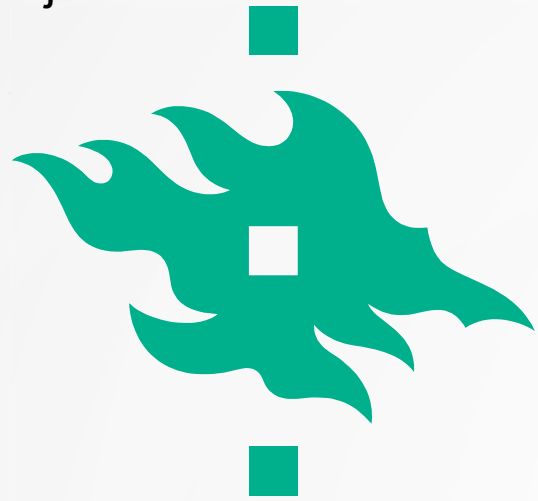


# **SIMULAATTORIN HYÖDYNTÄMINEN VILJANKUIVAUSTIETOJEN ARVIOINNISSA**



## Lihakunnalle

- Tämä esitys on sama, jonka pidin seminaarissani
- Lisäilin esitykseen asioita, joita kerroin seminaarissa
- **Lisätyt asiat korostettu**
- Tärkeimmät pointit gradutyöstäni löytyvät diaesitysten osioista Tulokset ja Johtopäätökset sekä myöskin tutkielmasta kohdista Tulosten tarkastelu ja Johtopäätökset



# SISÄLTÖ

1 Johdanto

2 Tutkimuksen tavoitteet

3 Aineisto ja menetelmät

4 Tulokset

5 Johtopäätökset



# 1 JOHDANTO



# VILJANKUIVAUS

- Suomessa suurin osa viljasta kuivataan säilyvyyden turvaamiseksi
- Viljan säilöminen pitkiä aikoja puhtikosteudessa ei onnistu
- Vilja säilyy kun mikrobitoiminta estetään kuivaamalla, happamoittamalla, pakastamalla tai säilömällä vilja ilmatiiviisti (Energia-akatemia, 2014)
  - Näistä käytössä muut paitsi pakastaminen
- Viljaa kuivataan rehuksi, elintarvikkeeksi sekä mallasteollisuuteen
- Hapottaminen ja ilmatiiviisti säilöminen käytössä rehukäyttöön
  - Hapottamisen yhteydessä vilja myös murskataan



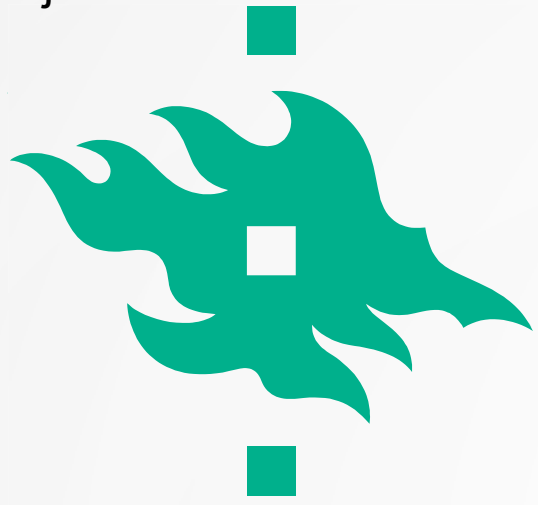
# VILJANKUIVURIT

- Erätyyppinen lämminilmakuivuri yleisin, myös jatkuvatoimisia- ja siilokuivureita käytössä
- Useimmat kuivurit pieniä, vanhoja ja poistumassa käytöstä vanhimmasta päästä
- Tilakoon kasvun vuoksi tilalle tehdään suurempia kuivureita ja niissä on yhä enemmän automatiikkaa ja tiedonkeruuta
- Esimerkiksi Antti Teollisuuden Ultima- järjestelmä kerää kaikki kuivaukseen liittyvät tiedon automaattisesti monipuoliseen nettipalveluun ja pystyy hoitamaan kuivauksen täytöstä tyhjennykseen (Antti teollisuus Oy nettisivut, viitattu 1.4.2025)
  - Juurikin Ultiman keräämää dataa käsitellään
- Automatiikka ei ole välttämättömyys. Dataa voi kerätä kuivauksesta myös käsin kunhan kuivurissa on vaaka



# VILJANKUIVAUKSEN SIMULOINTI

- Viljankuivausta voidaan simuloida matemaattisia malleja hyödyntävällä laskentaohjelmalla (Giner ym. 1998)
- Mallit sisältävät yleensä olettamuksia, jotta laskentatehon tarve ei olisi niin suuri
- Itse kuivaustapahtuma on hyvin monimutkainen
- Olettamukset on kuitenkin tehty niin, etteivät ne vaikuta merkittävästi lopputulokseen
- Esimerkkinä Millerin ym. (1984) simulaatioissa tehtiin seuraavanlaisia olettamuksia: kuivausilma virtaa kaikissa kuivauskennoissa viljamassan läpi tasaisesti, ilman ja viljan virtaukset ovat yhtenäisiä, kuivaajan läpi virtaavaan ilmaan ei vaikuta muut parametrit sekä ilman lämmitystavan oletettiin olevan suora öljylämmitys ilman lämmönvaihdinta.

