



quantifarm.eu

Parempi kestävyys ympäri vuotisessa tomaatin viljelyssä digitaalisilla työkaluilla

Irene Vänninen, LUKE, Jokioinen

Esa Palmujoki, SCADS, Närpiö

Kolme kasvihuoneyritystä Närpiössä



Varustus ja digitaaliset työkalut testiviljelmillä

Laitteet kahdella testiviljelmällä (Huom. DAT=Digital Agricultural Tool)

Viljelmä 1 ilman DATseja (non-DAT-viljelmä):

- ✓ 1,287 ha pyöreä tomaatti (Livento) kivivillassa.
- ✓ Viljelyjakso tavallisesti 11 kk (elo-kesäkuu)
- ✓ Ilmasto-ohjelma HortiMax
- ✓ Grodan GroSens anturit jatkuvaan kasvualustan kosteuden ja johtokyvyn mittaukseen (ei yhteydessä ilmasto-ohjelmaan, viljelijä päättää itse kastelun ajoituksen ja määrän)
- ✓ Lämmitys kiinteillä polttoaineilla (hake ja palaturve, HPS-valot, yhtenä vuonna vähän kevyellä polttoöljyllä)
- ✓ Ylikastelu 20 %

Viljelmä 2, jossa DATseja (DAT-viljelmä):

- ✓ 1,2 ha pyöreä tomaatti (Gerdisia), myös 6 riviä Ardilles-cocktailtomaatteja mosswool alustassa
- ✓ Viljelyjakso tavallisesti 11-11,5 kk (heinä-touko/kesäkuu)
- ✓ Ilmasto-ohjelma Priva Connex
- Trutina-kastelunaloitusjärjestelmä, jossa kasvien ja kasvualustan painon jatkuva mittaus, tukee kastelua koskevaa päätöksentekoa
- Lämmitysenergia kaukolämpö (yhteinen laitos kylässä), propaani, kevyt polttoöljy, kaudesta 2024–25 alkaen myös sähkö (sähkökattilat)
- ✓ Ylikastelu 25 %

Tutkitut DAT- ja IoT-ratkaisut

(DAT=Digital Agricultural Tool, IoT=Internet of Things)

Non-DAT:

- ✓ 2022-24: HPS-valot taimirivien ja käytävien päällä (valoa $200-215 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{vähän}$ latvojen alapuolella) + Philips led-välivalot ($30-40 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) i 2022-23.
- ✓ 2024-25: Dynamiset led-valot (Signify) käytävien päällä GrowWise -ohjauksella ja HPS-valot taimirivien yläpuolella.
- ✓ Ei kasteluveden kierrätystä

DAT:

- ✓ Dynamiset led-valot käytävien yläpuolella (Signify)+ GrowWise kytkettynä Privaan, joka ohjaa lamppujen himmennystä portaattomasti 10 % :iin maksimi tehosta .
- ✓ Kathari UF1 kierrätettävän ylikasteluveden desinfiontiin.

Luke

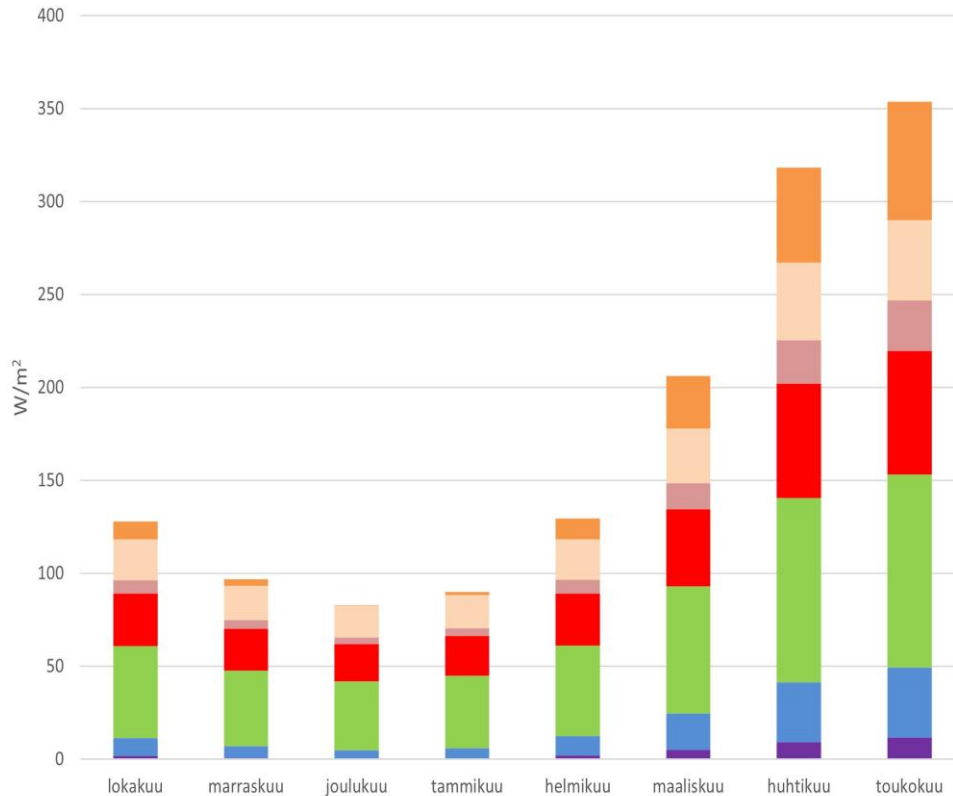
Projekti ei ohjannut viljelyä. Tutkimus keräsi dataa säännöllisesti. Tulokset perustuvat todelliseen tuotantoon.

Signify dynaamiset LED-valot, punainen ja sininen hallitsevat aallonpituudet

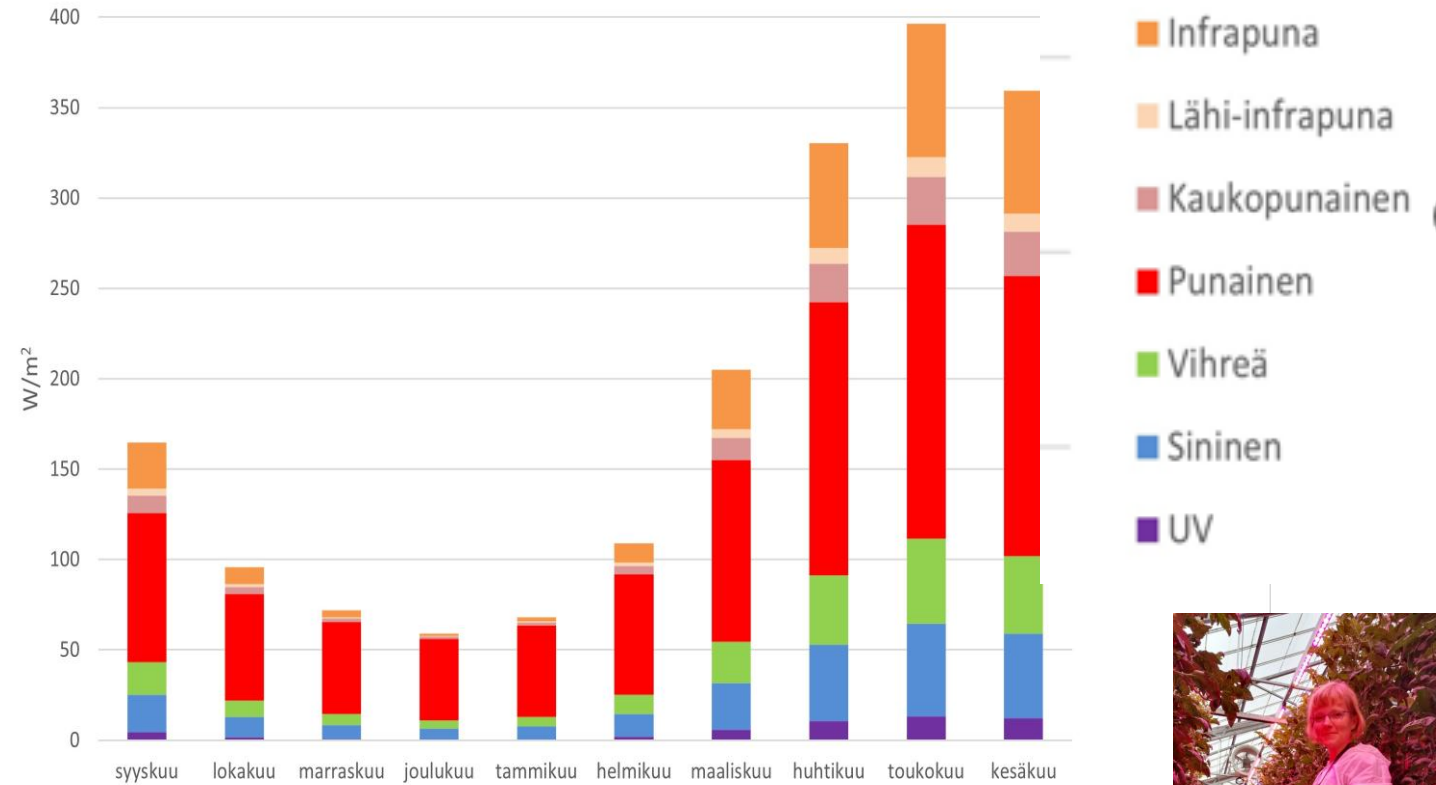


Aallonpituuksien jakautuminen HPS- ja led-valoilla ja säteilymäärä(W/m₂) eri kuukausina

