á 6 € + rahti
- Rakennuslämmittimen lämmönlähteeksi
- Kanavapuhallin, jossa kierroslukua voi säätää
- Lainaa ilmavirtamittari ammattikorkeakoulujen LVI-yksiköiltä  
Esim. kuumalanka-anemometri (550 - 660€)
- Säädä ilmavirta kuivurissa tasaiseksi ohjureilla (kokeilua!)
- Digitaaliset lämpötila- ja ilmankosteusanturit laaduntarkkailun avuksi (data siirrettävissä tietokoneelle)  
Esim. Clas Ohlson < 20€/kpl.



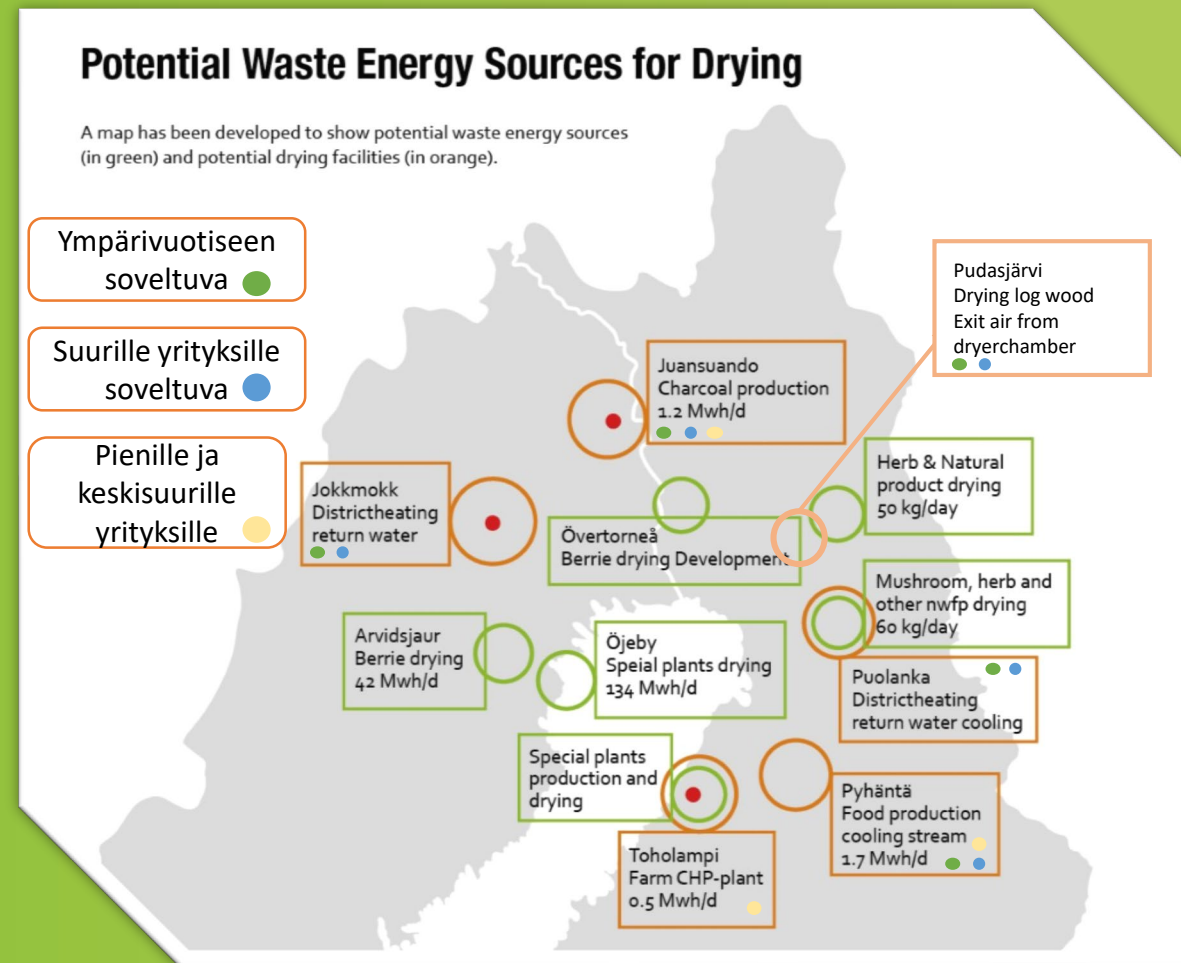


# Hukkaenergian hyödyntämisen mahdollisuudet kuivauksessa

Hukkaenergian lähteitä:

- Kaukolämpölaitokset
- Chp-laitoksen ylijäämä
- Elintarvikkeiden käsittelylaitokset

Yleisesti ottaen monet laitokset, missä käytetään suuria energiamääriä, ei hyödynnä lauheteita



# Hukkaenergian hyödyntämisen mahdollisuudet kuivauksessa

## Hygieeniset tekijät hukkaenergian hyödyntämisessä

- Ilmanlaatu harvoin käy suoraan kuivaamiseen
  - Mikäli hukkaenergia on ilmakiertoisessa järjestelmässä, täytyy ilman epäpuhtaudet suotaa tai eristää pois kuivauskierrosta.
- Nestekiertoisissa järjestelmissä helpompi hallita
  - Nestekiertoisessa järjestelmässä on helppo löytää soveltuva "patteristo"
- Täytyy tarkastella myös ympäristön soveltuvuutta
  - Aiheuttaako ympäristö mahdollista kontaminaatiota jo itsessään
  - Kohde ei sovellu luonnontuotteen kuivaamiseen



Imago

## Kustannustekijät hukkaenergian hyödyntämisessä

- Laadun varmistamiseksi täytyy suhdanne kustannusten ja tuottojen välillä olla oikea
  - Hukkaenergian hyödyntäminen voi olla kallis prosessi, mutta sen käyttäminen kustannustehokasta.
- Onko kyseessä ilmakiertoinen vai vesikiertoinen järjestelmä
  - Vesikiertoinen järjestelmä on helpompi toteuttaa elintarvikesäädösten mukaisesti.
  - Ilmakiertoisessa järjestelmässä täytyy käyttää suuria säätötekniisiä laitteita tai ajaa lämpöenergia vesikiertoiseen järjestelmään.