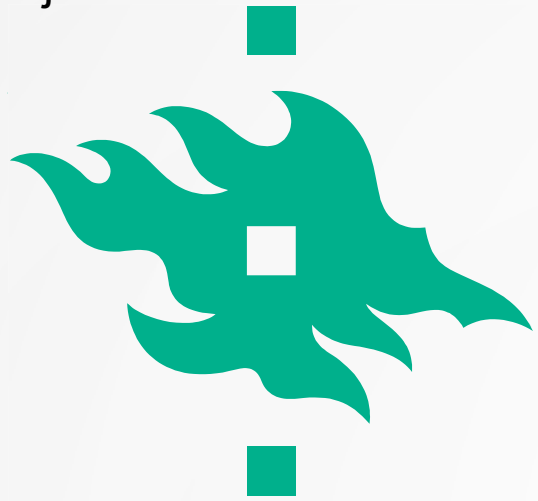


# 2 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET



# TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

- 1. Tutkia simulaattorin ja todellisen viljankuivaamon vastaavuutta kuivausajan suhteen
- 2. Selvittää voiko kuivattujen erien onnistumista arvioida simuloimalla
- 3. Voidaanko simulaattorin avulla määrittää parempia kuivausparametrejä
  
- Tuloksien avulla voidaan viljelijälle tuottaa arvokasta tietoa viljankuivauksen tehostamisesta ja simuloinnin hyödyntämisestä



# 3 AINEISTO JA MENETELMÄT



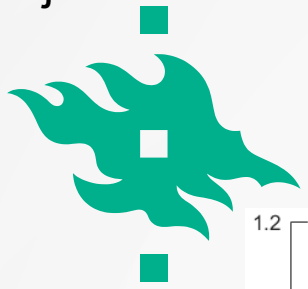
# AINEISTO JA MENETELMÄT

- Aineistoa kerättiin SQL- tietokannasta, johon Ultima- järjestelmä tallentaa datan
  - Aineistoa paljon, vuodesta 2018 vuoden 2024 syyskuun alkuun kuivauseriä noin 20000kpl noin 200 eri kuivurista
  - Kaikkea dataa ei analysoitu, simulointi vaati vielä osittain manuaalityötä
- Valikoitiin laadukasta ja monipuolista dataa 14 eri kuivurista yhteensä 223 kuivauserää
- Syksyn 2024 puintiolosuhteet olivat hyvät ja se näkyikin datassa pääasiassa lyhyinä kuivauserinä.

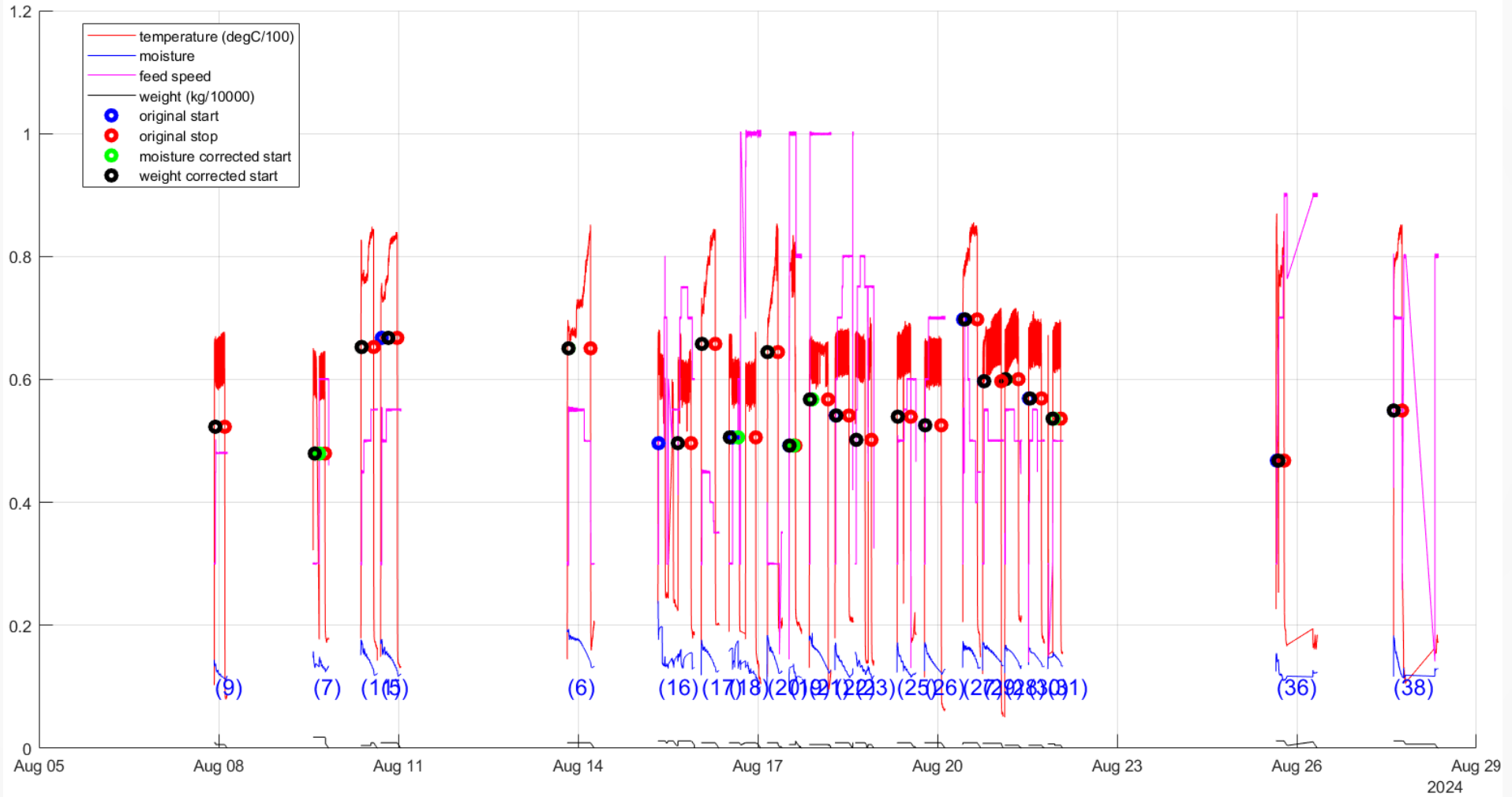


# AINEISTO JA MENETELMÄT

- SQL- tietokannassa kuivausdata yhtenä pötkönä 6 sekunnin välein tallennettuna
- Raakadatasta suodatettiin kuivurikohtaisia kuivaustietoja seuraavilla parametreilla:
  - Kuivurin numero, asetettu kuivauslämpö yli 50 astetta, kuivauserän paino yli 2000kg, syöttölaitteen nopeus yli 0
- Edelleen kaikki kuivauserät samassa
- Antti Lajunen teki koodin jolla SQL- tietokannan erädatasta saatu kuivaustapahtuman alku ja loppuajan perusteella kuivausdatasta saatiin eroteltua kuivauserät
- Seuraavissa dioissa näytetään erädataa suoraan SQL-tietokannasta

