



VTT

VTT:n hybridikuivuri

13.10.22 COOPID, Jyrki Raitila & Tomi Thomasson VTT

25/10/2022 VTT – beyond the obvious

VTT:n hybridikuivurikehitys

VTT

- Tausta
 - Nykyinen tutkimus aloitettiin 2016 asentamalla aurinkokeräimet VTT:n katolla ja yhdistämällä ne laboratorion biokuivuriin
- Tavoite
 - Selvittää bioenergian resurssitehokkaampi hyödyntäminen kuivauksen avulla
 - Arvioida hajautettua kuivauskonseptia, jolloin myös logistiikkaan liittyvissä kustannuksissa ja päästöissä säästetään
- Nykyinen koelaite
 - VTT integroi kuivuriin lämmönlähteenä käytettävät aurinkokeräimet ja lämpöpumppujärjestelmän (+älykäs ohjaus).



Hybridikuivuri 1/2

- 2 konttia
 - Kuivaus/lämmöntuotantolaitteet
 - Kuivauskamari
- 25 kW ilmalämpöpumppu integroituna ilmanvaihtokoneeseen
 - Pumpppua käytetään ensisijassa ilman kuivaamiseen (ulkoyksikkö alkulämmitykseen)
 - IV-kone ohjaa ilman kulkua (+ kosteuden poisto ja ilman lämmitys)
 - Kuivuria voidaan käyttää myös kylmällä ja pilvisellä ilmalla



Hybridikuivuri 2/2

- Aurinkokeräimet yht. 22 m²
 - Kuivaus pelkällä aurinkolämmöllä (läpivirtaus)
 - Pumppukuivauksen lisälämmitys
- Kuivauskamari
 - Ilman läpivirtaus reikäpellin läpi
 - Pohjakuljetin ja mahdollisuus biomassan kierrätykseen kuivurissa



Mallinnusmenetelmistä

Taustalla **dataa 61 koeajosta** VTT:n laitteistolla

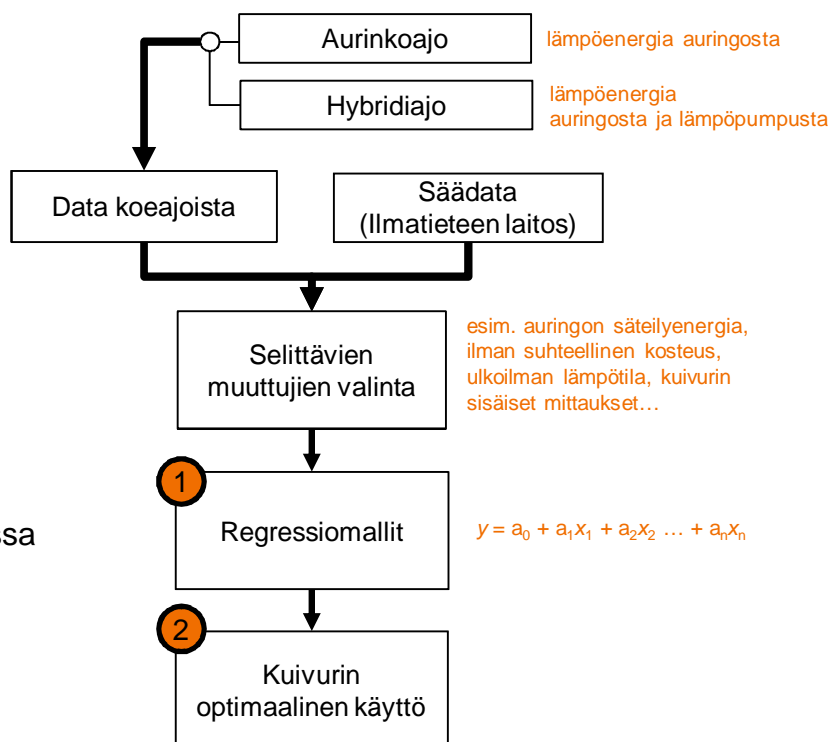
- 27 aurinkoajoa, 704 h
- 34 hybridiajoa, 316 h