Kasvihuone HPS-valaisimilla



Kasvihuone LED-valaisimilla



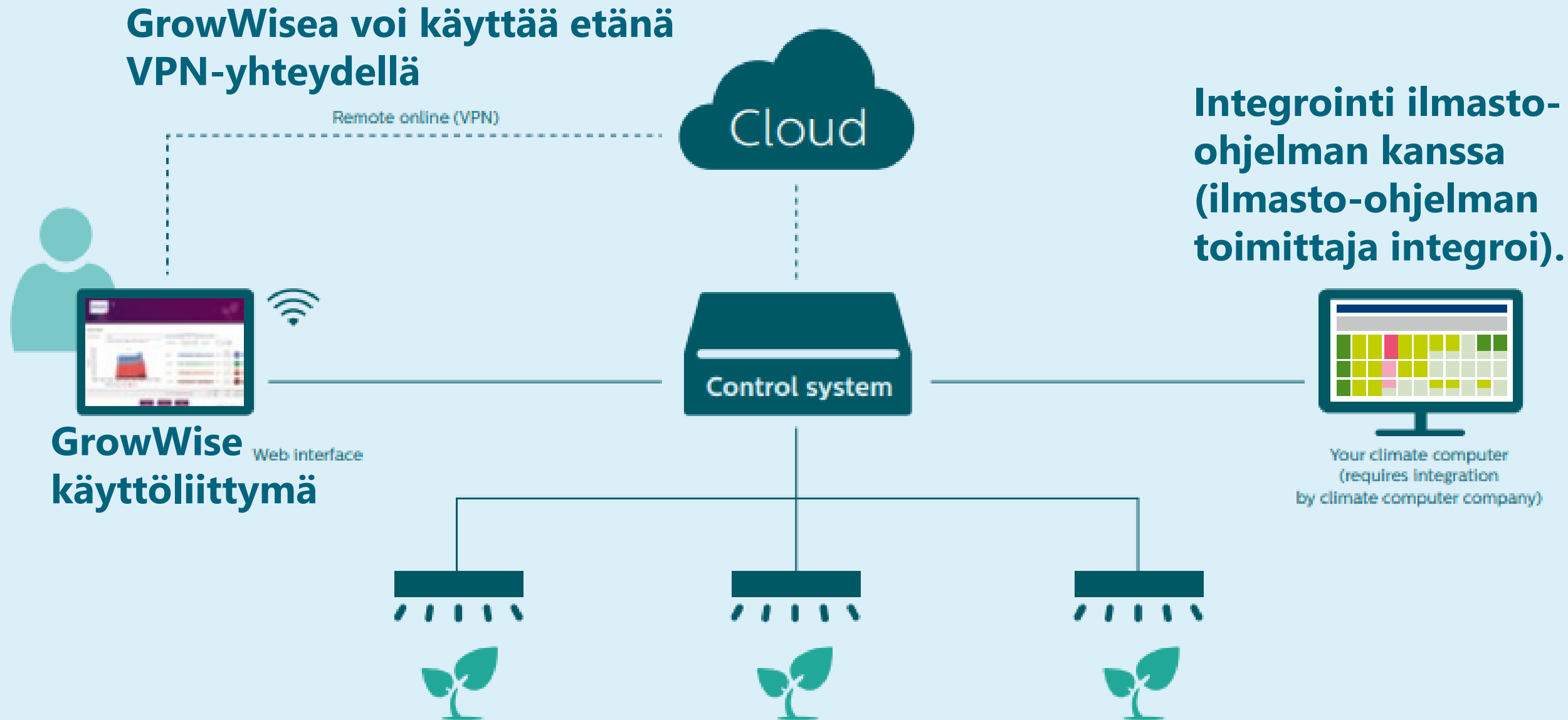
PHILIPS

Horticulture LED

GrowWise Control System



How does the **GrowWise Control System** work?



Kathari UF1, IoT-pohjainen ultrasuodatusjärjestelmä (laite + data) (Van den Ende Group)

Paluuvesisäiliö, jossa
karkeasuodatinsukka.

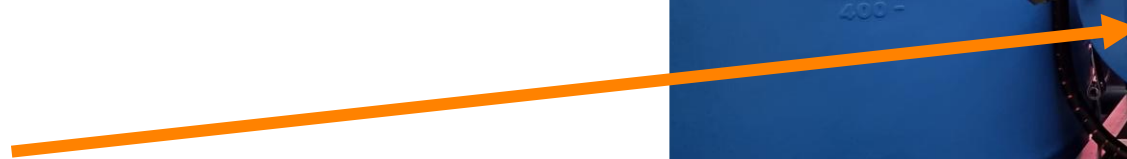
Esisuodatin ennen
ultrasuodatinta.

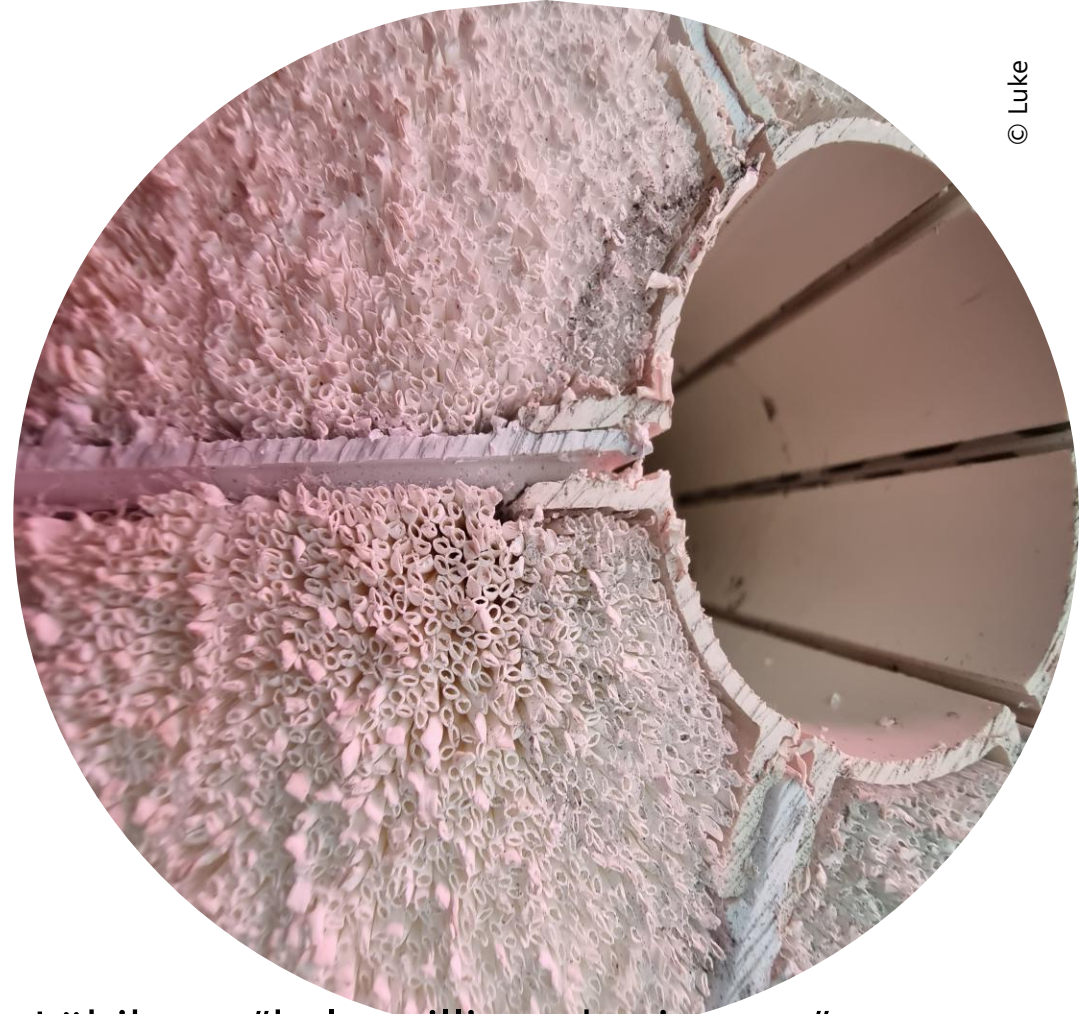
UF-kalvo
systeemi



Ennen esisuodatusta fosfaattien
kolloidien ja humuksen saostus
paluuvedestä rautakloridilla.