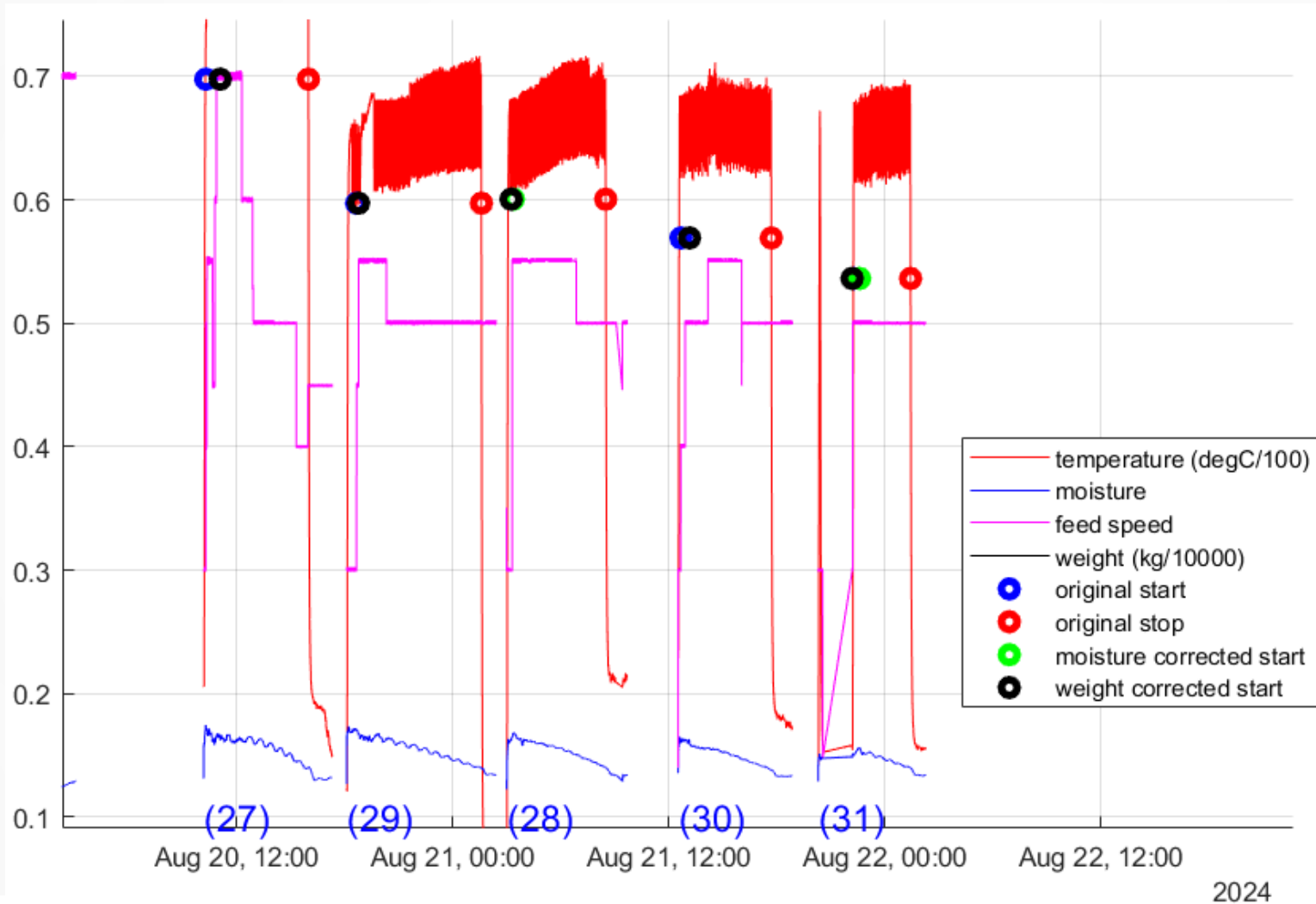


# AINEISTO JA MENETELMÄT



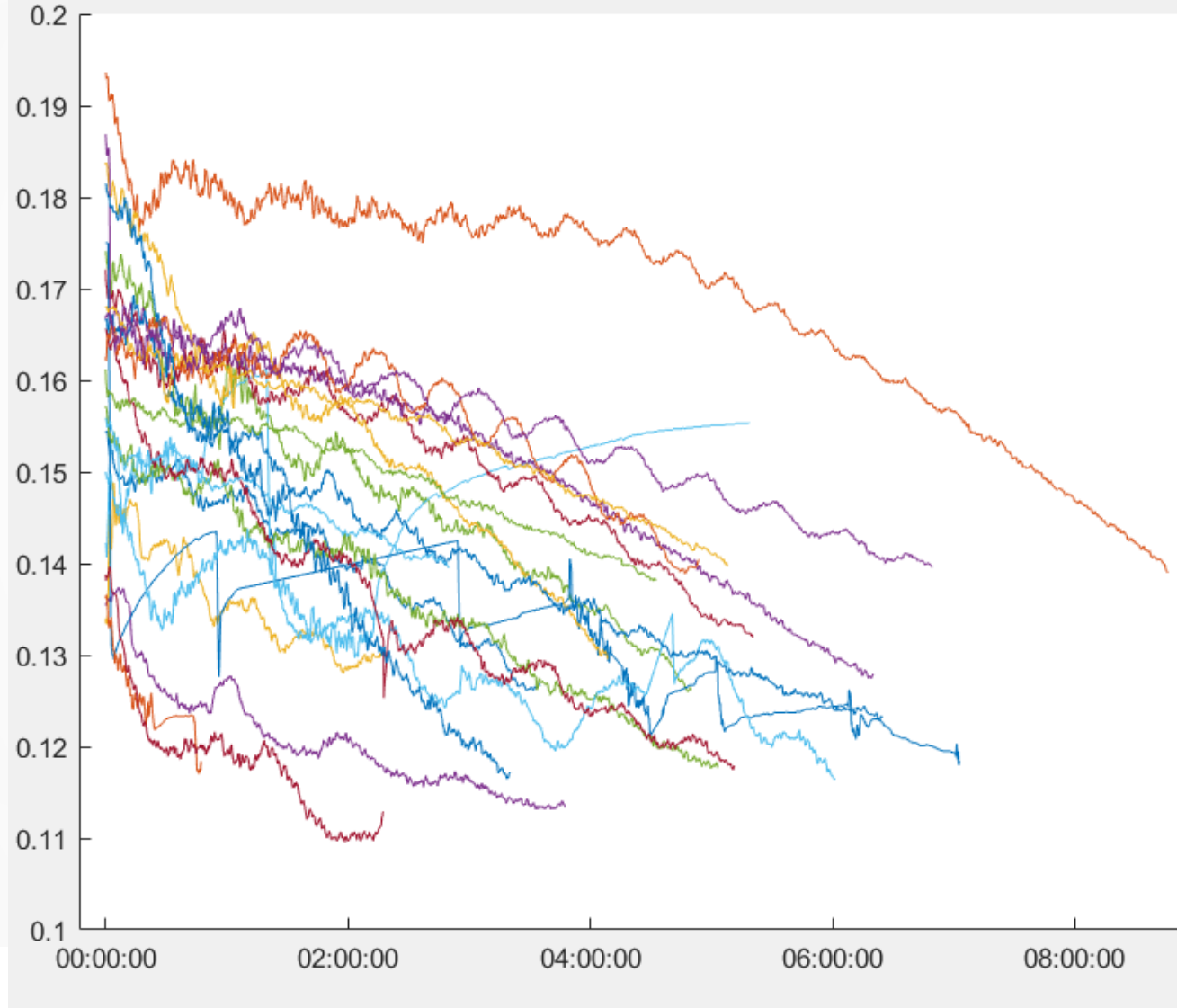


# AINEISTO JA MENETELMÄT





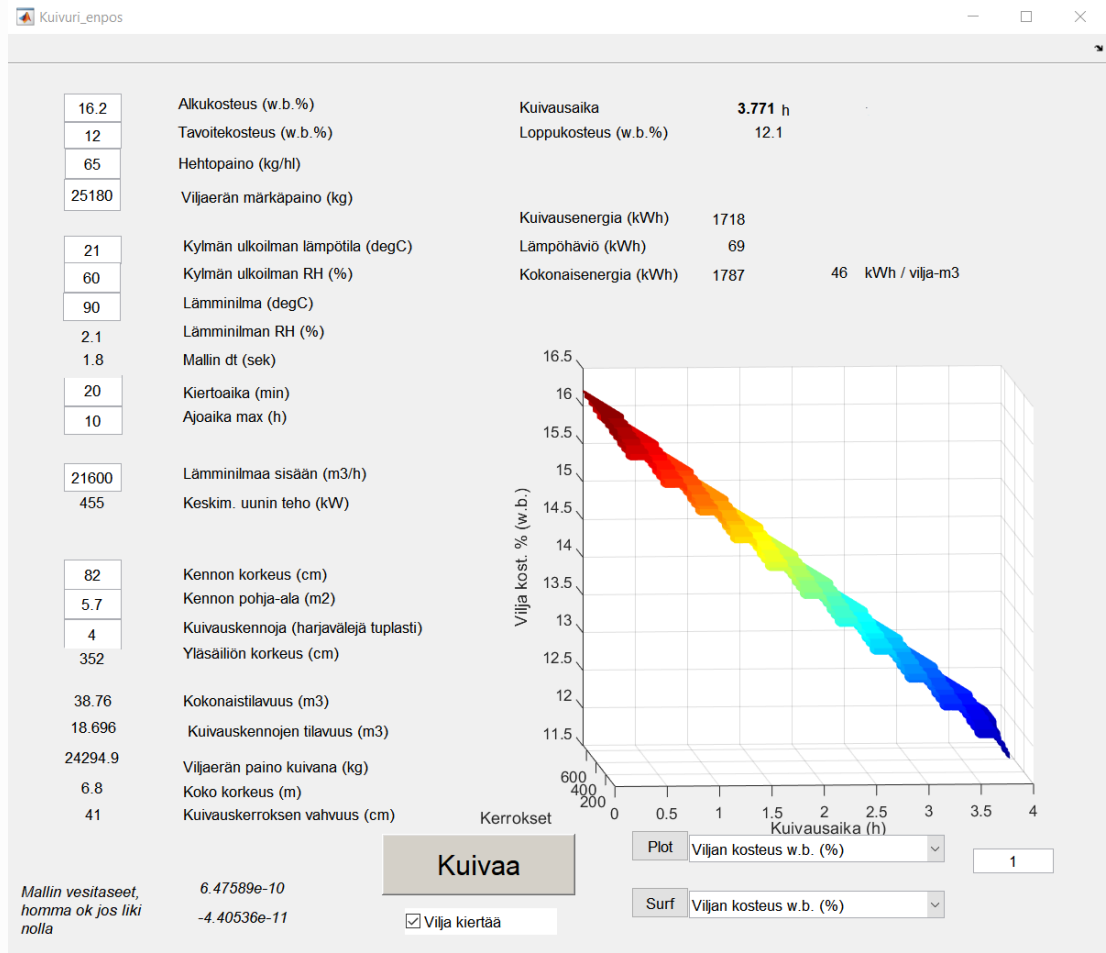
# AINEISTO JA MENETELMÄT





# AINEISTO JA MENETELMÄT

- Simulaattoriin syötettiin todellisen kuivaustietojen mukaisesti:
  - Alkupaino
  - Alku ja loppukosteus
  - Ulkolämpötila ja ulkoilman kosteus
  - Kuivausilman lämpötila
  - Kuivausilman määrä
  - Kuivurin kuivauskennojen mitat





# AINEISTO JA MENETELMÄT

Taulukko 1. Syksyn 2024 kuivauserien simulointituloksia kuivuri 2.