# Modulaarisen hukkaenergiaa hyödyntävän kuivaimen kehitys

## Hukkaenergian muoto ratkaisee

- Lähes kaikki markkinoilla olevat kuivurit, niin suuret kuin pienet, käyttävät sähköä energialähteenä  
→ erittäin huonosti hyödynnettävissä hukkaenergia-käytössä
- Tarvittiin uusi kuivuri, joka voi hyödyntää hukkaenergiaa
  - mahdollisimman hyvä muokattavuus
  - edullinen ratkaisu
  - valmiiksi sivuttain puhaltava konfiguraatio
  - tasainen kuivaaminen

## Kuivain on suunniteltu ketjutettavaksi

1. Esikuivauksessa poistetaan tuotteesta vapaa helposti haihtuva vesi
2. Osittain sitoutunut vesi kuivataan toisessa kammiossa
3. Sitoutunut vesi haihdutetaan ensimmäisessä kammiossa



# Nykyaikaiset kuivaimet ja niiden parannus taloudellisesti (konvektiokuivain)

## Lähtötilanne

- Lämpötilasäätö
  - Epätarkka säädin aiheuttaa suurta seilaamista lämpötiloissa  $\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$
  - Tarkoissa kuivattavissa tuotteissa saattaa hajoittaa arvoyhdisteitä tuotteista
- Ilmavirtaus
  - Useissa valmiissa ratkaisuissa virtaussuunta alhaalta ylös
  - Suuria lämpötilaeroja kuivurin sisällä



Koivunlehtien kuivausta Orakas kuivurilla termostaatin päivityksen jälkeen



Tarkkuus parani  $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

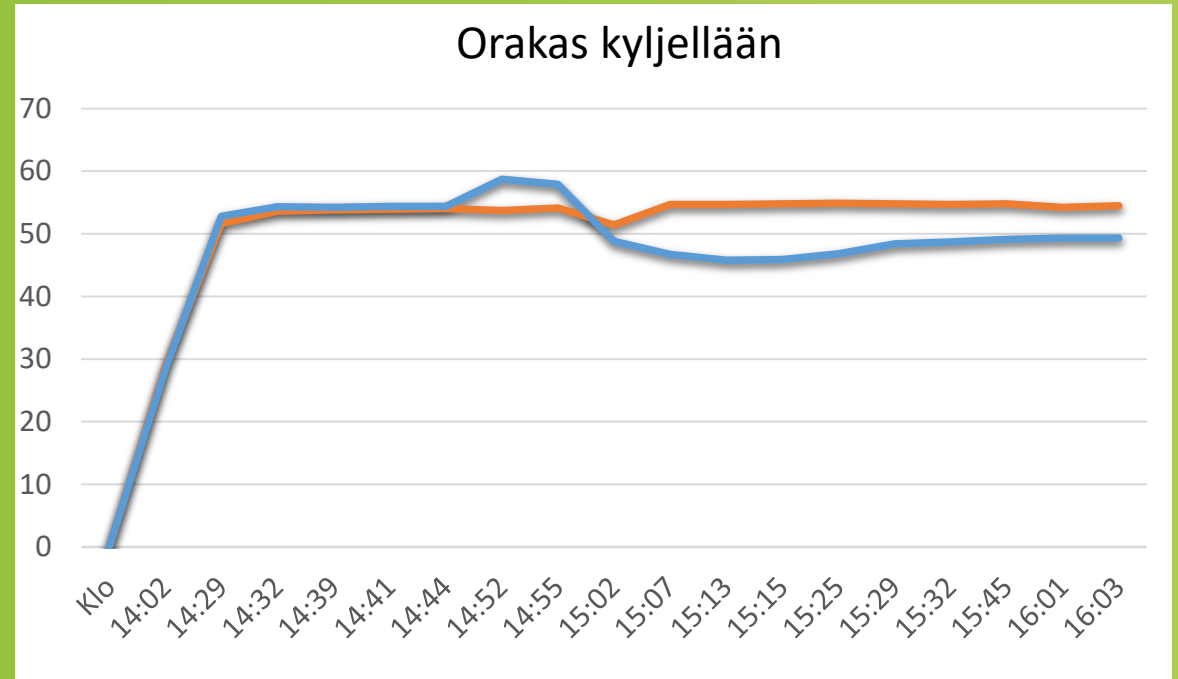
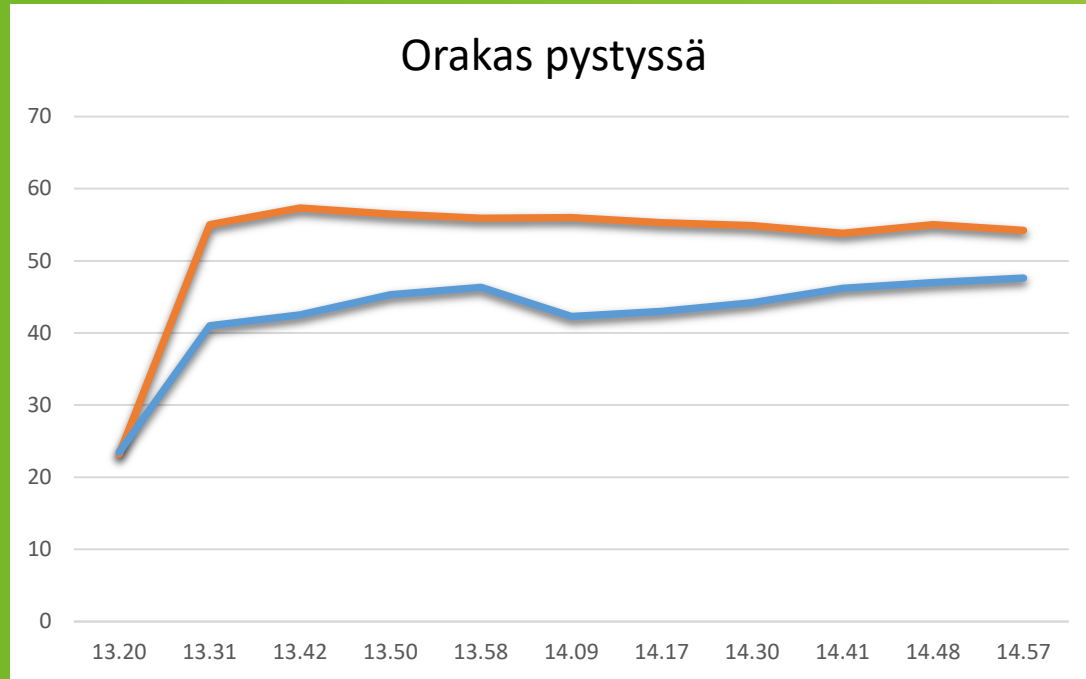


Kuivurin kääntäminen kyljelleen parantaa ilmavirtausta, yhtäaikainen kuivaus kaikilla tasoilla.

