Datakeskusten hukkalämmön hyödyntäminen biomassojen kuivauksessa

Konesalien hukkalämmöt hyödyksi -hanke

Erikoistutkija Kyösti Ruuttunen
Luonnonvarakeskus

22.10.2025

Euroopan unionin osarahoittama

KAMK • University of Applied Sciences

CSC

Luke LUONNONVARAKESKUS

Johdanto

- Maa- ja metsätaloudessa sekä biotuote- ja ruokateollisuudessa syntyy tuotteina tai sivutuotteina biomassoja
  - Vaativat usein kuivausta: energiatehokkuus, kuljetuskustannusten pienentäminen
  - Esimerkiksi sahatavaran valmistus ja sivutuotteiden jalostus
- Biojalostus ja jätehuolto
  - Mikrobiologiset prosessit → orgaaninen aines hyödyllisiksi lopputuotteiksi
  - Esimerkiksi biokaasun tuotanto

Kuinka datakeskusten hukkalämpöä voisi hyödyntää näissä prosesseissa?

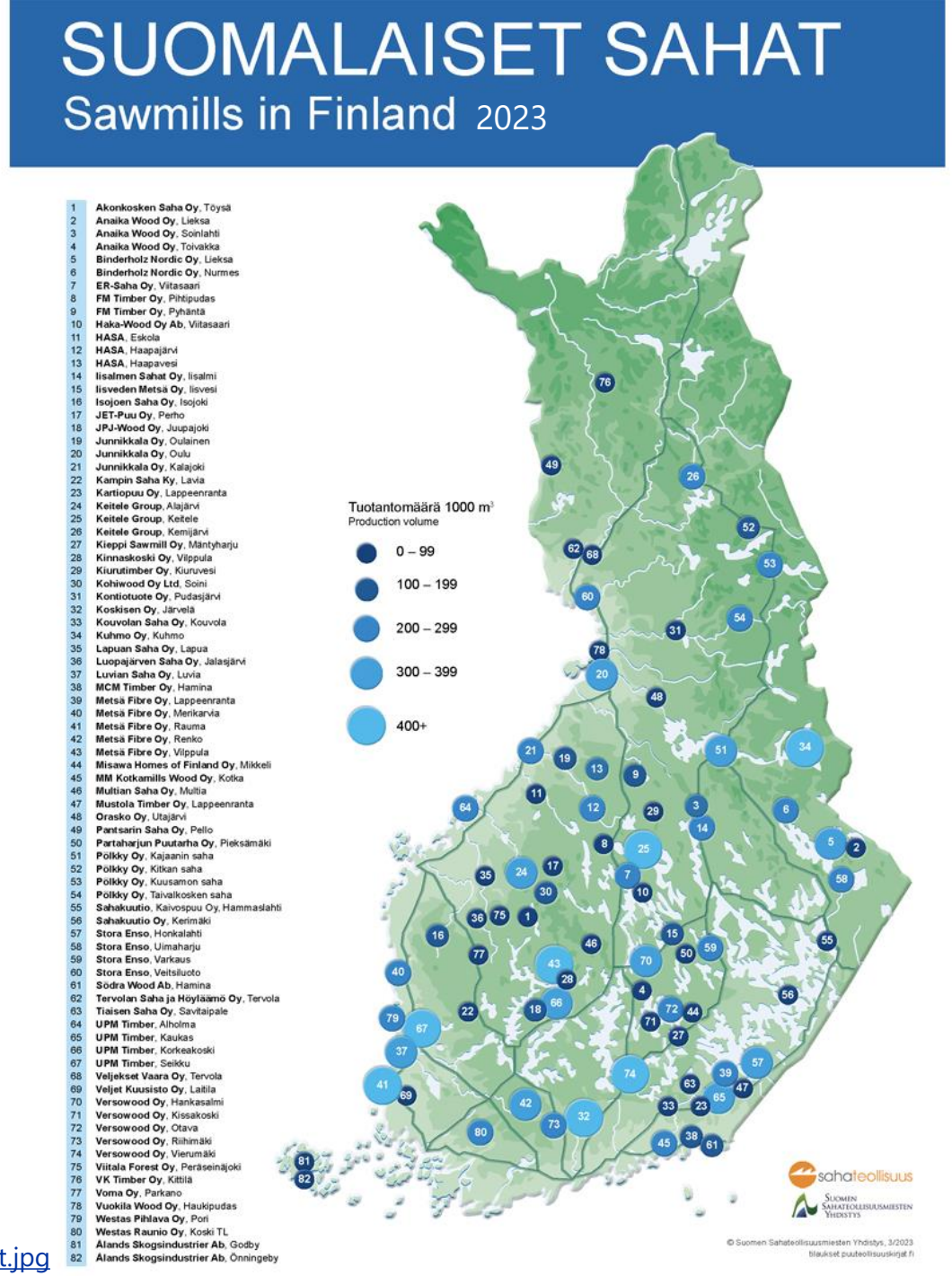
Erkki Oksanen

Luke

Co-funded by the European Union

Sahat ja sahatavaran tuotanto Suomessa

- Suomessa on ~80 teollista sahaa
- Tuotanto 11 miljoonaa m^3 vuodessa (2022)
- Raaka-aineena tukkipuu: yli 26 milj. m^3