Kuivauserä	Kosteuden muutos	Kuivausaika h	Simuloitu kuivausaika
1	2,8 %	3,59 h	2,40 h
2	2,2 %	3,79 h	2,70 h
3	4,8 %	4,83 h	3,97 h
4	2,9 %	2,20 h	1,88 h
5	4,0 %	5,34 h	3,51 h
6	1,8 %	0,79 h	1,98 h
7	5,4 %	4,15 h	3,42 h
8	5,9 %	6,34 h	5,22 h
9	4,0 %	5,05 h	3,77 h
10	3,4 %	6,02 h	4,11 h
11	4,8 %	5,19 h	4,50 h
12	4,4 %	6,41 h	4,67 h
13	2,2 %	4,90 h	1,95 h
14	2,8 %	5,13 h	3,10 h
15	2,7 %	6,82 h	3,40 h
16	2,3 %	4,54 h	3,20 h
17	1,6 %	2,83 h	2,20 h
18	1,9 %	3,21 h	2,23 h
19	4,4 %	2,11 h	2,24 h
20	4,5 %	1,91 h	2,78 h

17

- Taulukossa yhden kuivurin erien kuivausaikoja, todellisia ja simuloituja

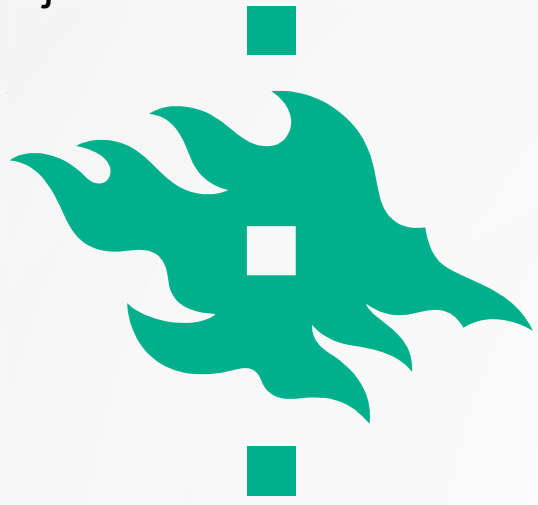


# AINEISTO JA MENETELMÄT

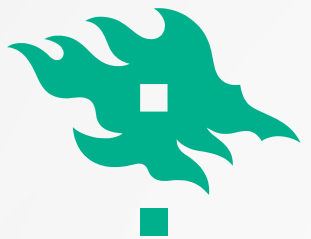
Kuivuri 2		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
55MF2	korkeus 80, pohja 3,9m <sup>2</sup>																				
Puhallin	26000m <sup>3</sup> /h																				
	Lähtökosteus	0.1543	0.1355	0.1741	0.1314	0.1721	0.1364	0.1838	0.1869	0.1572	0.15	0.1656	0.1668	0.1625	0.1681	0.1667	0.1612	0.1559	0.1594	0.1525	0.1547
	Loppukosteus	0.1267	0.1134	0.1261	0.1026	0.1319	0.1184	0.1296	0.1279	0.1177	0.1164	0.1179	0.1233	0.1403	0.1397	0.1396	0.1381	0.1396	0.14	0.1088	0.1094
		2.8 %	2.2 %	4.8 %	2.9 %	4.0 %	1.8 %	5.4 %	5.9 %	4.0 %	3.4 %	4.8 %	4.4 %	2.2 %	2.8 %	2.7 %	2.3 %	1.6 %	1.9 %	4.4 %	4.5 %
	Kuivausaika	3.589356	3.793049	4.831796	2.198283	5.341864	0.787561	4.150612	6.337907	5.053987	6.020439	5.186791	6.411066	4.896334	5.13166	6.821012	4.541611	2.83405	3.214981	2.113264	1.90995
	Simuloitu kuivausaika	2.4	2.7	3.97	1.88	3.51	1.98	3.42	5.22	3.77	4.11	4.5	4.67	1.95	3.1	3.4	3.2	2.2	2.23	2.24	2.78
	Ulkolämpötila	14.884	10.294	18.063	13.15	17.196	20.919	11.909	13.099	18.216	16	16.516	11.535	20.528	5.041	12.266	22.874	14.221	17.536	17.536	17.893
	Ilmankosteus rh	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Kuivauslämpö	82.33029	62.88383	79.56283	78.41333	78.48909	75.05034	75.62292	64.08378	64.29952	54.9809	64.09019	62.85269	82.53178	66.34039	65.90906	65.8965	65.34638	66.31562	81.7249	78.5171
	Alkupaino	24500	22560	23220	15220	23560	25620	16280	18460	19540	18480	20000	20360	26640	24400	28060	28960	25480	25060	14640	16780
	Loppupaino	23140	21940	21380	14780	21460	25420	14940	16360	17760	16940	18600	18580	24500	23260	26160	27580	24840	24380	13860	16000
	Simuloitu loppupaino	23911	22118	22247	14781	22718	25184	15518	17535	18881	17947	19205	19540	26167	23793	27404	28398	25094	24658	14073	16124

18

- Excel- taulukkona edellisen dian kuivurin todellisia sekä simuloituja kuivaustietoja. Tässä mukana myös erän paino