1 Monimuuttujaregressiomallit luotu kuvaamaan kuivurin eri ajotapojen toimintaa koeajodataan perustuen

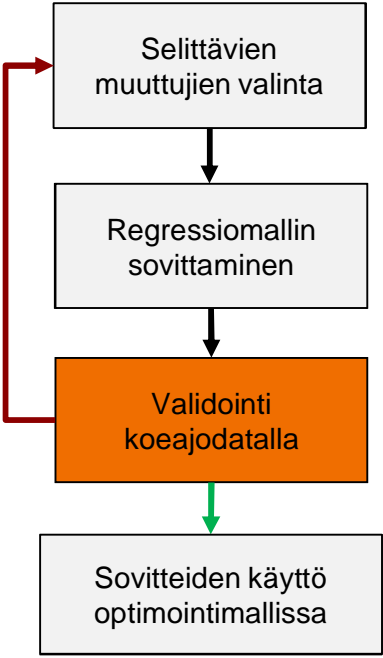
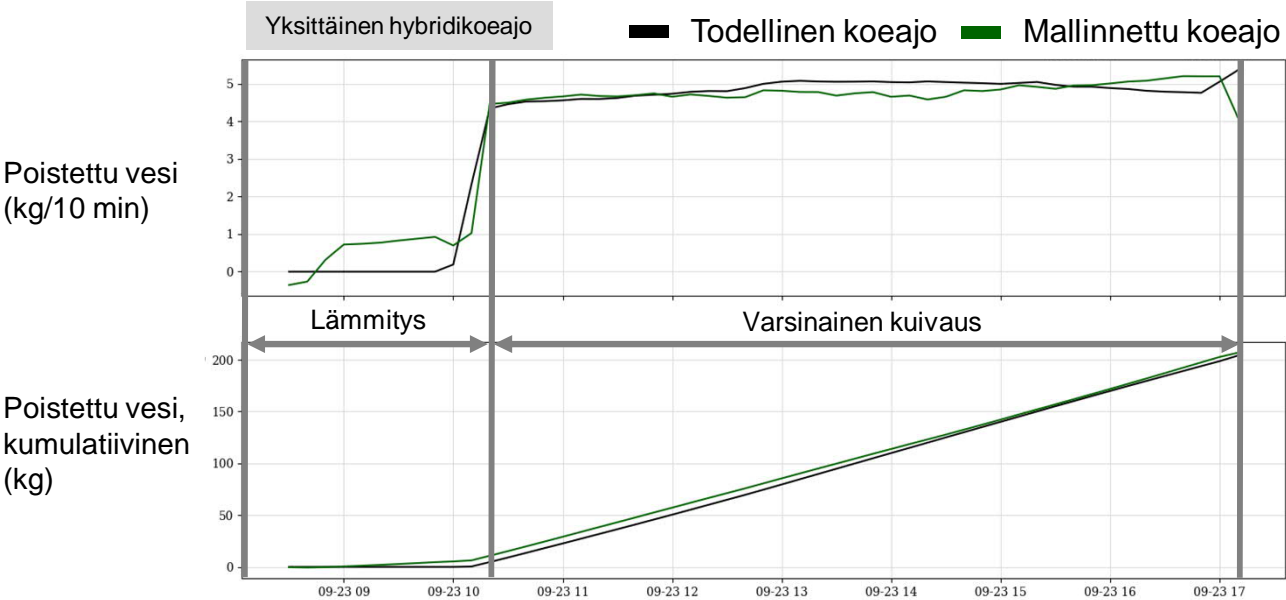
- Poistetun veden määrä (kg/h)
- Kuivauksen sähkönkulutus (kWh)

2 Kehitetyjä malleja käytetään kuivurin **tuntikohtaisen ohjauksen optimoinnissa** erilaisissa markkina- ja säätilanteissa

- Kuinka kannattavaa kuivaus on taloudellisesti?
- Mitkä tekijät vaikuttavat kannattavuuteen?
- Mikä tuntikohtaisen ohjauksen taloudellinen hyöty on?



Regressiomallit: miten kuivaus etenee?