  - Suurin osa kuusitukkia (~14 milj. m^3)
- Sahatavaran kokonaisvienti: hieman yli 8,5 milj. m^3
  - Euroalue: 2,6 milj. m^3
    Aasia: 2,8 milj. m^3
    Afrikka: 1,8 milj. m^3
  - Viennin arvo ~2,6 miljardia euroa (2022)



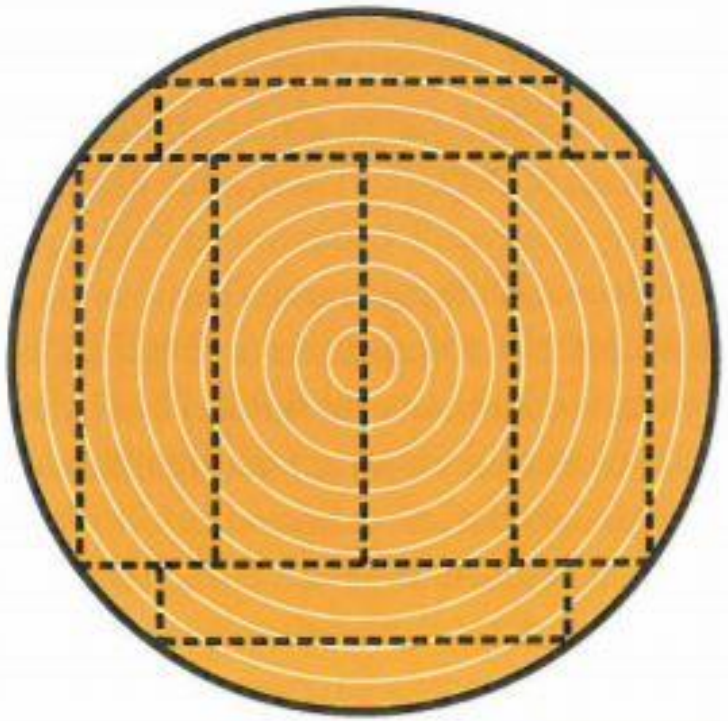
https://stmy.fi/wp-content/uploads/2024/04/stmy_kartat.jpg

Luke

Co-funded by the European Union

© Luke

Sahan materiaalitase



2,2 m³ tukkia =

1,0 m³ sahatavaraa
0,7 m³ haketta
0,3 m³ purua
0,2 m³ kuorta

- 2,2 m³ tukkipuuta
  - →1,0 m³ (45 t-%) sahatavaraa
  - →0,7 m³ (32 t-%) haketta
  - →0,3 m³ (14 t-%) purua
  - →0,2 m³ (9 t-%) kuorta
- Tarkat lukemat vaihtelevat laitoksittain ja raaka-aineittain
- Hake massanvalmistukseen
- Sahanpurusta rakennus- ja huonekalulevyjä tai pellettiä
- Kuori poltetaan energiaksi (usein myös ainakin osa purusta)
- Valmistuksen jälkeen tuotteiden ja sivuvirtojen kosteuspitoisuus sama kuin tuoreen puun: 50-60 p-%

https://puutuoteteollisuus.fi/faktoja-ja-ohjeita/puunkaytto-ja-tuotanto
(alkuperäinen kuva Tapion taskukirjasta)

