



HABA

Biokaasusta erotetun hiilidioksidin talteenotto

Eemeli Tsupari, Juho Kauppinen, Juha Toukola ja
Kirsikka Kiviranta VTT
Olli-Petteri Boman, Reteres

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Sisältö



HABA

- Miksi hiilidioksidin hyötykäyttö on järkevää
- Biokaasun jalostus CO₂-lähteenä
- VTT:n CO₂:n puhdistus- ja nesteytyskontti ("PuLi")
- PuLi-testit Mustankorkealla
- Kustannustarkastelu
- Yhteenveto

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

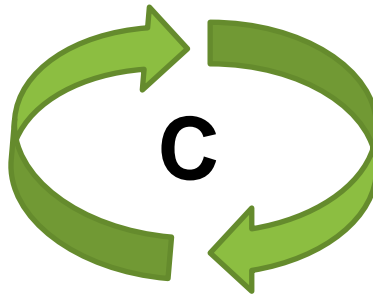


Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Hiilidioksidin erotus ja uudelleenkäyttö (CCU)

Vaikeasti vältettävät CO₂-lähteet

- Biologinen hajoaminen
- Kalkki- ja sementti
- Jätteenpoltto

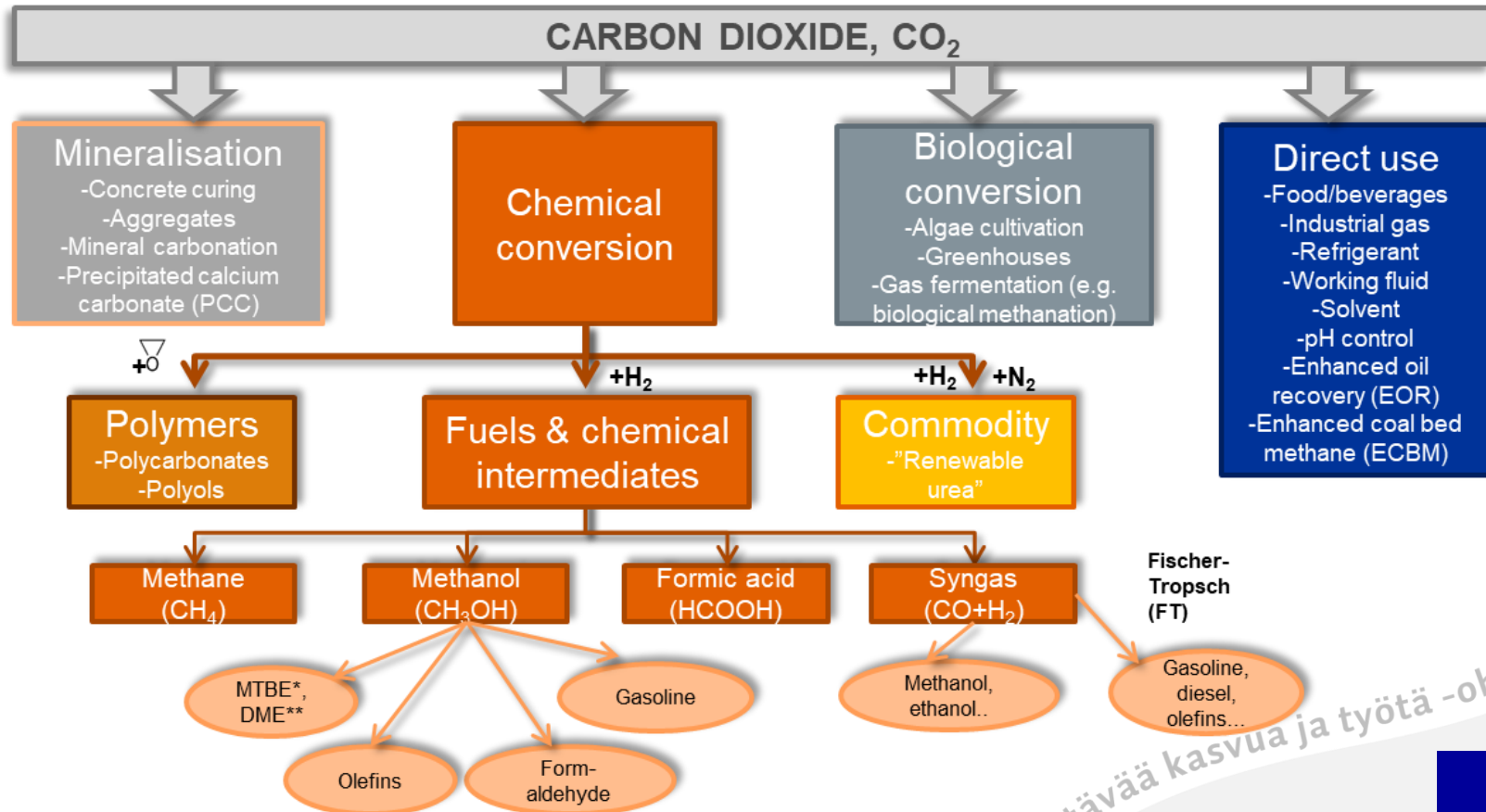


Vaikeasti korvattavat hiilipitoiset tuotteet

- Muovit
- Kerosiini
- Teräkset
- jne.