Esisuodatin ennen
UF-kalvosuodatusta





Lähikuva "kalvopillisuodattimesta". Vesi menee mehupillimäisiin suodatin-kalvoihin, puhdistunut vesi johdetaan suodattimen keskiputken kautta takaisin käyttöön. Vaatii säännöllistä takaisinhuuhtelua, jotta kalvot eivät tukkeudu.

Ultra-suodatus poistaa vedestä virukset, bakteerit, yksisoluiset levät ja liuenneita aineita (+ menee läpi, - ei laske läpi)

Suodatusmenetelmä	Vesi	Monovalentit ionit (Na ⁺ , K ⁺ , NO ₃ ⁻ ...)	Polyvalentit ionit (Mg ₂ ⁺ , PO ₄ ³⁻ ...)	Virukset	Bakteerit, yksisoluiset levät	Liuenneet aineet
Mikrosuodatus 10-0,1 µm	+	+	+	+	-	-
Ultra-suodatus 0,1-0,01 µm	+	+	+	-	-	-
Nanosuodatus 10-1 nm	+	+	+/-	-	-	-
Käänteisosmoosi <1 nm	+	-	-	-	-	-

**Kuinka DAT ja non-DAT viljelmiä
vertailtiin?**

Kolme tutkimusjaksoa (heinäkuu-kesäkuu)

2022-23:

- **Lämmin syksy, joulukuu tavallista kylmempi**
- **Poikkeuksellinen jakso:** korkeat sähkön hinnat syksyllä ja talvella
- **Non-DAT: 2,5 kuukauden talvitauko** (helmikuun puolesta välistä huhtikuulle). **Viljelykausi vain 6 kk.**
- DAT-viljelmä jatkoi koko kauden (heinäk. 2022-toukok. 2023)
- Katharin asennus DAT-viljelmälle maaliskuu 2023 – kattoi vain 2,5 kk viljelykaudesta

2023-24:

- **Joulukuu- helmikuu tavallista kylmempiä**
DAT-viljelmällä tavallinen viljelyaika (11 kk)
- **Non-DAT toukokuun alusta seuraavan vuoden kesäkuuhun 13 kk** - tarkoitus kompensoida lyhyeksi jäänyt edellinen viljelykausi
- **2024-25:**
 - **Tavallista lämpimämpi syksy ja talvi**
 - Normaalit viljelykaudet molemmilla viljelmillä
 - **DAT-viljelmä hankki sähkökattilat** lämmitykseen edullisten sähkön hintojen ajaksi
 - **Non-DAT viljelmä vaihtoi hybrdivalotukseen** → dynamiset led-valot + HPS

Datankeruu: Panosten määrät ja kustannukset sekä sato

Huom! Vain muuttuvat kustannukset mukana!

DATA:

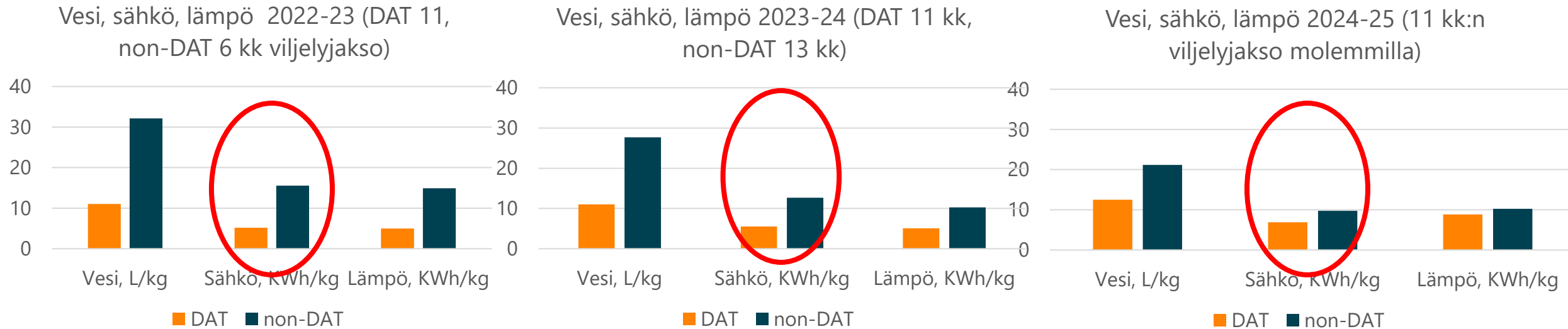
- Vesi
- Sähkö
- Lämpö (hake, turve, propaani, kpö, kaukolämpö, lämpö sähkökattiloista 2024-25)
- Lannoitteet (kivennäis ja CO₂)
- Työtunnit
- (Ei sisällä: taimia, kasvualustoja, torjunta-aineita eikä biologista torjuntaa)

ANALYYSI:

- **Panokset ja kustannukset per kg tomaattia**
- **Tulot**
- Taloudellinen, sosiaalinen ja ekologinen kestävyys
- **Voidaanko havaita DAT-työkalujen vaikutuksia panoksissa, kustannuksissa, tuloissa tai kestävyysindikaattoreissa?**

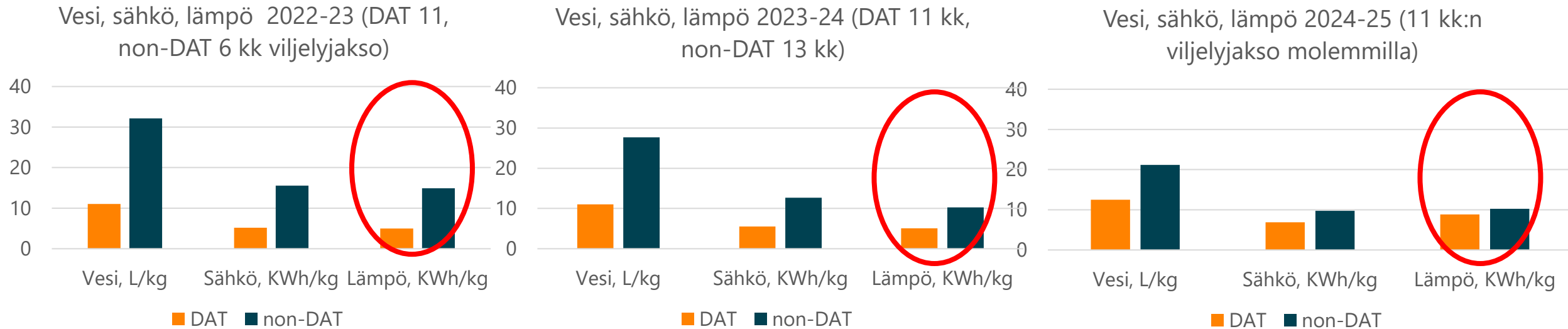
Tulokset

Sähkön, lämmön ja veden panokset per kg tomaattia (resurssien käytön avaintekijät) per kg tomaattia