© Luke

Tuotteiden ominaisuudet

- Sahahake kaupataan ja kuljetetaan sellutehtaalle sellaisenaan (kosteuspitoisuus 50-60 p-%)
- Kuori ja sahanpuru poltetaan sellaisenaan (kosteuspitoisuus 50-60 p-%)
- Kaupallisen sahatavaran kosteuspitoisuus normaalisti 20 p-%
- Huonekalusahatavaran kosteuspitoisuus 10-15 p-%
- Pelletin kosteuspitoisuus 8–10 p-%

→**Suuri osa sahan tuotteista on kuivattava**

Puu imee kosteutta ympäröivästä ilmasta, joten kuivattu sahatavara tulee varastoida oikein!

Erkki Oksanen

Luke

Co-funded by the European Union

Kuivausmenetelmät teollisilla sahoilla

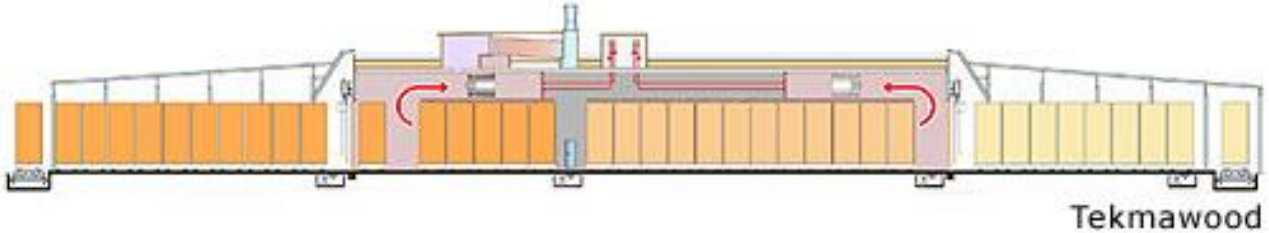
© Luke

- Kuivaus tehdään koneellisesti
- Normaalissa ilmanpaineessa tapahtuvassa sahatavaran kuivauksessa kuivausilman lämpötila on 50–130 °C käytetyn menetelmän mukaan
- Sivutuotteita voidaan kuivata ilmavirralla, joka kulkee kuori- tai purukerroksen läpi
  - Matalalämpötilaisen (T < 90 °C) hukkalämmön hyödyntäminen mahdollista
  - Matala lämpötila → haihtuvia orgaanisia yhdisteitä höyrystyy vähän (pienempi tulipalojen riski)
  - Energiankulutus tyypillisesti 1,0-1,2 kWh/kg haihdutettua vettä

Eri kuivausmenetelmien energiankulutus

Menetelmä	Energiankulutus, kWh/kg vettä
Kanavakuivaus	0,8 – 1,0
Kamarikuivaus	1,2 – 1,8
Kuumakuivaus	0,8 - 1,0
Alipainekuivaus	0,6 - 1,0

Lähde: Veikko Möttönen, Luke



Kaksivaiheinen kanavakuivaamo, jossa ilman kiertosuunnat ovat vyöhykkeissä vastakkaiset
https://puuproffa.fi/puutieto/puun-kuivaus/kanavakuivaamo/

Luke

Co-funded by the European Union

Lämmöntuotanto sahoilla

- Sahojen tarvitsema lämpöenergia saadaan normaalisti sivutuotteita – kuorta ja sahanpurua – polttamalla
- Havupuun kuoren lämpöarvo: 10,0 MJ/kg eli 2,78 kWh/kg (kosteutta 50 p-%)
- Sahanpurun lämpöarvo: 8,33 MJ/kg eli 2,31 kWh/kg (kosteutta 50 p-%)
- Polttoaineiden korkea kosteuspitoisuus heikentää polttoprosessin energiatehokkuutta