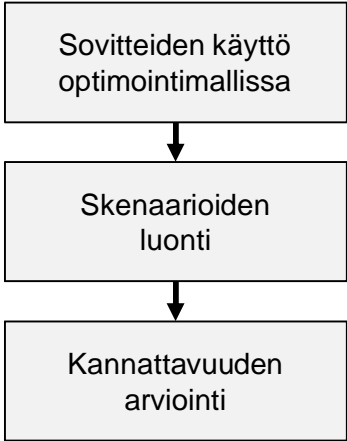
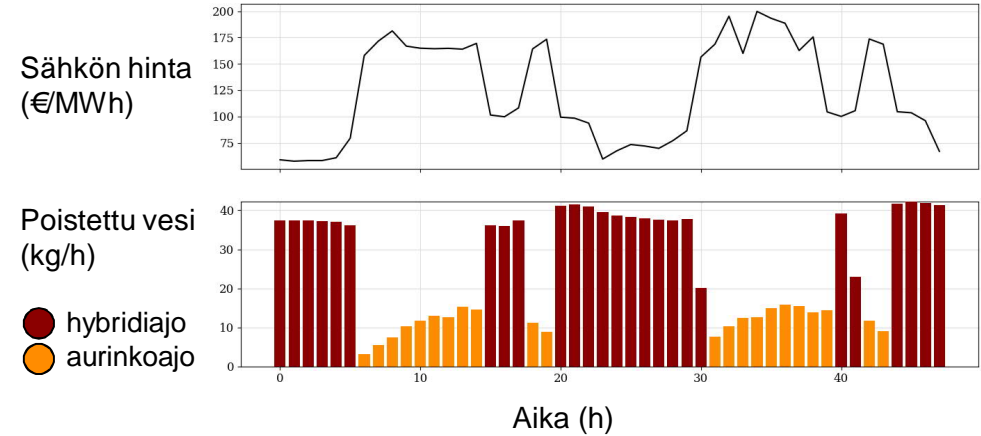


Optimointimalli: miten kannattaa kuivata?

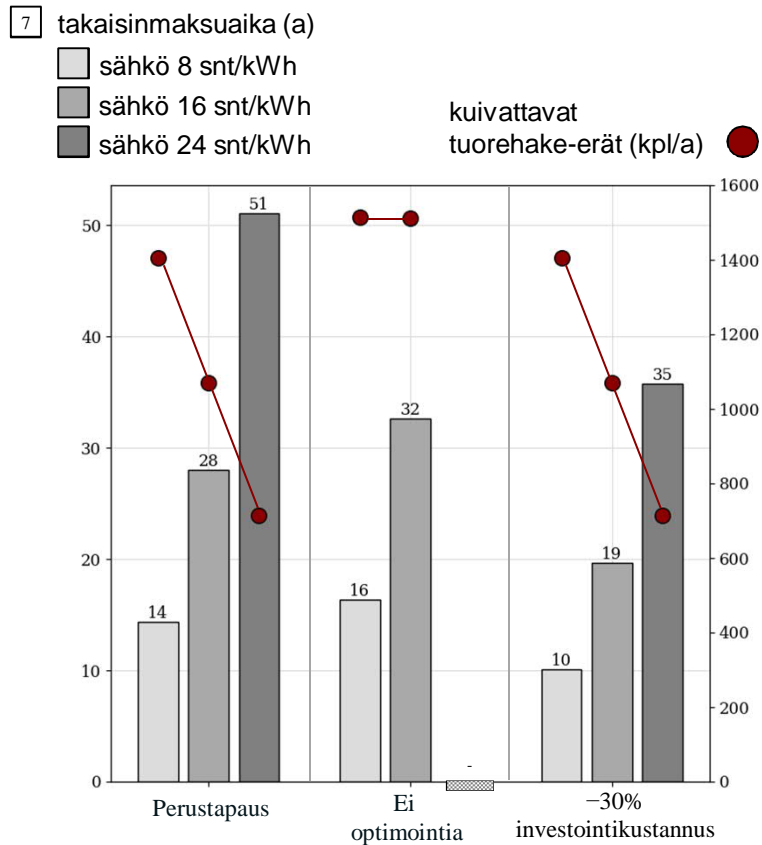
Optimointi valitsee tuntikohtaisesti kannattavimman kuivaustavan

- Perustuu ennusteisiin sähkön hinnasta ja säätilasta
- Tavoitteena maksimituotto ilman ehtoja kuivauksen määrälle
- Kuivuri voidaan myös pysäyttää täysin, jos käyttö ei ole taloudellisesti kannattavaa

Tarkasteluun valittu 20 tilastollisesti tyypillistä jaksoa (48 h, esim. alla)



Tuloksia (1/2): kuivurin takaisinmaksuaika



Perustapauksessa kuivurin takaisinmaksuaika: **14 a**

- Sähkön keskihinta kaksinkertainen: **28 a**
- Investointikustannus 30% pienempi: **10 a**