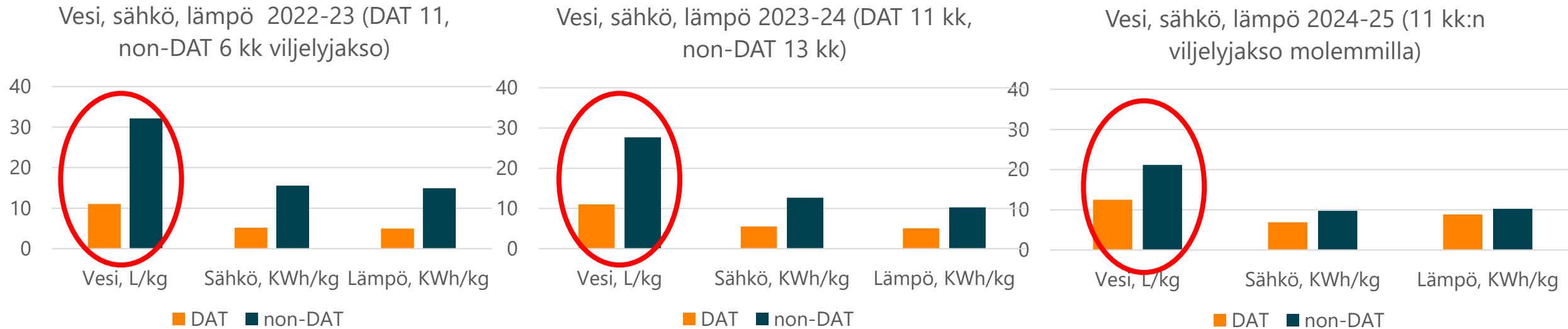
- Dynaaminen LED vähensi sähkönkulutusta 30–66 %.
- Parempi energiatehokkuus: enemmän mikromoleja samalla energiamäärällä.
- Erot pienentyivät hybridivalaistuksen käyttöönoton jälkeen

Sähkön, **lämmön** ja veden panokset per kg tomaattia



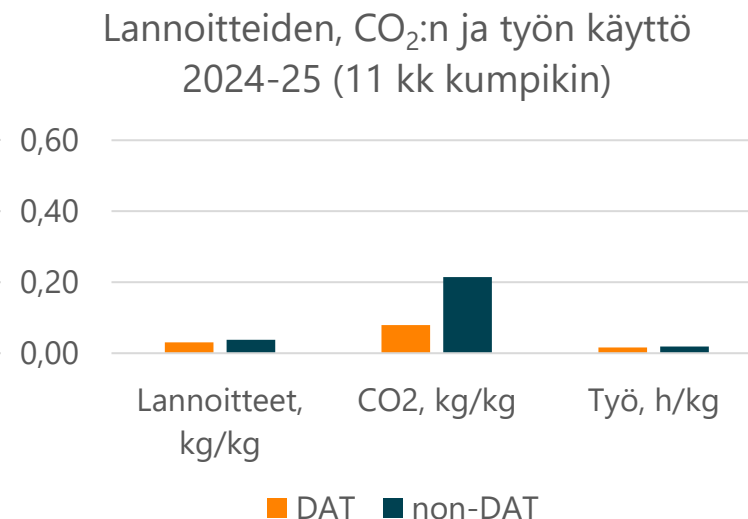
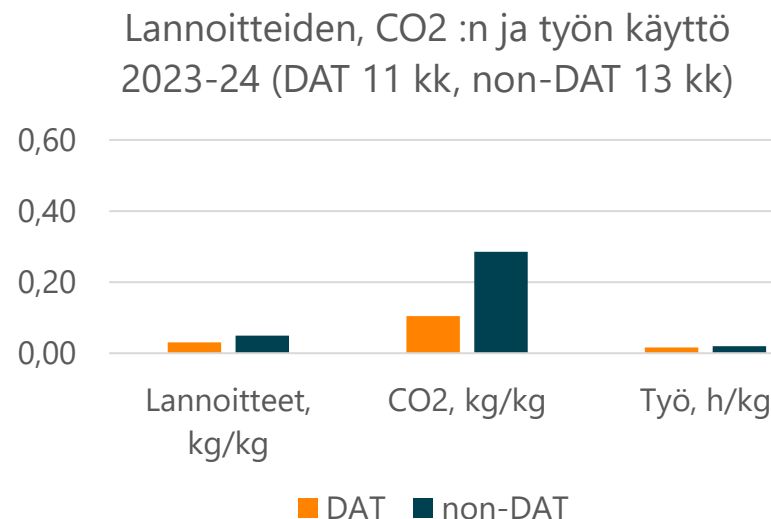
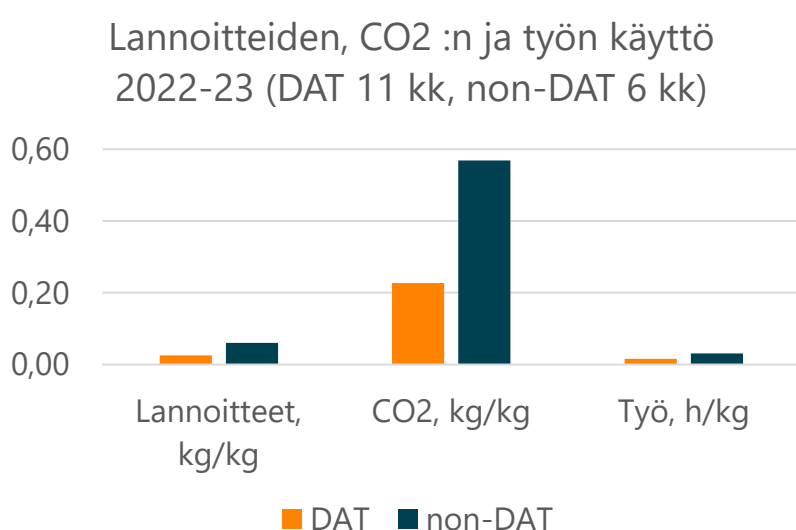
- Non-DAT-viljelmä käytti enemmän lämpöenergiaa DAT-viljelmä 2022-24...
- ...mutta lämmitykseen käytetyt kilowattitunnit lähentyivät toisiaan viimeisellä kaudella.

Sähkön, lämmön ja **veden** panokset per kg tomaattia



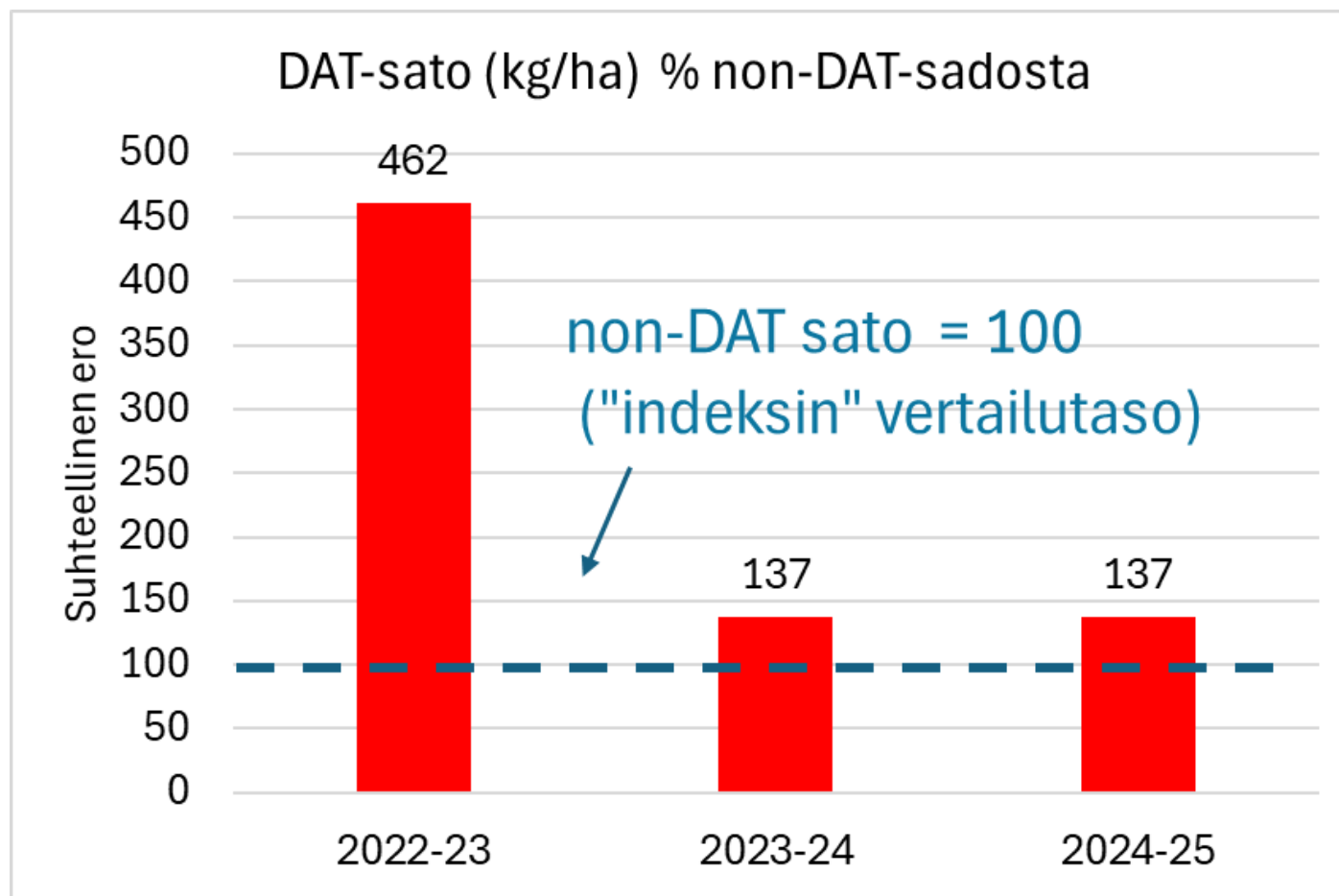
- Vedenkulutus heijastaa valaistusratkaisua ja hiukan myös kasvualustaa.
- DAT-viljelmän vedenkulutus on parasta tasoa, joka on saavutettavissa korkean teknologian kasvihuoneissa
- **Huom! non-DAT-viljelmän vedenkulutus pieneni ~30 % hybridivalaistuksen myötä.**