Polttoaineiden kuivaus parantaisi polttoprosessin energiatehokkuutta

Erkki Oksanen

Luke

Co-funded by the European Union

Sivutuotteiden potentiaali

- Sahahake myydään sellutehtaille käypään hintaan
- Kuivatusta sahanpurusta voi tehdä pellettiä: kuluttajahinta 446 euroa/t (keskimäärin 2024-25)
- Havupuun kuoresta voi uuttaa lämpimällä vedellä mm. tanniineja
  - Voidaan käyttää mm. liimoissa, biosideina tai nahan parkitsemisessa
  - Kuusen kuoresta uutettujen tanniinien rahallinen potentiaali Suomessa laskennallisesti ainakin 80 milj. euroa
  - Kuoresta voidaan uuttaa myös muita arvokkaita komponentteja (hemiselluloosa, pektiini, stilbeenit jne.)
- Kuoren kiinteästä uuttojäännöksestä mahdollista valmistaa levyjä mekaanisilla prosesseilla, tai erottaa kuituja mekaanisesti ja/tai kemiallisesti

Luke

Co-funded by the European Union

Tilastokeskuksen tietokanta:
https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ehi/statfin_ehi_pxt_12gv.px/
K. Ruuttunen, blogi:
https://www.luke.fi/fi/blogit/mutta-kaypaa-rahaa-jos-poltetaan-se-ajatus-kylla-hairitsee

Laskuesimerkki 1: Vain sahatavara kuivataan

© Luke

Oletukset

- Sahan vuosituotanto 450 000 m^3 (70 % mänty, 30 % kuusi)
- Kosteuspitoisuus 55 p-%
- Sahatavaran kuivauksen energiankulutus: 1,0 MWh/t H_2O

Skenaario 1: Kuivataan vain sahatavara (kuiva-ainepitoisuudet annettu)				
Sahatavara	80 %			
Kuori	45 %	Ei kuivausta		
Sahanpuru	45 %	Ei kuivausta		
Sahahake	45 %	Ei kuivausta		
	Tuoremassa, t/a	Kuivatun tuotteen m, t/a	Vettä haihdutettu, t/a	Energiantarve, MWh/a
Sahatavara	408 000	229 500	178 500	178 500
Kuori	82 456	82 456	0	0
Sahanpuru	86 586	86 586	0	0
Sahahake	101 700	101 700	0	0
Yhteensä	*678 742*	*500 242*	*178 500*	*178 500*

Luke

Co-funded by the European Union

Laskuesimerkki 2: Sahatavara ja sahanpuru kuivataan

© Luke

Oletukset

- Sahan vuosituotanto 450 000 m^3 (70 % mänty, 30 % kuusi)
- Kosteuspitoisuus 55 p-%
- Sahatavaran kuivauksen energiankulutus: 1,0 MWh/t H_2O
- Sahanpurun kuivauksen energiankulutus: 1,1 MWh/t H_2O

Skenaario 2: Kuivataan sahatavara ja puru (kuiva-ainepitoisuudet annettu)				
Sahatavara	80 %			
Kuori	45 %	Ei kuivausta		
Sahanpuru	85 %	Pelletöintiin		
Sahahake	45 %	Ei kuivausta		
	Tuoremassa, t/a	Kuivatun tuotteen m, t/a	Vettä haihdutettu, t/a	Energiantarve, MWh/a
Sahatavara	408 000	229 500	178 500	178 500
Kuori	82 456	82 456	0	0
Sahanpuru	86 586	45 840	40 746	45 269
Sahahake	101 700	101 700	0	0
Yhteensä	*678 742*	*459 496*	*219 246*	*223 769*

Luke

Co-funded by the European Union

Laskuesimerkki 3: Sahatavara ja sahanpuru kuivataan (huonekaluteollisuus)

Oletukset

- Sahan vuosituotanto 450 000 m^3 (70 % mänty, 30 % kuusi)
- Kosteuspitoisuus 55 p-%
- Sahatavaran kuivauksen energiankulutus: 1,0 MWh/t H_2O
- Sahanpurun kuivauksen energiankulutus: 1,1 MWh/t H_2O

Skenaario 3: Kuivataan sahatavara ja puru (kuiva-ainepitoisuudet annettu)				
Sahatavara	88 %			
Kuori	45 %	Ei kuivausta		
Sahanpuru	85 %	Pelletöintiin		
Sahahake	45 %	Ei kuivausta		
	Tuoremassa, t/a	Kuivatun tuotteen m, t/a	Vettä haihdutettu, t/a	Energiantarve, MWh/a
Sahatavara	408 000	208 636	199 364	199 364
Kuori	82 456	82 456	0	0
Sahanpuru	86 586	45 840	40 746	45 269
Sahahake	101 700	101700	0	0
Yhteensä	*678 742*	*438 632*	*240 110*	*244 633*