**MORENPBIZ.**



# Nykyaikaiset kuivaimet ja niiden parannus taloudellisesti (konvektiokuivain)



— Vastuspää

— Poistopää

# Nykyaikaiset kuivaimet ja niiden parannus taloudellisesti (konvektiokuivain)

Ilman uudelleen kierrätyksen lisääminen kuivuriin

- Parantaa kuivurin energiatehokkuutta
- Kustannus hyötyyn nähden matala (5 – 10€)
- Kuivuri saavuttaa tavoitelämpötilan nopeammin
- Toimii osaltaan lisäeristeenä



Alkuperäisessä rakenteessa lämmitetty ilma puhalletaan vain kerran tuotteen läpi

Ilman uudelleenkierrätyksessä yksinkertaisen kanavan läpi johdetaan kuivurin yläosasta lämmintä ilmaa alosaan.

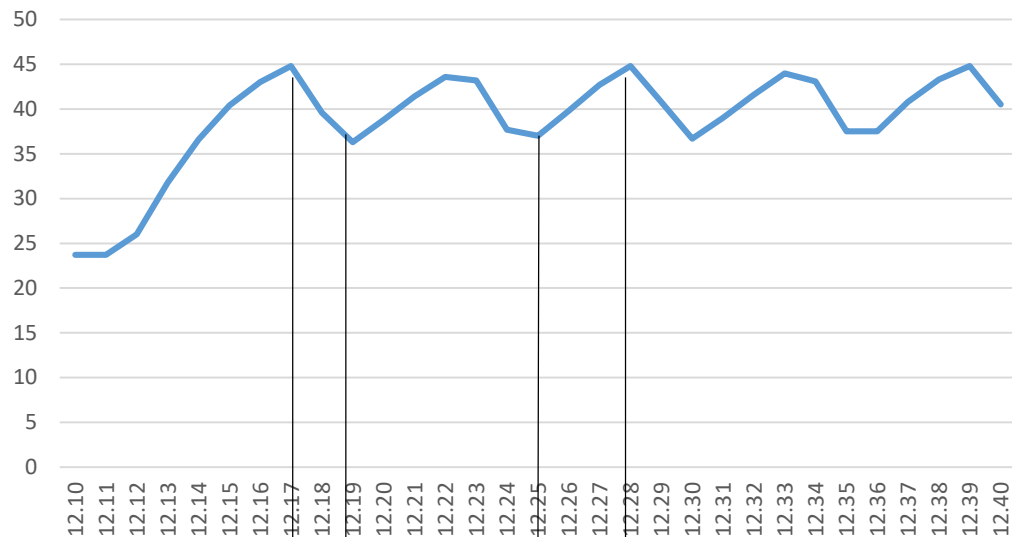


MORENPBIZ.



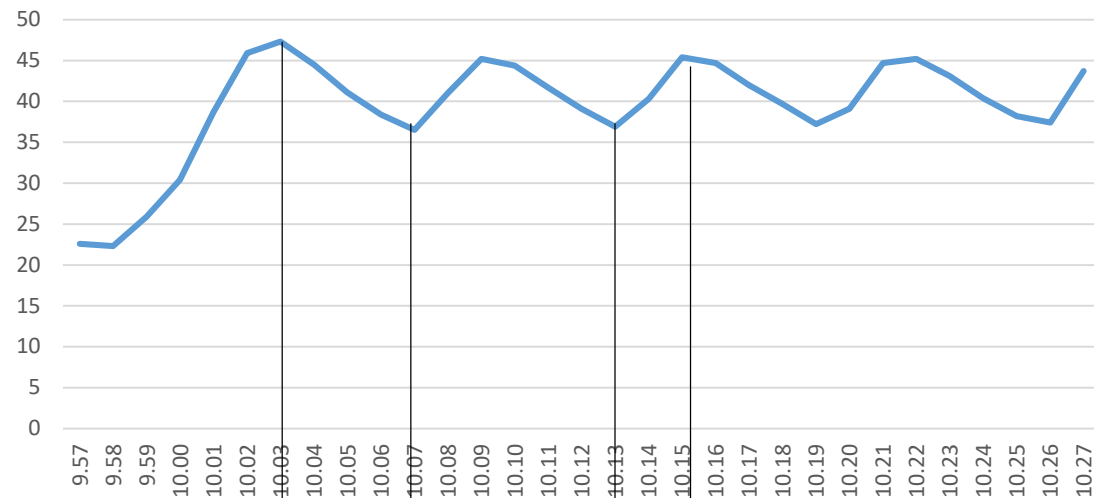
# Nykyaikaiset kuivaimet ja niiden parannus taloudellisesti (konvektiokuivain)

Orakas-kuivain vaille ilman takaisinkierätystä



Kuivurin **jäähtyminen**  
nopeampaa kuin  
**lämpeneminen**

Orakas-kuivain ilman takaisinkierätyksellä



Kuivurin **lämpeneminen**  
nopeampaa kuin  
**jäähtyminen**

MORENPBIZ.

# Kuivaus ja hukkaenergia - yhteenveto

Kuivauksen kannalta merkittäviä seikkoja:

- Tasainen ilmavirtaus otettava huomioon suuremmissa kuivureissa jo suunnitteluvaiheessa
- Ilmavirtauksen oikeellinen mitoittaminen
- Lämpötilasäädön riittävä tarkkuus mahdollistaa laadukkaan lopputuloksen
- Energiatehokkuus tuotteen kuivauksessa mahdollistaa suuremman voittomarginaalin lopputuotteesta. Lisäksi energiategokkuutta voidaan käyttää imagon luomisessa/parantamisessa

Hukkaenergian saanti Suomessa on melko hyvällä mallilla. Kysynnän vähyys, ei kuitenkaan ole tuonut asiaa esille aiemmin.