Panokset lannoitteisiin, CO₂



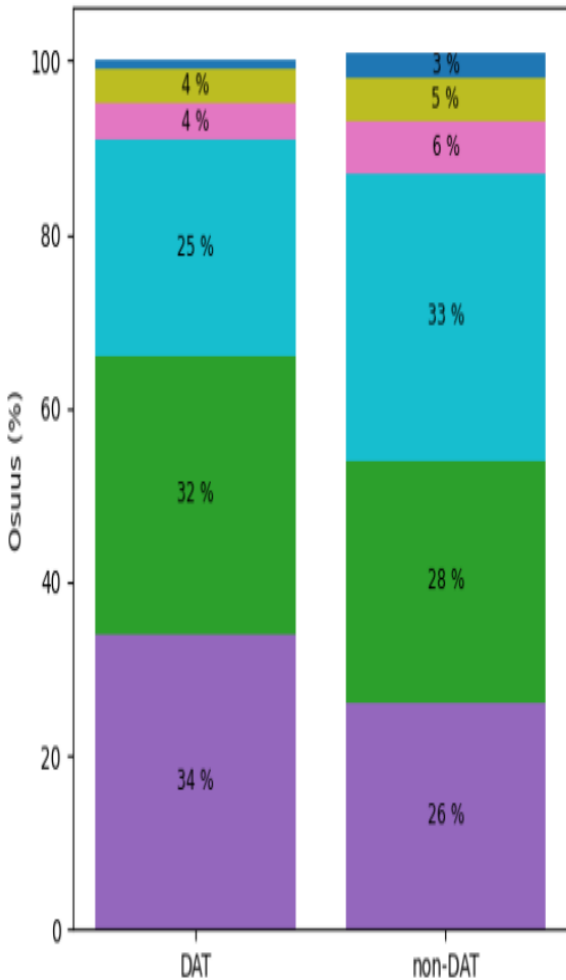
- DAT käytti vähemmän lannoitteita per kg tomaattia, myös viimeisenä vuonna, jolloin ero pienentynyt.
- CO₂:n käytössä selkeämpiä eroja johten erilaisista ilmastohallintastrategioista.
- Työpanos per kg tomaattia lähes sama. Poikkeus: ensimmäinen tutkimusjakso, joka oli non-DAT viljelmällä lyhyt
- (Huom! Työn järjestelyt erilaiset: 2 poimintaa viikossa DAT-viljelmällä, 3 poimintaa non-DAT viljelmällä)

Tomaattikiloa kohden käytettyjen panosten erot (**muiden tekijöiden ohella**) vaikuttavat hehtaarikohtaiseen satoon.

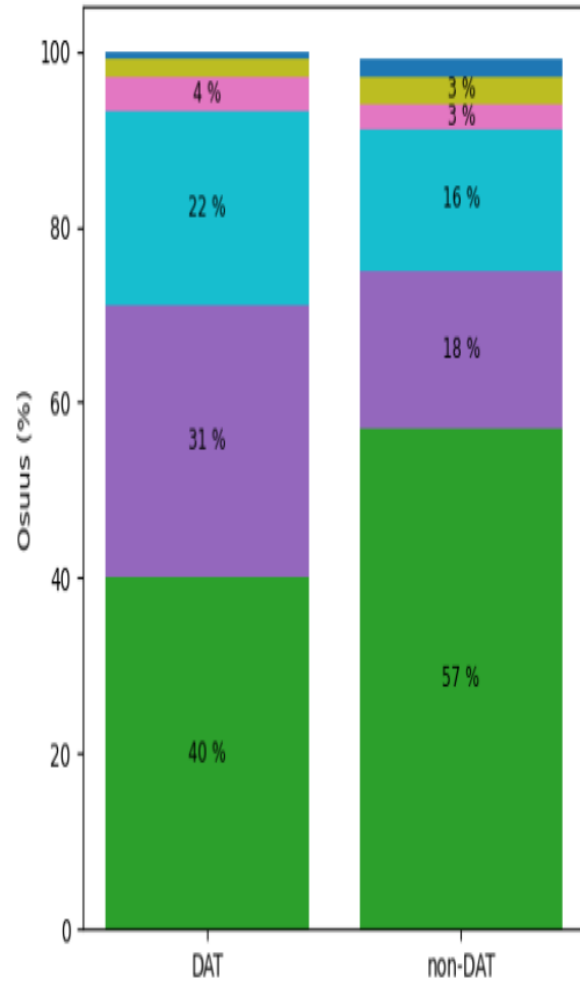


Sähkö, lämmitys ja työvoima muodostavat suurimmat osuudet tomaattikiloa kohden muuttuvista kokonaiskustannuksista.

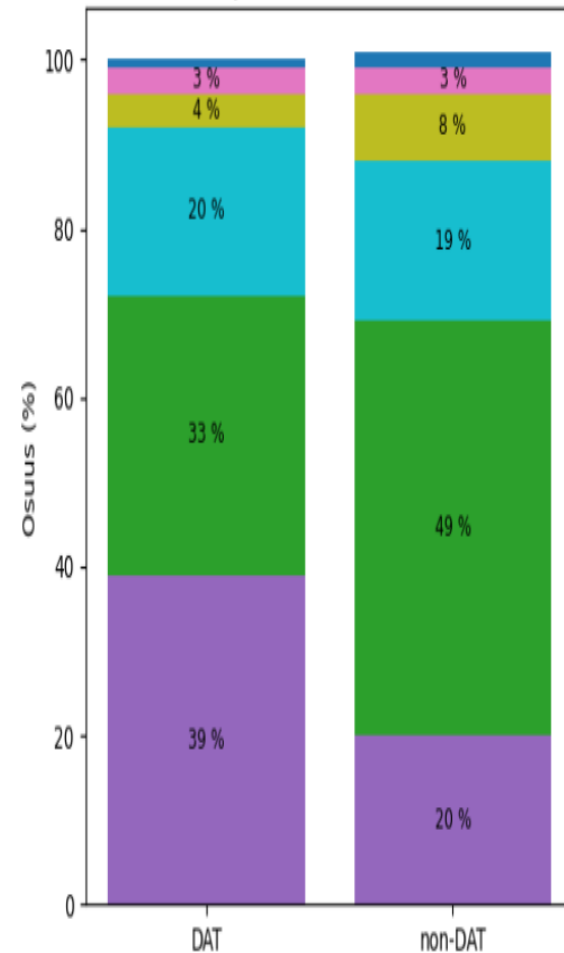
2022-23:



2023-24:

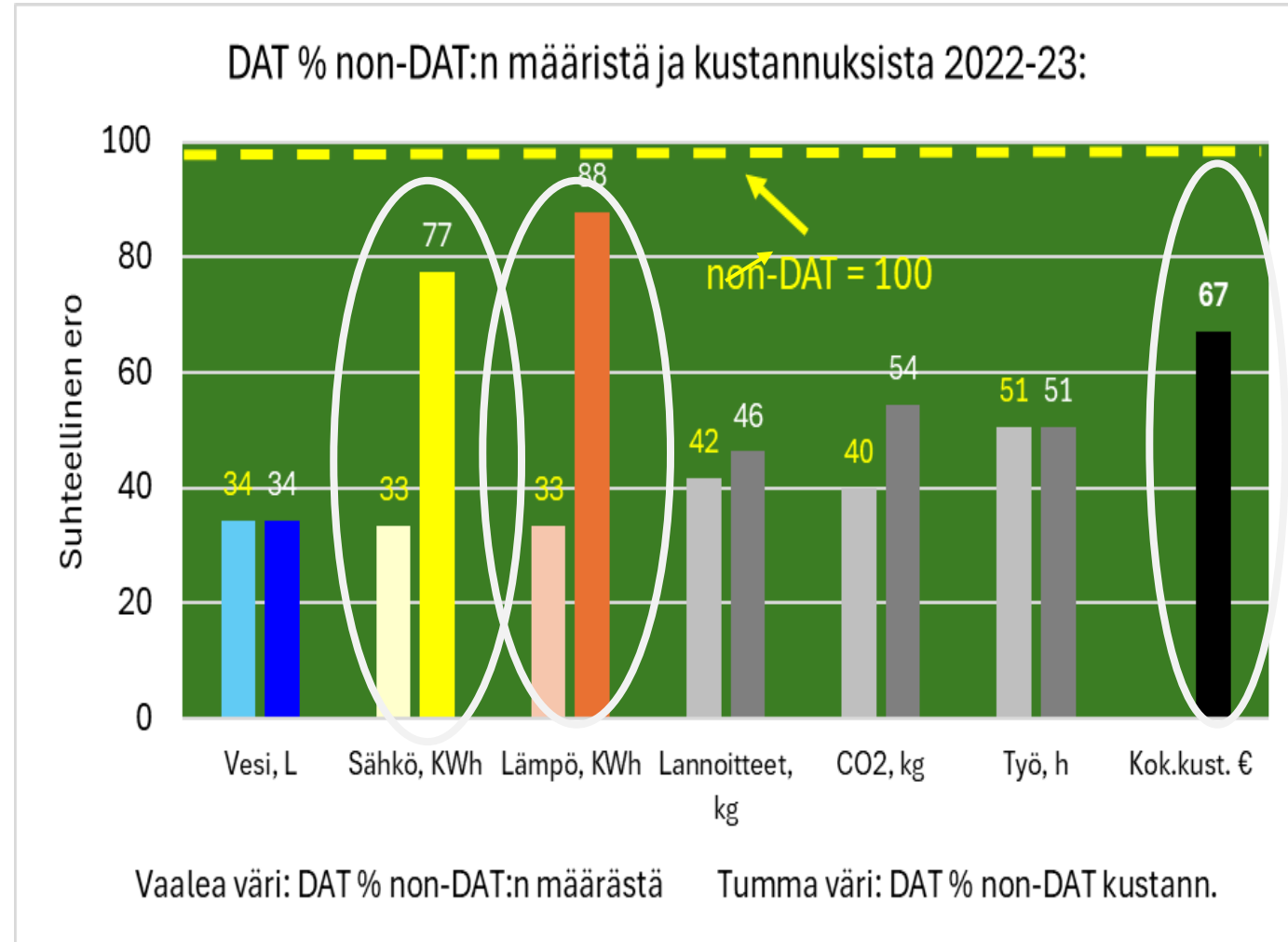


2024-25:



Suhteellinen ero panosmäärissä ja kustannuksissa tomaattikiloa kohti 2022-23 korkeiden sähköhintojen aikana → non-DAT-viljelmällä talvitauko → **datassa epävarmuuksia**

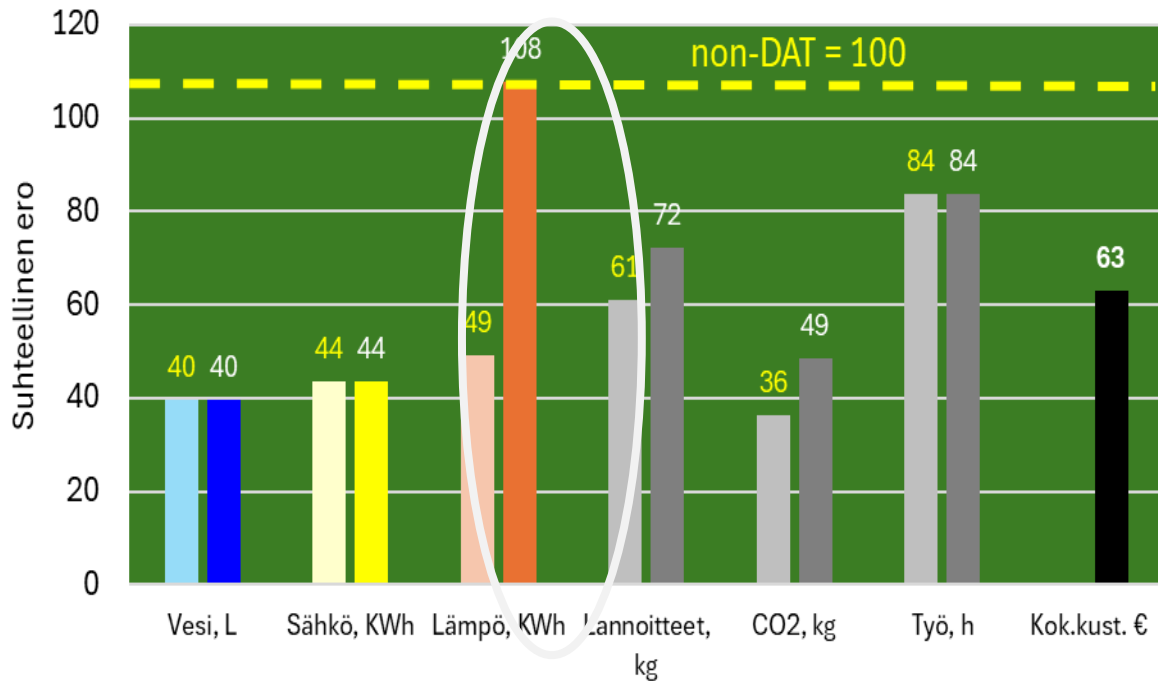
- DAT-viljelmällä vähemmän panoksia ja pienemmät kustannukset tomaattikiloa kohti – mutta epävarmuuksia datassa.
- 11 kk:n viljelyjakson aikana DAT käytti vain 34 % **sähköä** tomaattikiloa kohti verrattuna non-DAT-viljelmään, joka viljeli 6 kuukautta → non-DAT-viljelmän sato oli vain 22 % DAT-viljelmän sadosta.
- Non-DAT-viljelmän **sähkökustannuksia** oli vaikea määrittää (sähkösopimus perustui ostettuun sähkön määrään ja käyttämättä jäänyt osa voitiin myydä takaisin) → epävarmuuksia sähkön hintasuhteessa viljelmien välillä
- **Lämmityksestä** DAT-viljelijät maksoivat lähes saman verran tomaattikiloa kohti kuin non-DAT-viljelmä huolimatta suuremmasta sadosta hehtaaria kohti → lämmityksessä käytettyjen energialähteiden valinnalla on merkitystä.