Luke

Co-funded by the European Union

© Luke

Loppukaneetit

© Luke

- Datakeskusten hukkalämmön käyttämisestä kuivausprosesseihin sahoilla on tehty vain joitakin kokeita
- UPM Timberin Korkeakosken saha tehostaa energiankäyttöään hukkalämpöä hyödyntävällä lämpöpumpulla (hukkalämpö on peräisin sahan omista prosesseista; T = 52–60 °C)
- Kuorta voisi kuivata hukkalämmöllä → polton energiatehokkuus paranisi
- Kuoren jatkojalostus kuumavesiuuton avulla yksinkertainen menetelmä → tanniineja talteen
- Kuumavesiuuton jälkeen kiinteää kuorijätettä olisi jäljellä vielä yli 90 % alkuperäisestä kuorimateriaalin kuiva-aineesta
  - → polttoaineeksi
  - → arvokkaiden (kuitu)tuotteiden tai vaikka kasvualustojen valmistus

Luke

Co-funded by the European Union

https://www.upmtimber.com/fi/Artikkeleita/timber/22/UPM-Korkeakosken-saha-siirtyy-lampopumpputeknologiaan/

Datakeskuksen hukkalämmön hyödyntäminen: biokaasu ja kierrätys-lannoitteet

Erikoistutkija Kyösti Ruuttunen
Luonnonvarakeskus

22.10.2025

Sari Luostarinen

Co-funded by the European Union

Biokaasuprosessin lämpötila ja kaasun tuotanto

- Yleisin biokaasuteknologia Suomessa: mesofiilinen märkäprosessi (T = 30–42 °C, k.a.p. 5–12 %, viipymä 20–40 vuorokautta)
- Termofiilinen märkäprosessi myös mahdollinen (T = 43–55 °C, k.a.p. 5–12 %, viipymä 15–35 vuorokautta)
- Termofiilisessä prosessissa parempi metaanisaanto, mutta prosessin hallinta on vaikeampaa
- Puhdistettu metaani voidaan polttaa lämmöksi ja sähköksi CHP-laitoksessa (*Combined Heat and Power*), tai sitten metaani markkinoidaan ulkopuolisille toimijoille esimerkiksi liikennepolttoaineeksi
- Jos lämpö prosessin lämmittämiseen saadaan ulkopuolelta (esim. datakeskuksen hukkalämmöstä), metaania säästyy

Luke

Co-funded by the European Union

Mädäte lannoitteena

- Biokaasun muodostuessa raaka-aineliete muuttuu mädätteeksi
  - orgaaninen aines hajoaa
  - kuiva-ainepitoisuus ja happamuus pienenevät
  - ravinteet (mm. typpiyhdisteet) muuttuvat liukoisempaan muotoon
  - liete muuttuu fyysisiltä ominaisuuksiltaan homogeenisemmäksi
- Mädäte on ravinteiden koostumuksen ja levitettävyyden perusteella parempaa lannoitetta pelloille kuin esimerkiksi prosessin raaka-aineena usein käytettävä lietelanta
  - Pienet laitokset: levitys pellolle lietteenä
  - Suuret laitokset: voi olla kannattavaa kuivata ja pelletöidä

Erkki Oksanen

Luke
Co-funded by the European Union

Mädätteen kuivaus

- Kun biokaasulaitoksen koko teollista mittaluokkaa (syötteen määrä yli satatuhatta tonnia vuodessa), mädätteen kuivaus voi olla kannattavaa → kierrätyslannoite
- Veden poistaminen
  1. Mekaaninen poisto: linkous tai suodatus → nestejae ja kuivajae
  2. Kuivajakeen terminen kuivaus & hygienisointi → pelletöinti → fosforipitoinen lannoite
  3. Nestejakeen strippaus → ammoniakin talteenotto → typpipitoinen lannoite
- Mekaaninen vedenpoisto: energiankulutus ~3 kWh/t mädätettä
- Termisen kuivaamisen energiankulutus 0,7–1 MWh yhtä haihdutettua vesitonnia kohti
- Kuivaus ennen pelletöintiä tehdään vähintään 90 %:n kuiva-ainepitoisuuteen