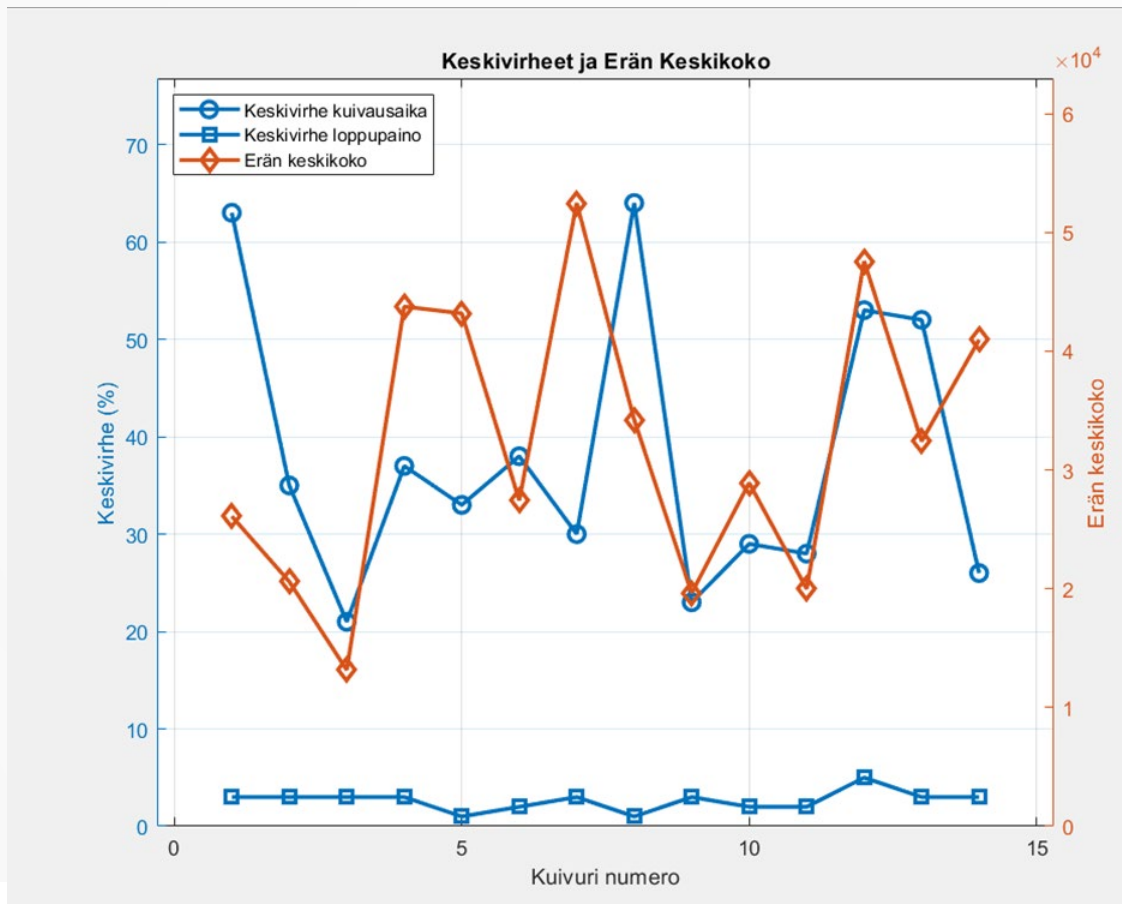


# 4 TULOKSET



# SIMULOINNIN TULOKSET

• Kuvaaja selitetty seuraavassa diassa



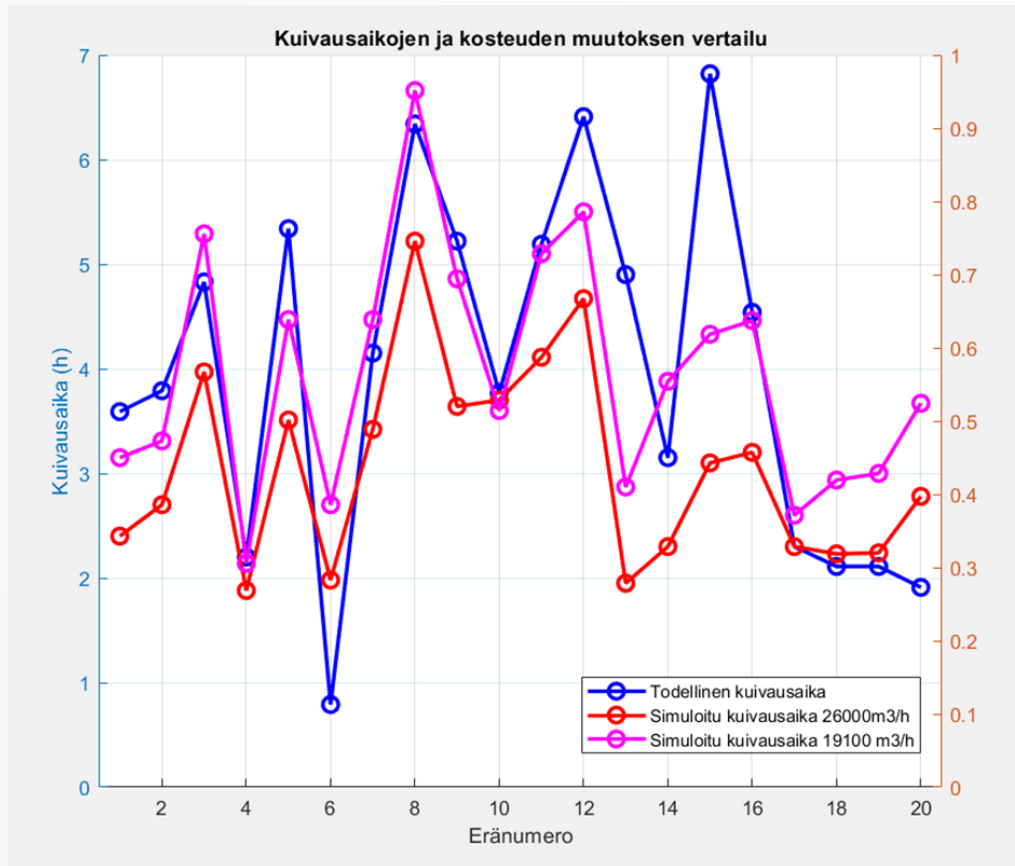


# SIMULOINNIN TULOKSET

- Kuivausajan suhteen virhettä aika paljon 20- 65%, simulaattorin kuivausaika pääasiassa lyhyempi
- Kuivatun viljaerän painon suhteen virhettä vähän 2-3%
- Voidaan päätellä simulaattorin toimivan, mutta jokin kuivausparametri ei täsmää todellisen tilanteen kanssa
- Kuivausilman määrästä ei saatu mittausdataa
  - Puhaltimen valmistajan taulukkoarvoista arvioitu
  - Anttiteollisuudella on mittaus teknologia valmiina kuivausilman määrän mittaukselle, mutta ilmamäärän tiedot eivät olleet tallentuneet tietokantaan
- -> Simuloidaan vielä uudestaan eri ilmamäärällä arvioiden ilmamäärä mahdollisimman lähelle