Huom: Pylväs vas. vaalea väri = DAT % non-DAT:n panosmäärästä
Pylväs oik. tummempi väri = DAT % non-DAT:n kustannuksista

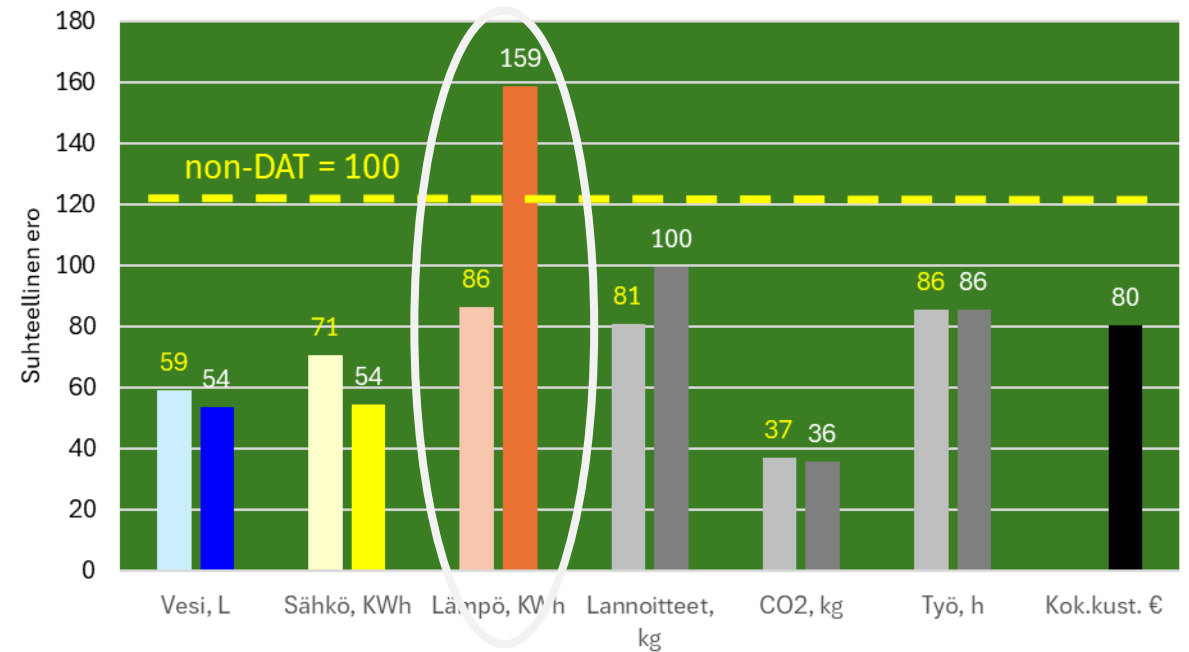
Suhteellinen ero panosmäärissä ja kustannuksissa tomaattikiloa kohti kaudella 2023–2024: **lämpö**

DAT % non-DAT-määristä ja kustannuksista 2023-24:



Vaalea väri: DAT % non-DAT:n määrästä Tumma väri: DAT % non-DAT kustann.

DAT % non-DAT -määristä ja kustannuksista 2024-25:



Vaalea väri: DAT % non-DAT:n määrästä

Tumma väri: DAT % non-DAT kustann.

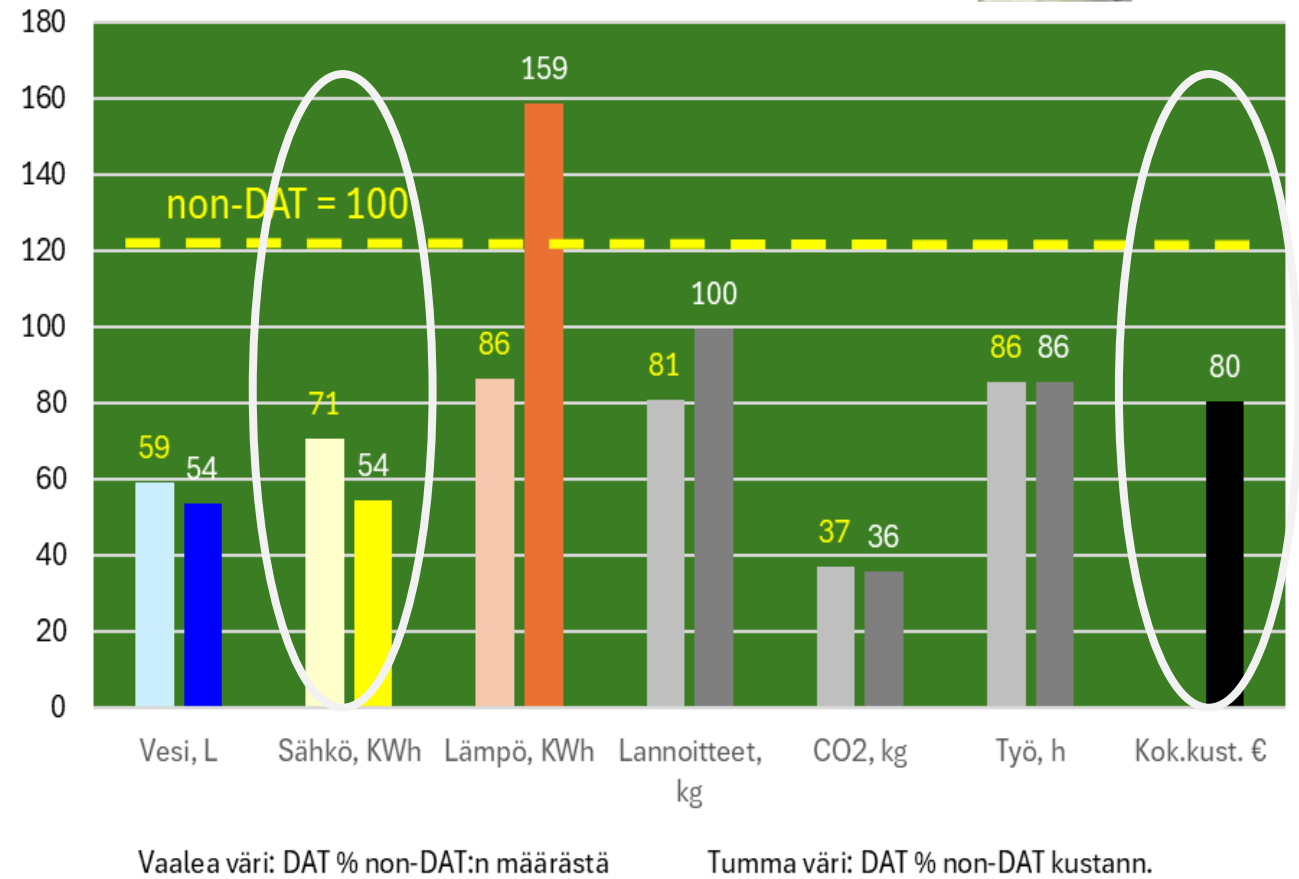
- Kustannusten osalta DAT-viljelijät käyttivät enemmän rahaa lämmitykseen myös kausilla 2023–24 ja 2024–25, vaikka käytetty energiamäärä (kWh) oli edelleen pienempi kuin non-DAT-viljelmällä.
- Kasvihuoneen lämmityksessä käytettyjen energialähteiden valinta vaikutti merkittävästi lämmityskustannuksiin tomaattikiloa kohti.

Panokset ja kustannukset/kg tomaatteja

- Kolmen vuoden aikana DAT-viljelijät käyttivät 22–55 % vähemmän euroja sähkөөn tomaattikiloa kohti. Viimeisenä tutkimusvuonna he eivät ainoastaan käyttäneet vähemmän sähköä, vaan myös sähkö oli edullisempaa.
- Sähkökustannusten ero oli yleisesti suuri myös viimeisenä vuonna, vaikka viljelmien sähkönkulutus lähentyi toisiaan. DAT-viljelijä on onnistunut ajoittamaan sähkönkäyttönsä edullisiin ajankohtiin.
- DAT-viljelmien korkeampi automaatioaste mahdollistaa sähkönkulutuksen paremman ohjauksen sähkön hinnan mukaan – tämä on digitalisaation selkeä etu.
- **DAT- ja non-DAT-viljelmien kokonaiskustannukset lähentyivät kaudella 2024–25.**