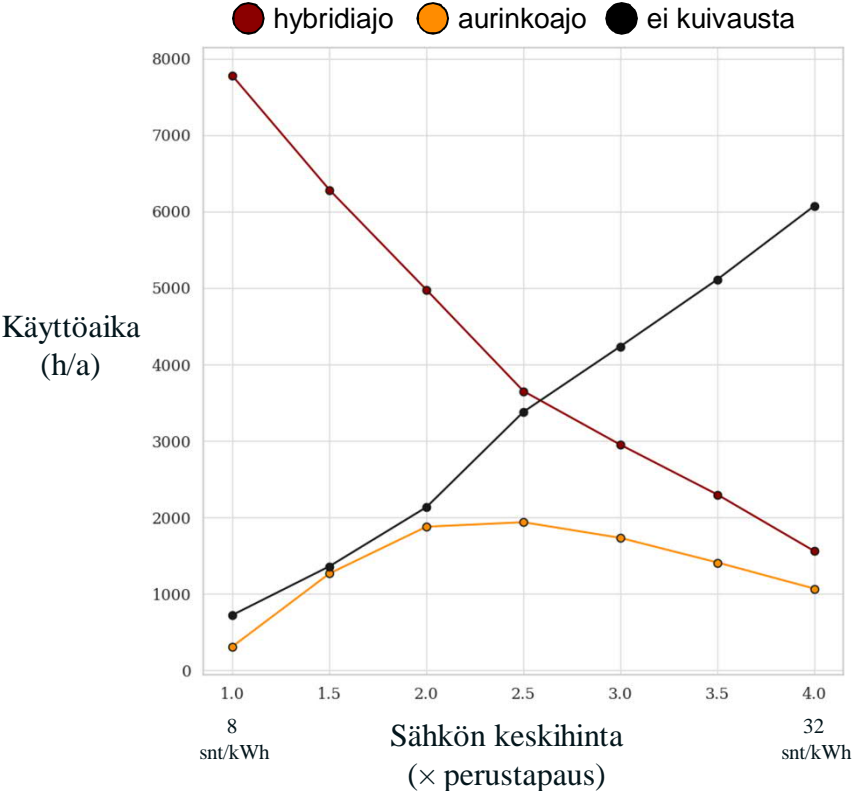
Optimoidulla ajotavalla kuivurin taloudellisesti kannattava tuorehakkeen kuivausmäärä laskee sähkön keskihinnan kasvaessa:

- 8 snt/kWh: $1406 \times 500 \text{ kg} \approx 2511 \text{ m}^3/\text{a}$
- 24 snt/kWh: $714 \times 500 \text{ kg} \approx 1275 \text{ m}^3/\text{a}$

Optimoidun ajotavan merkitys kasvaa sähkön keskihinnan kasvaessa: halpoja tunteja edelleen paljon

Laskennallinen biomassaerä: 500 kg
 Biomassan hinta kuivana: 23 €/MWh
 Syötettävän biomassan hinta: 21 €/MWh
 Biomassan alkukosteus: 45%
 Biomassan loppukosteus: 28%
 Investointikustannus: 85 k€

Tuloksia (2/2): optimaalisen ohjauksen tarkastelu



Optimaalinen ajotapa välttelee korkeampia sähkön hintoja
 (1) sammuttamalla lämpöpumpun ja lisäämällä aurinkoajoa
 (2) vähentämällä kuivaustunteja

Korkeammilla sähkön hinnoilla kuivauksen tuoma lisäarvo oltava suurempi, jotta kohtuullisiin takaisinmaksuaikoihin päästään

Yhteenveto

Soveltuu hyvin kiinteän biomassan kuivaukseen.

Lämpöpumpun avulla tasainen kuivausprosessi ja merkittävästi lisää kuivaustunteja.

Kehitetyllä datapohjaisella mallinnusmenetelmällä voidaan tarkastella kuivauksen toimintaa ja taloudellista kannattavuutta erilaisissa olosuhteissa tuntitasolla.

Kuivurin takaisinmaksuajaksi arvioitiin perustapauksessa **14 vuotta**, joka ilman optimaalista ajotapaa kasvaa **16 vuoteen**. Tarkastelluista parametreista erityisesti sähkön hinnan merkitys kannattavuuteen on suuri.

Tuloksia tullaan täydentämään lisätarkastelujen avulla:

- a) erilaiset hintaskenaariot kuivatun biomassan taloudelliselle lisäarvolle
- b) skenaariot, joissa on asetettu vaatimus kuivatun biomassan kokonaismäärälle
- c) biohiilen taloudellisen arvon huomiointi kannattavuuslaskelmissa
- tavoitteena esittää selvemmin tilanteet, joissa saavutetaan lupaava takaisinmaksuaika

VTT

bey⁰nd
the obvious