Luke

Co-funded by the European Union

Tase-esimerkki

- Maatilamittakaavan biokaasulaitos:
  10 000 t/a syötettä (90 % naudanlanta, 10 % ylijäämäsäilörehu)
- Ka-pitoisuus 11 % (TS), orgaanista ainesta (VS) 83 p.% TS
- Hydraulinen viipymäaika (HRT) 50 vrk
- Metaanin tuottopotentiaali 244 Nm^3/t VS, toteuma 86 %
- Biokaasun metaanipitoisuus 63,5 til.%
- Dekantterilinko → 25 %
- Hihnakuivuri → 90 %

https://maaseutuverkosto.fi/manual-projects/farmgas-ps-3-kohti-biokaasutuotannon-kayttoonottoa-pohjois-savossa-iii/

Euroopan unionin osarahoittama

https://maaseutuverkosto.fi/manual-projects/farmgas-ps-3-kohti-biokaasutuotannon-kayttoonottoa-pohjois-savossa-iii/

ENERGIATASE	Energiankulutus			
	kWh/t	MWh/a	kWh/h	Osuus
Mädätteen separointi (dekantterilinko)	3[a]	29	3	1,7 %
Kuivajakeen kuivaus (hihnakuivain)	838[b]	1 277	152	75,4 %
Reaktorin sekoitus (lapasekoitin)	4[c]	36	4	2,1 %
Reaktorin lämmitys	32[d]	325	39	19,2 %
Prosessin muu energiantarve	N/A	33[e]	3[e]	1,5 %
Kokonaismäärä	N/A	1 700	202	100,0 %
	Biokaasun tuotanto ja energiasisältö			
	Nm^3/a	kWh/Nm^3	MWh/a	kWh/h
Tuotettu metaani	192 726	10	1 927	229

a) Sähkönkulutus separoitavaa mädätetonnia kohti
b) Energiankulutus haihdutettua vesitonnia kohti (sisältäen tarvittavan lämmön ja sähkön)
c) Tarvittava sekoitusteho 3 W/m^3 syötettä
d) Arvioitu, että syöte lämmitetään 12 °C:sta 40 °C:een, ominaislämpökapasiteetti sama kuin vedellä
e) Kirjoittajan arvio energiankulutuksesta (2 % nimettyjen laitteiden energiankulutuksesta)

Mädätteen tuotteistaminen ei kannatta ilman ulkopuolista energiaa!

Euroopan unionin osarahoittama

Yhteenveto

- Datakeskuksen hukkalämmöllä voidaan parhaassa tapauksessa lämmittää biokaasureaktoria ilman, että hukkalämmön lämpötilaa nostetaan, koska reaktorin lämpötila on suhteellisen matala (T = 30–42 °C)
- Kaupallisten kierrätyslannoitteiden valmistus vaatii ulkopuolista lämpöenergiaa (T = 70–180 °C)
- Suomessa tuotetun biokaasun energiasisältö 1 TWh (2019), tuotanto halutaan nelinkertaistaa vuoteen 2030
- Orgaanisiin kierrätyslannoiteisiin tai maanparannusaineisiin käytetään nyt vain ~10 % Suomen ravinnerikkaista jätteistä
    - Määrää pyritään lisäämään lähivuosina → lämpöenergian tarve biokaasun ja kierrätyslannoitteiden valmistuksessa lisääntyy