Sähkö KWh

DAT % non-DAT -määristä ja kustannuksista

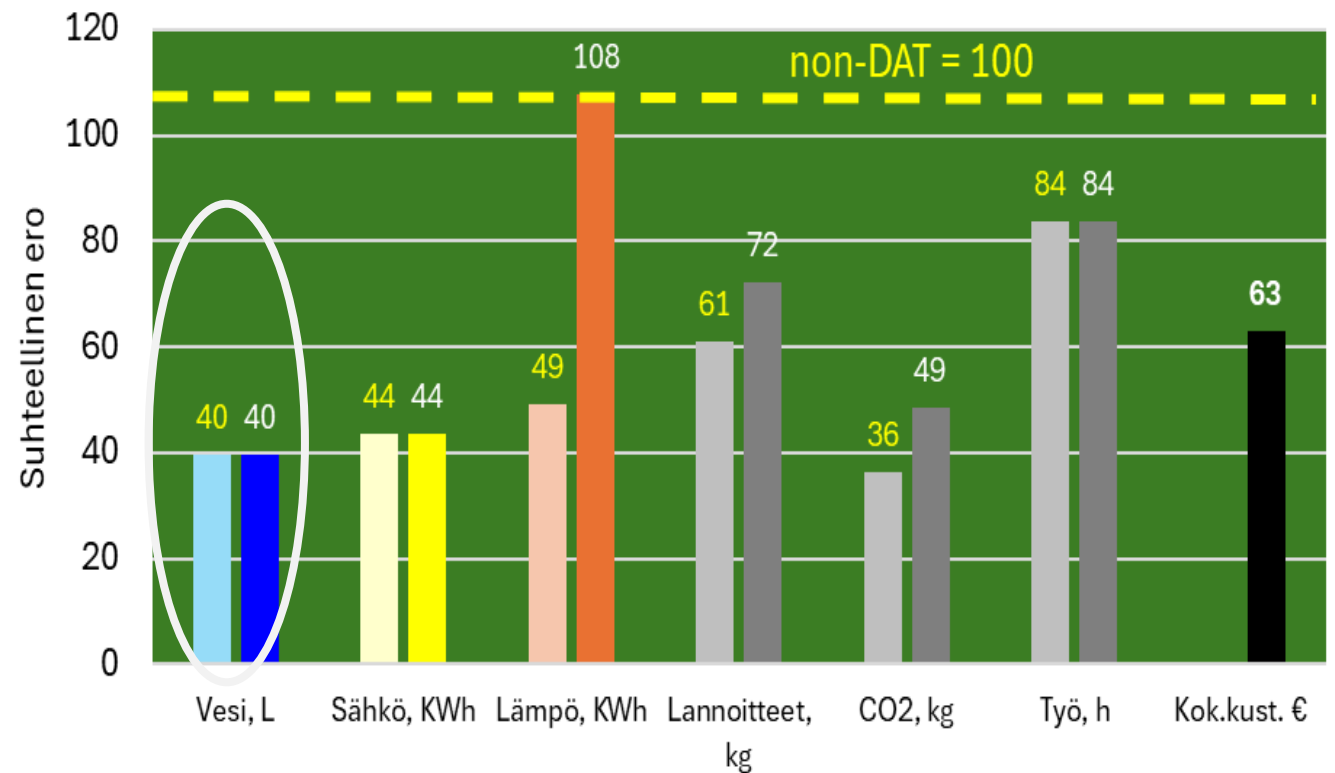


H₂O L/kg



- Vesi on edullista verrattuna sähköön ja lämpöön, joten vedenkulutuksen vähentäminen ei ole kustannusmielessä erityisen houkuttelevaa viljelijöille.
- Vesijalanjäljen pienentäminen ja ravinnevuotojen minimointi ovat tärkeitä tuotannon imagolle ja siten kilpailukyvyille.

DAT % non-DAT-määristä ja kustannuksista 2023-24:



Vaalea väri: DAT % non-DAT:n määrästä

Tumma väri: DAT % non-DAT kustann.

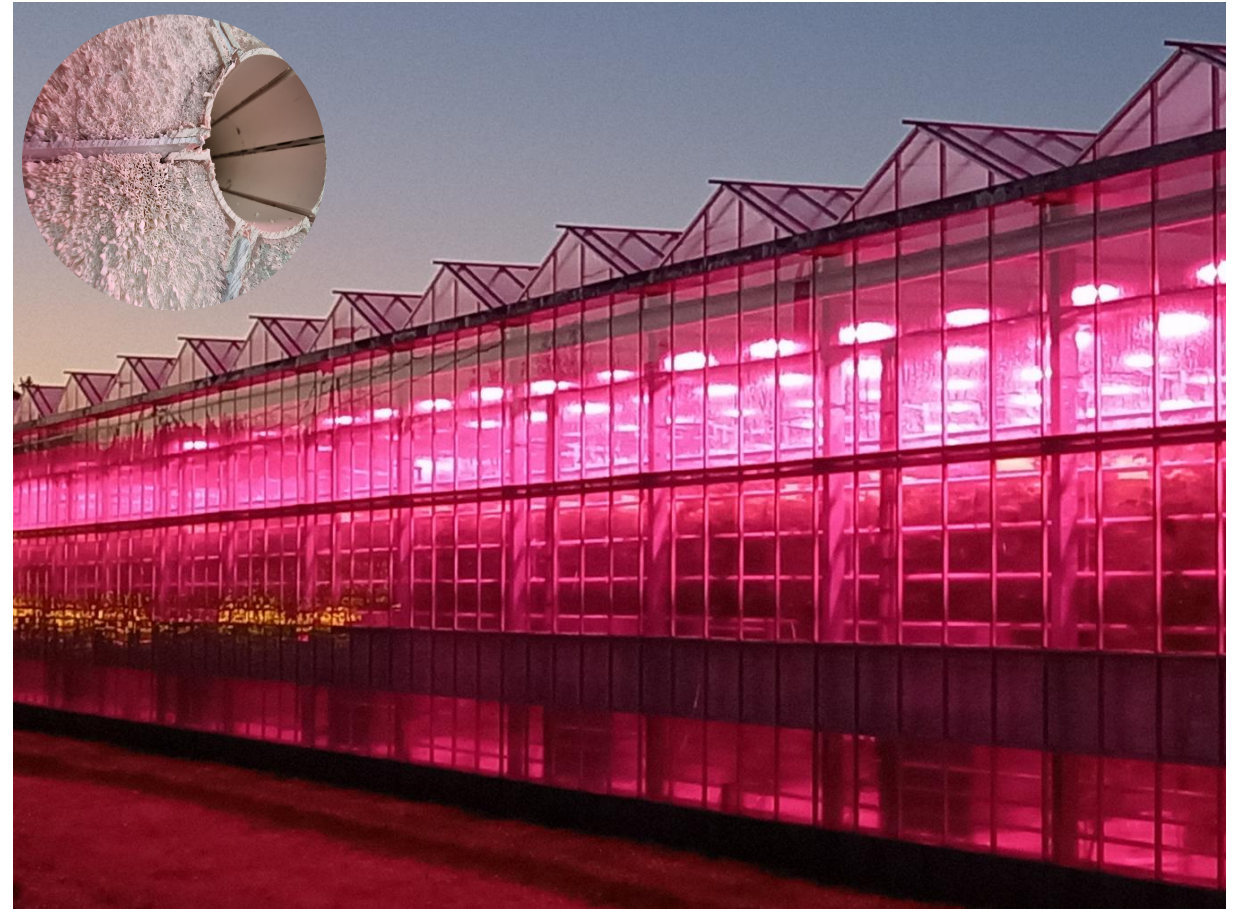
Tulokset valituista kestävyys-indikaattoreista kaudella 2023–2024 (Politecnico di Milano) tukevat eo. johtopäätöksiä:



Talousvaikutukset €:	DAT:n suorituskky verrattuna non-DAT:iin
Vatten	-
Sähkö	-
Lämpö	+
Lannoitteet	-
Sato	+
Nettohyödyt	+
Ekologisia ja sosiaalisia kestävyysvaikutuksia:	
N, P, K käyttömäärät	-
N-tehokkuus	+
P-tehokkuus	+
K-tehokkuus	+
Sähkönkulutus	-
Lämmitysenergia	-
Vedenkulutus	-
Kastelun tuottavuus	+
Satotulot	+
Sosiaalinen kestävyys (esim. viljelyn jatkaminen avainresurssin kallistumisesta huolimatta))	+

Yhteenveto DATsien vaikutuksista:

- Dynaaminen LED-valaistus vähensi sähkönkulutusta molemmilla viljelmillä.
- LED-valaistus johti noin 30 % pienempään vedenkulutukseen myös ilman veden kierrätystä → vähemmän ravinnepäästöjä.
- Veden kierrätys vähensi lannoitteiden käyttöä tomaattikiloa kohti.
- Pienempi vedenkulutus ja veden kierrätys paransivat NPK-ravinteiden käytön tehokkuutta DAT-viljelmällä.



Suuret kiitokset!

Viljelijöille, jotka jakoivat tuotantodataa tätä tutkimusta varten

Politecnico di Milanon tutkijoille, jotka analysoivat kestävyysnäkökohtia

Liisa Pesoselle (Luke) kommenteista ja näkemyksistä

EU:lle ja Lukelle rahoituksesta

Teille, esityksen kuulijoille



luke.fi



SCADS