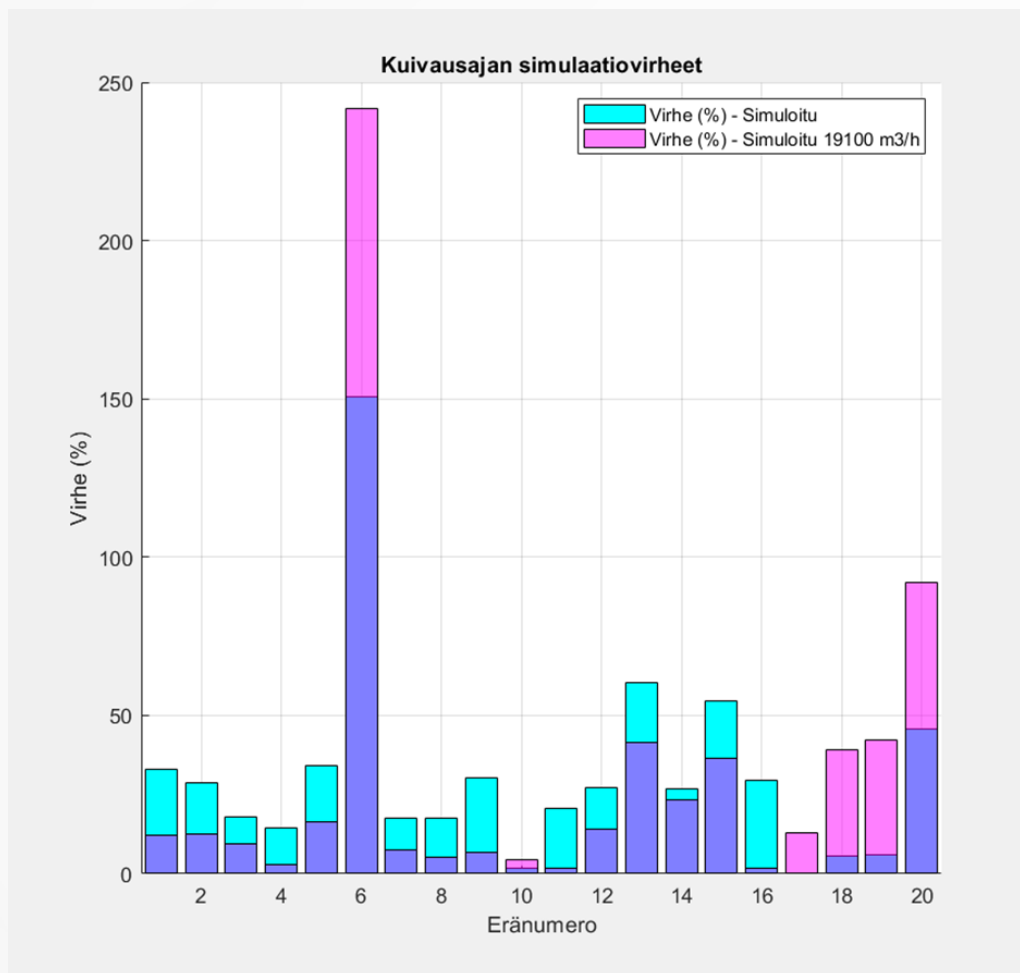
# SIMULOINNIN TULOKSET



- Puhallinvalmistajan ilmoittama ilmamäärä oli 26000m<sup>3</sup>/h, tämä on luultavasti mitattu ilman vastapainetta
- 19100m<sup>3</sup>/h arvioitiin olevan lähempänä todellista ilmamäärää
- Huomataankin simuloitujen kuivausajan olevan tällä ilmamäärällä huomattavasti lähempänä todellista kuivausaikaa



# SIMULOINNIN TULOKSET



- Tässä vielä virhe % määrä palkkikuvaajana edellisestä
- Erässä 6 on ollut jotain erikoista todellisessa tilanteessa, minkä syystä virhe % suuri

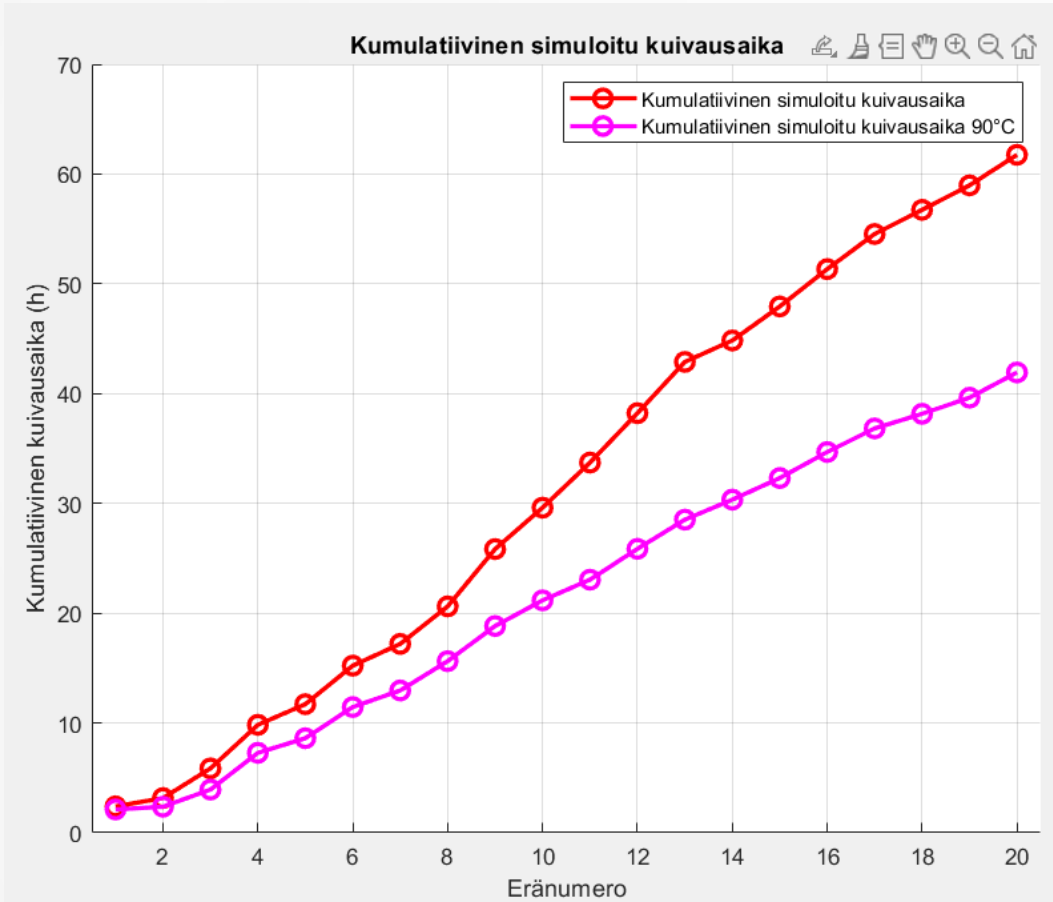


# SIMULOINNIN TULOKSET

- Tavoitteena oli myös tarkastella simulaattorin soveltuvuutta optimaalisten asetusten määrittämiseen
- Valittiin muutettavaksi parametriksi kuivauslämpötila
- Kuivauslämpö nostettiin 90 asteeseen jokaiselle kuivurille 2 erälle
- Kuivauslämpö oli ollut alun perin 60-80 astetta
- Simulaattori laskee myös energiankulutusta joten otetaan sekin mukaan vertailuun