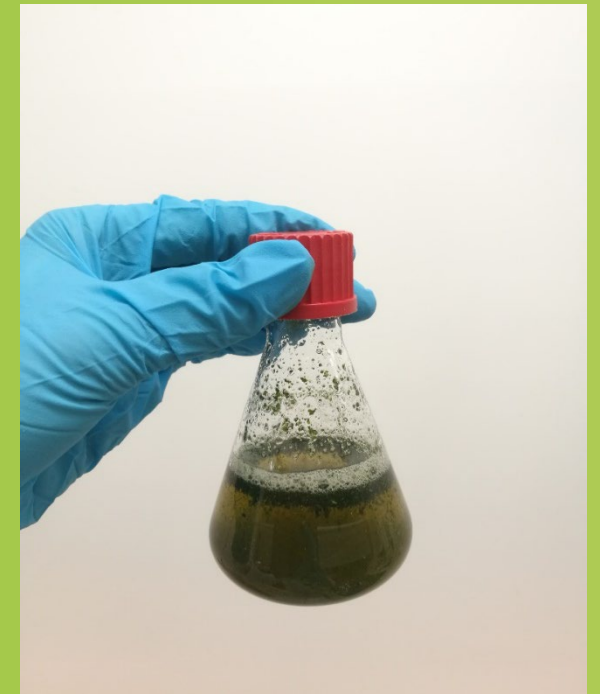
- Voidaan saavuttaa mittavia säästöjä käyttämällä hukkaenergiaa
- Alussa investoinnit voivat olla hieman korkeammat, mutta yritystason käytössä hyödyt (tapauskohtaisesti) ovat suuria



MORENPBIZ.

# Laboratorioanalyysit

- Koivun- ja nokkosenlehdistä sekä ruusunjuuresta analysoitiin
  - Kokonaispolyfenolipitoisuus (mg GAE/g ka)
  - Antioksidanttikapasiteetti CUPRAC-menetelmällä (mmol TE/g ka)
- Lisäksi ruusunjuuresta analysoitiin yksittäisiä tehoaineita (mg/g)
  - Salidrosidi
  - Tyrosoli (salidrosidin esiaste)
  - Rosariini
  - Rosaviini
  - Rosiini
  - Sinnamyylialkoholi (rosiinin, rosaviinin ja rosariinin esiaste)

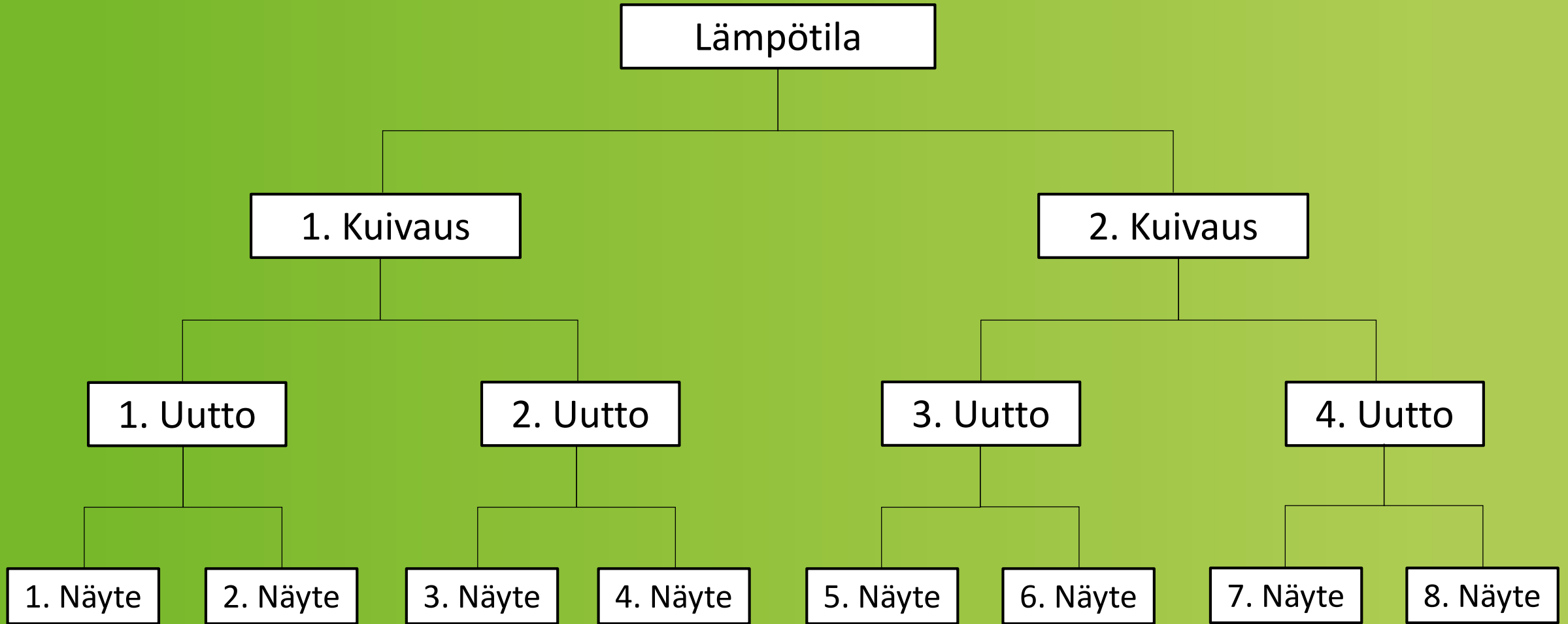




# Kuivaus ja kuivurit

- Kuivureina toimivat tavallinen lämpöuuni, vakuumiuuni sekä paranneltu Orakas-konvektiokuivain
- Kuivauspisteet olivat 40, 50, 55, 60, 65, 70 ja 80(75) °C
- Kuivauksen tavoite oli saavuttaa noin 12 m-% loppukosteus
  - Nokkosella kosteus vaihteli 3,1 – 27,3 m-%
  - Koivulla 2,5 – 11,2 m-%
  - Ruusujuurella 2,1 – 16,4 m-%
- Liika kuivaaminen vie turhaan energiaa sekä saattaa aiheuttaa muutoksia materiaalin rakenteessa, tuoksussa, värissä, maussa tai saada lämpötilaherkkiä yhdisteitä hajoamaan
- Liian vähäinen kuivaaminen taas johtaa mikrobikasvustoon ja homehtumiseen