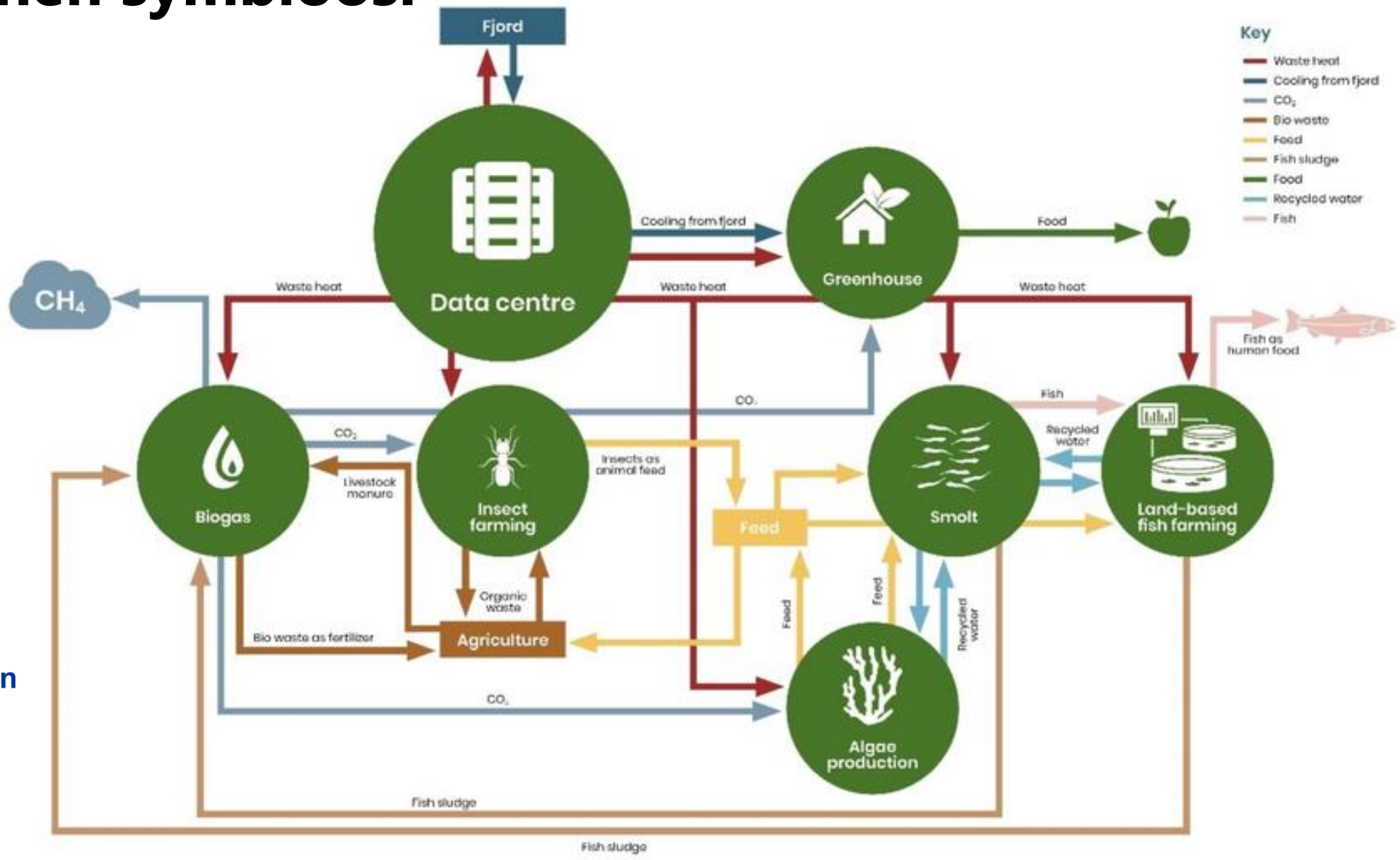
Datakeskusten hukkalämmölle kasvava tarve!

Luke

Co-funded by the European Union

https://biokierto.fi/wp-content/uploads/2024/05/Biokaasun-tuotanto-ja-kaytto-Suomessa-2030-2035-ja-2040-artikkeli-10052024.pdf

Visio: Teollinen symbioosi



Co-funded by the European Union

Luke

Green Mountain (Svein Atle Hagaseth): https://www.datacenterdynamics.com/en/opinions/data-centers-contribution-to-a-true-circular-economy/

© Luke

© Luke

Euroopan unionin osarahoittama

KAMK • University of Applied Sciences

CSC

Luke
LUONNONVARAKESKUS

Konesalien hukkalämmöt hyödyksi -hanke

Kiitos mielenkiinnosta!

luke.fi

© Luonnonvarakeskus
© Natural Resources Institute Finland
© Naturresursinstitutet