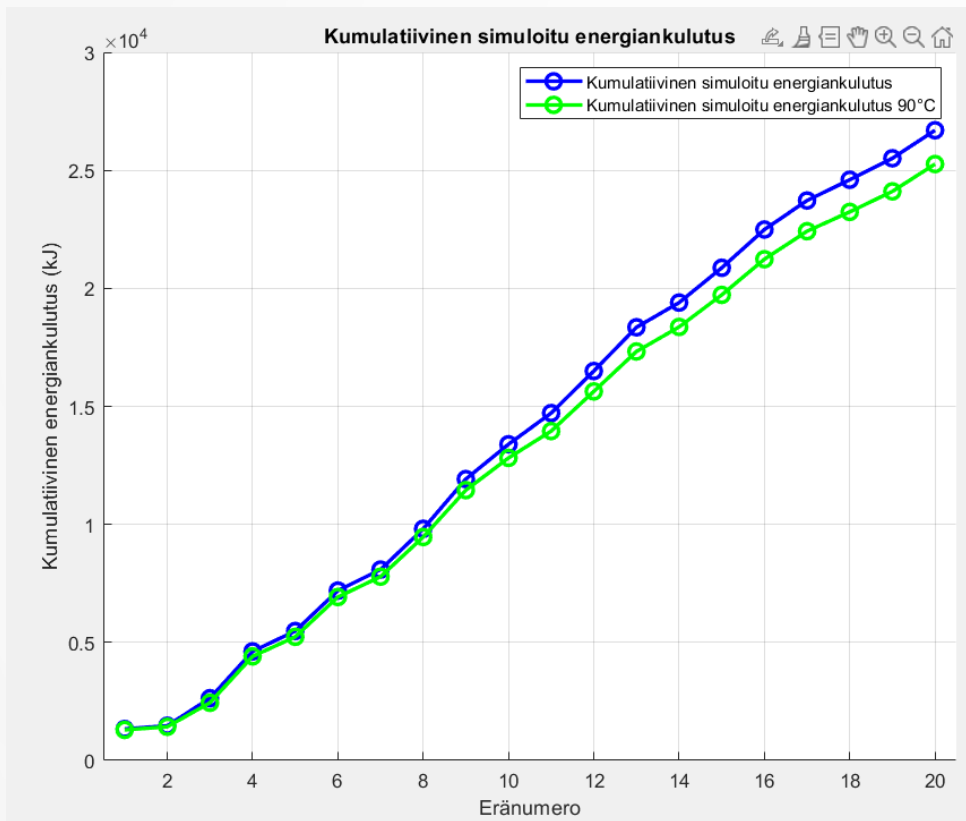
# SIMULOINNIN TULOKSET



- Kuvaajasta huomataan hyvin, kuinka paljon kuivauslämpötilan nostaminen lyhentää kuivausaikaa
- Koko syksyn aikana kyseinen kuivaaja olisi pyörinyt 20h vähemmän korkeammalla kuivauslämmöllä



# SIMULOINNIN TULOKSET



- Myös energiankulutus olisi ollut pienempi käytettäessä korkeampaa kuivauslämpötilaa
- Energiankulutuksen pieneneminen johtuu siitä että lämpimämpi ilma sitoo enemmän kosteutta vaikka hetkellinen energiankulutus olisikin suurempi



# 5 JOHTOPÄÄTÖKSET



# JOHTOPÄÄTÖKSET

- Simulaattori vastaa todellista kuivaustapahtumaa
  - Kuivauserän painon muutos vastaa hyvin todellisuutta
- Nopea keino simuloida viljankuivaustapahtumaa
  - Kannettavalla tietokoneella 10h kuivausaika ~10 sekuntia
- Helppokäyttöinen
- Laskee myös energiankulutuksen



# JOHTOPÄÄTÖKSET

- Simulaattorille on annettava tarkkoja parametreja
- Kuivausajan erotus todelliseen suuri mahdollisesti kuivausilmamäärän virheellisen arvioinnin takia
- Virhe kuitenkin systemaattinen ja parametreja muuttamalla saatiin myös tarkempia tuloksia
- Simulaattori antoi muuten hyvin loogisia tuloksia



# JOHTOPÄÄTÖKSET

- Simulaattoria voidaan hyödyntää parempien kuivausparametrien löytämiseen
  - Tulos nähdään nopeasti ja helposti vakio olosuhteissa vs. oikealla kuivurilla tehty testailu
- Vastaa kuivauslämpötilan noston osalta aiempia tutkimuksia ja mollierin diagrammia
  - Korkeampi kuivauslämpötila -> pienempi kuivausaika ja pienempi energiankulutus



# LÄHTEET

- Ahokas, J. & Jokiniemi, T., 2014. Viljankuivaus, Energia-akatemia,
  - <https://www.energia.agrotekno.fi/wp-content/uploads/2021/04/viljankuivaus.pdf>
- Antti teollisuus Oy nettisivut, viitattu 1.4.2025
- Giner, S.A. Bruce, D.M. Mortimore, S. 1998. Two-Dimensional Simulation Model of Steady-state Mixed-flow Grain Drying, Part 1: The Model, Journal of Agricultural Engineering Research. 71, 37—50
- Miller, P.C.H. Whitfield, R.D. 1984. The Predicted Performance of a Mixed-Flow Grain Drier. Journal of Agricultural Engineering Research. 30, 373-380



**KIITOS**