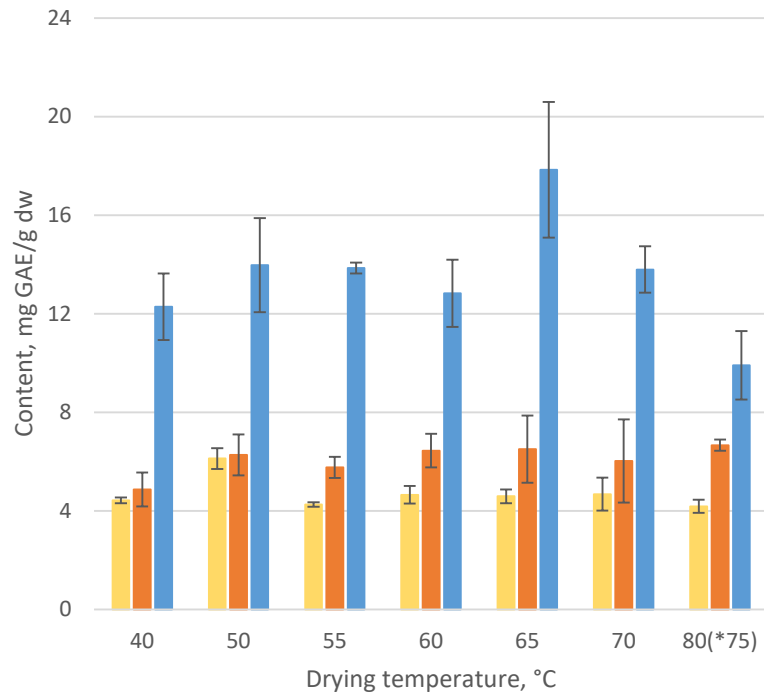
# Koejärjestely



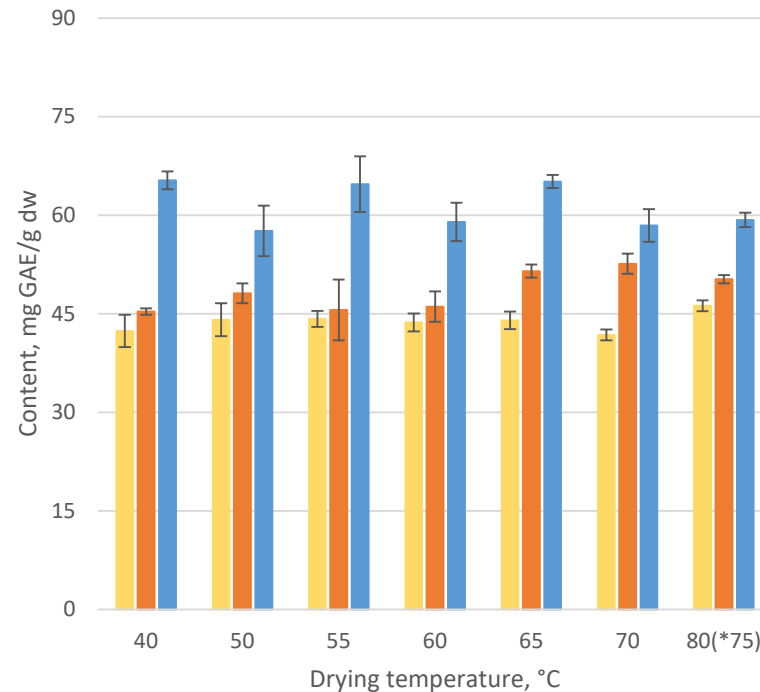
# Kuivureiden ja lämpötilojen vaikutus laatuun

- Korkeimmat pitoisuudet kuivatuille tuotteille saatiin vakuumiunilla → tuote vähemmän kosketuksissa hapen kanssa
- Lämpöuunin ja Orakkaan välillä ero oli pienempi

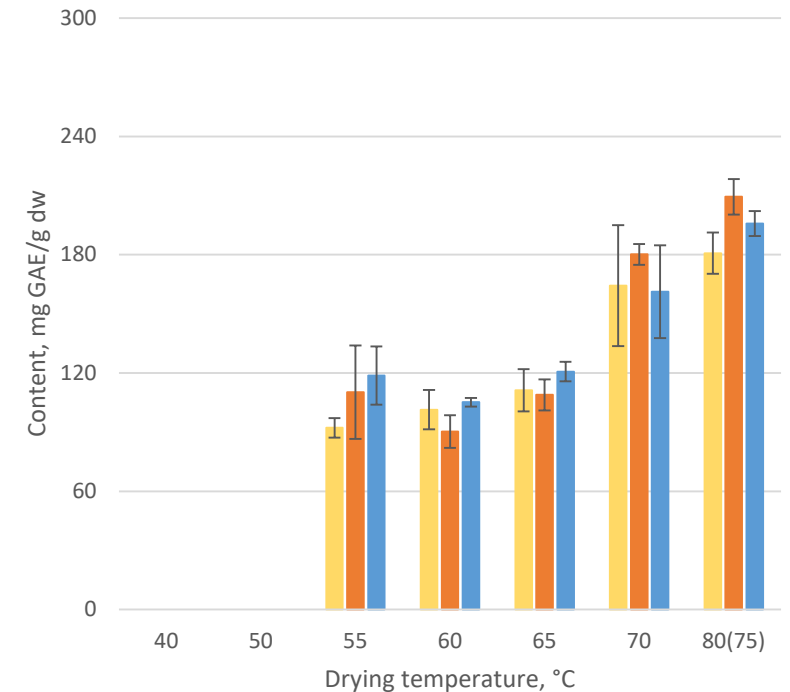
Nokkonen polyfenolit



Koivunlehti polyfenolit



Ruusujuuri polyfenolit

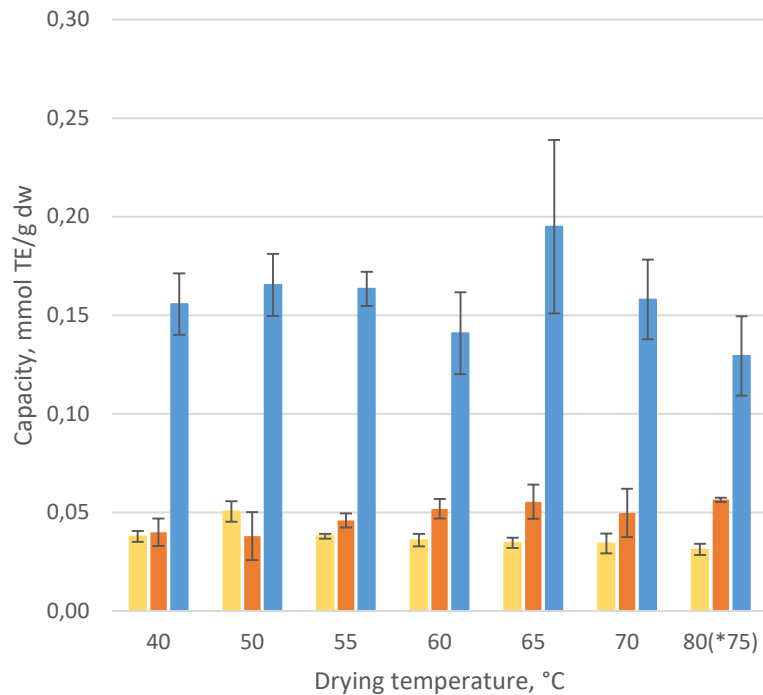




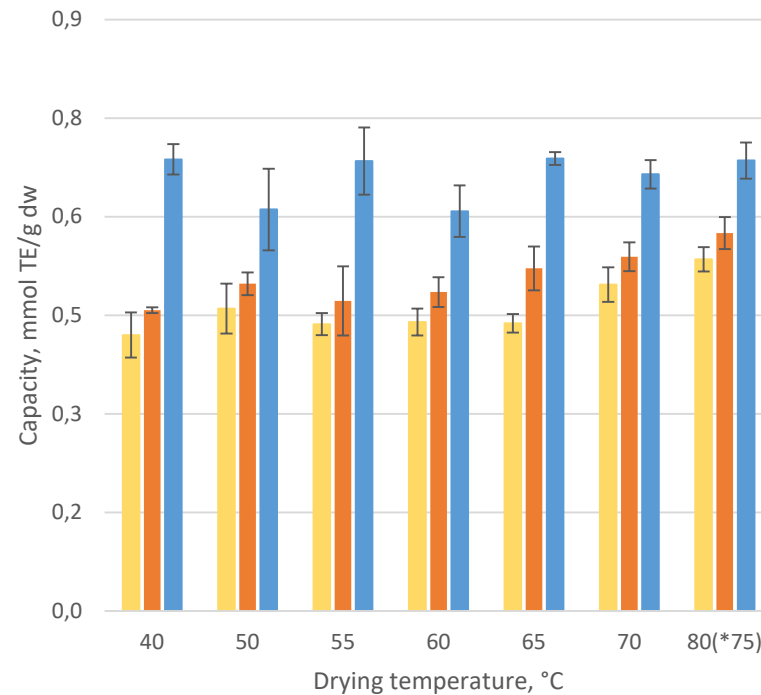
# Kuivureiden ja lämpötilojen vaikutus laatuun

- Lämpötilojen välillä ei suurta eroa polyfenoli- tai antioksidanttipitoisuuksissa  
→ kannattaa valita lämpötila energiatehokkuuden kannalta  
→ suositeltu kuivauslämpötila 60 – 70 °C

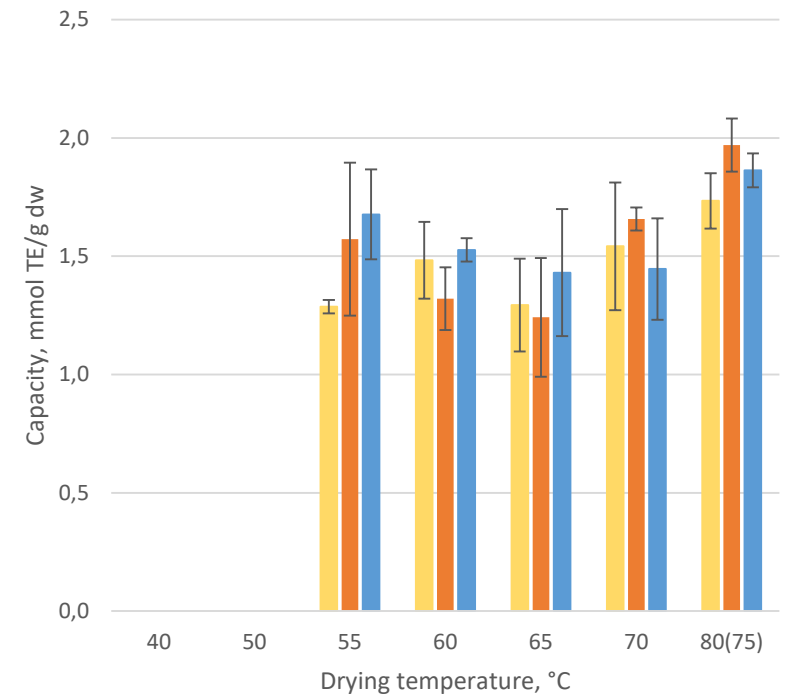
Nokkonen antioksidantit



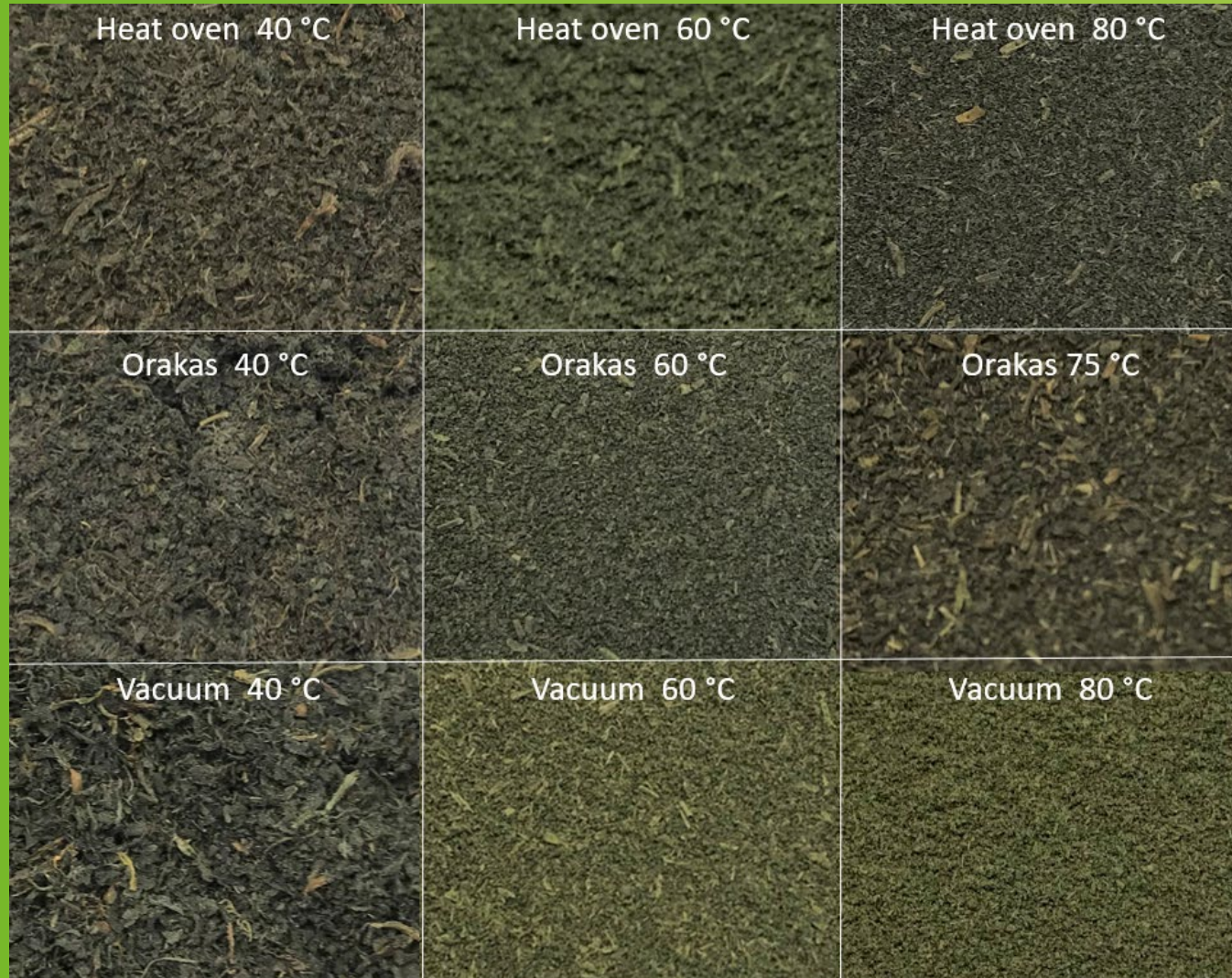
Koivunlehti antioksidantit



Ruusujuuri antioksidantit



# Kuivureiden ja lämpötilojen vaikutus väriin

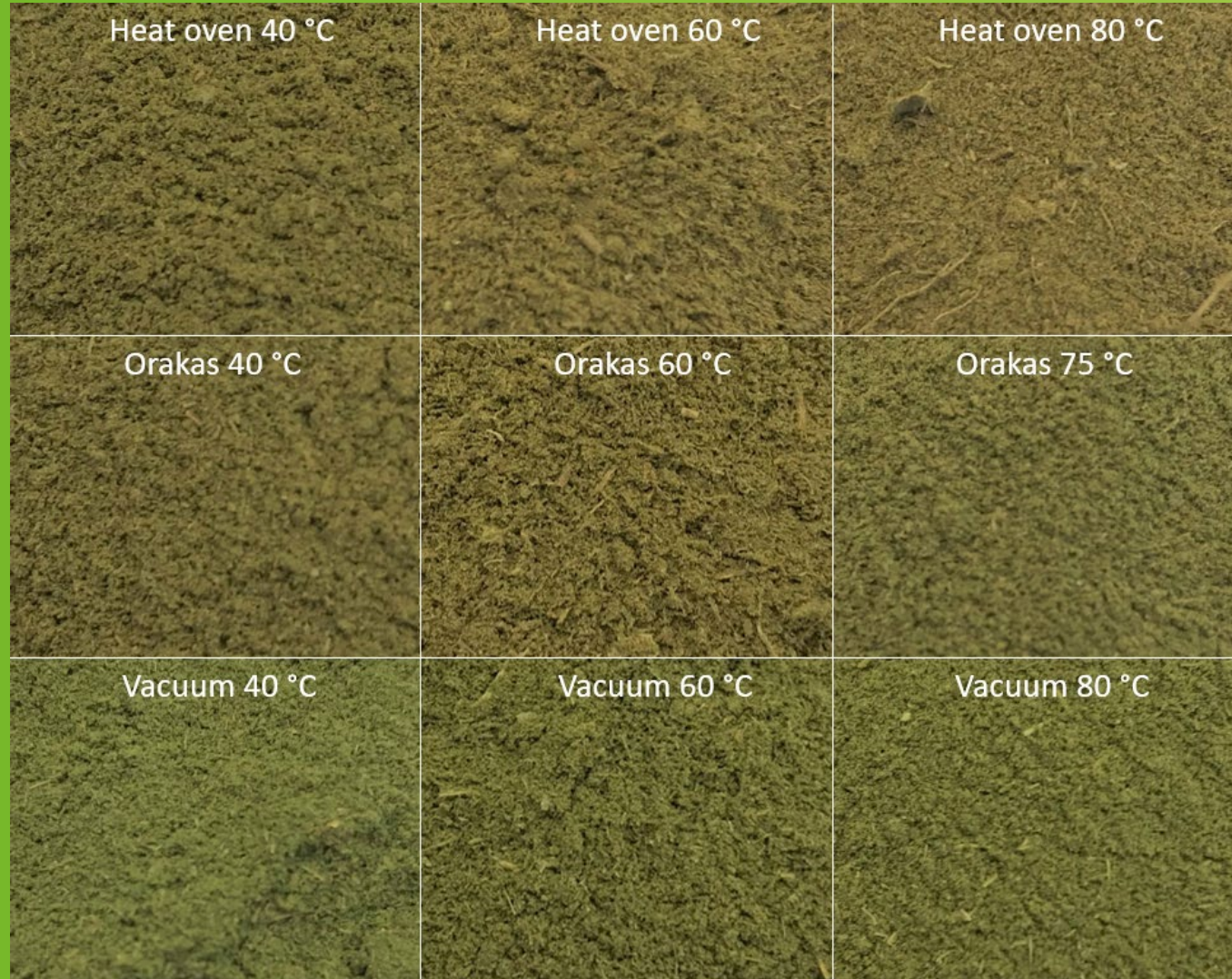


## Nokkosenlehti

- Kun kuivattiin 40 asteessa, nokkonen jäi liian kosteaksi → tämä havaitaan tummina isoina partikkeleina
- Hieman vihreämpi lopputulos saavutettiin vakuumiuunilla kuin Orakkaalla tai lämpöuunilla



# Kuivureiden ja lämpötilojen vaikutus väriin



## Koivunlehti

- Vihreämpi lopputulos saadaan vakuumiuunilla
- Klorofylli hajoaa enemmän Orakkaassa ja lämpöuunissa
- Klorofyllin hajoamiseen vaikuttaa:
  - Kuuma lämpötila
  - Pitkittänyt lämpökäsittely (aika)
  - Happi, pH ja valo



# Kuivureiden ja lämpötilojen vaikutus väriin

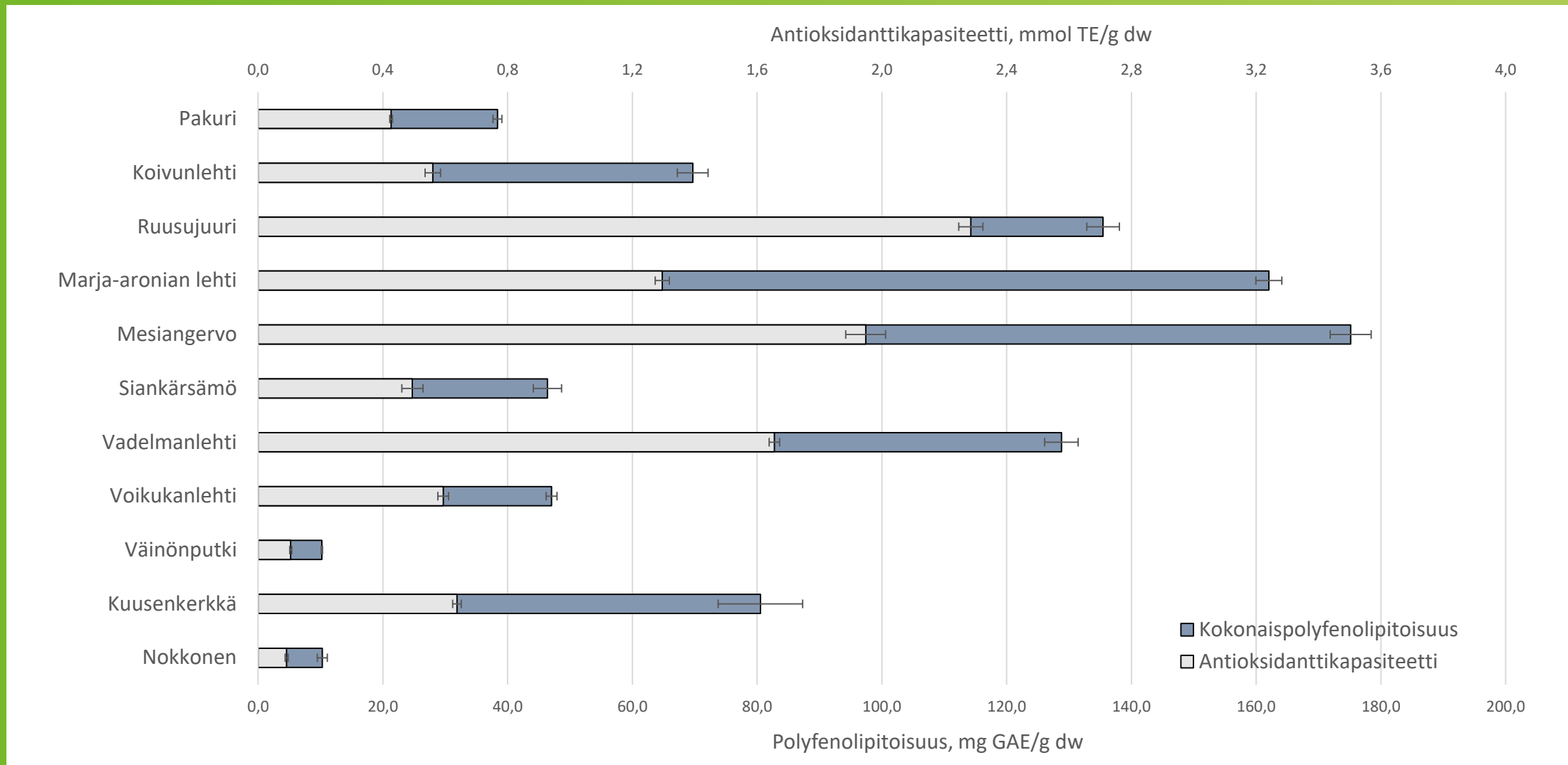


## Ruusujuuri

- Väriltään heleän vaaleanpunaista, kuori tumman ruskea
- Vaaleanpunertava väri näyttää säilyvän parhaiten matalissa lämpötiloissa vakuumiunilla
- Korkeissa lämpötiloissa, Orakkaalla tai lämpöuunilla kuivattaessa jauhe muuttuu ruskeammaksi

**MORENPBIZ.**

# Kasvien polyfenoli- ja antioksidanttipitoisuuksia





# Laadun säilyminen - yhteenveto

- Lämpötilojen välillä ei havaita suuria eroja polyfenolien tai antioksidanttien osalta
- Laadun osalta on suurempi merkitys, millä kuivaat kuin missä lämpötilassa kuivaat
- Mikäli tuotteessa halutaan säilyttää jokin tietty yhdiste/yhdisteryhmä, kannattaa säilyvyys varmistaa analyyseillä → jotkut yksittäiset yhdisteet saattavat olla hyvin lämpötilaherkkiä
- Polyfenolien ja antioksidanttien osalta kuivaus kannattaa tehdä 60 – 70 °C välillä. Tällöin laatu säilyy, mutta kuivausaika on lyhyt ja energiankulutus kohtuullinen



# Projektikumppanit

## Suomi

Centria ammattikorkeakoulu (Centria)  
Oulun ammattikorkeakoulu (Oamk)

## Ruotsi

Luulajan teknillinen yliopisto (LTU)  
Hushållningsällskapet (HS)



# Kiitos mielenkiinnosta!

<https://tki.centria.fi/hanke/morenpbiz/1936>

Projektipäällikkö  
Jaana Väisänen

Oulun ammattikorkeakoulu  
jaana.vaisanen@oamk.fi  
puh. 040 7384924

TKI-Asiantuntija  
Antti Takalo

Centria ammattikorkeakoulu  
antti.takalo@centria.fi  
puh. 040 5930379

TKI-Asiantuntija  
Eveliina Isoaari

Centria ammattikorkeakoulu  
eveliina.isoaari@centria.fi  
puh. 040 1862462