CCU ei saa legitimoida CO₂:n tuottamista ja esim. päästökauppa onkin linjakasta tämän kanssa. Päästöjä ei kuitenkaan pidä kaksoislaskea, eli CCU-tuotteet ovat hiilineutraaleja.

Hiilidioksidille on paljon käyttökohteita ja -mahdollisuuksia



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Maakaasun reformointi nykyisenä lähteenä Kaasukriisi ja elektrolyysit vähentävät tarjontaa pysyvästi?

**Hiilidioksidipula sulkee panimoita Euroopassa -
Suomalaispanimon johtaja: "Tällaista tilannetta ei ole
aiemmin ollut"**

28.9.2022 04:30 **ENERGIA** KAASU KANSANTALOUS TEOLLISUUS ELINTARVIKKEET

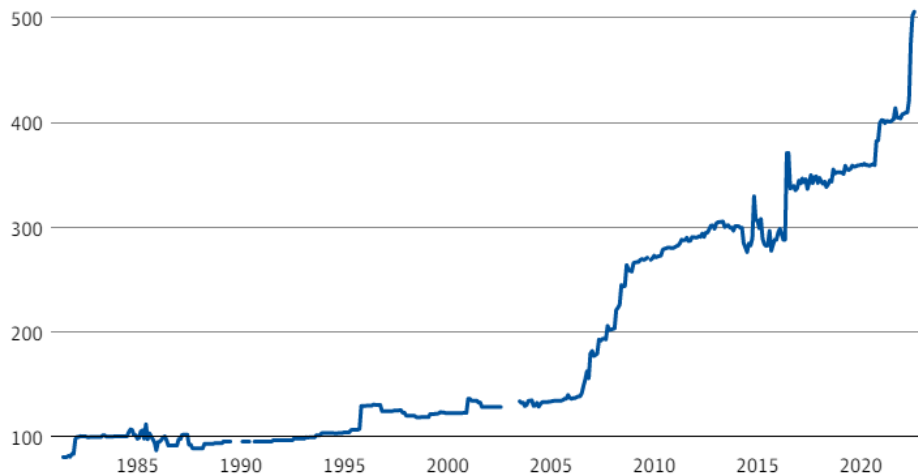


Pulaa. Hiilidioksidista on ollut Suomessa ajoittain pulaa. Kuvassa Linden hiilidioksidilaitos.
KUVA: LINDE

Energiakriisi on johtanut hiilidioksidipulaan, koska raaka-ainetta on niukasti tarjolla. Ilman kaasua virvoitusjuomat eivät valmistu. Saksassa panimoita on jo suljettu.

Hinta pompannut tänä vuonna roimasti

Teollisesti valmistetun hiilidioksidin hintaindeksi (kausitasoittamaton)
1982 = 100



LÄHDE: FEDERAL RESERVE BANK OF ST. LOUIS

Biokaasun puhdistus liikennekaasuksi on erinomainen CO₂ lähde CCU:hun

Pistelähteinä kuitenkin suhteellisen pieniä



CO₂ POTENTIAL OF GASUM BIOGAS

All CO₂ in produced biogas: 114 000 tn/a

- 40 000 tn/a at > 95 % CO₂ conc.
- 64 000 tn/a at ~15 % CO₂ conc.
- 10 000 tn/a – no current CO₂ stream (no upgrading)

*Note that potentials are indicative mximum potentials – actual production is depending on operation

- Gasum biogas plant
- Gasum upgrading plant
- Gasum biogas plant under construction

Lähde: https://www.jamk.fi/sites/default/files/2023-01/Gasum_Hackathon_Biogenic_CO2_to_use_19122022.pdf

Mahdollisuus tuottaa lisää metaania

- Erotetun hiilidioksidin ja vedyn biologinen tai katalyyttinen metanointi
 - Eri asia kuin vedyn syöttö suoraan mädätysreaktoriin, jota tutkittiin TP1.2:ssa ("vetyrikastus")
- Synergia- ja kokoluokkaedut esim. tankkausinfran kanssa
- Taloudellinen kannattavuus vaatii tukia tai erittäin halpaa sähköä
 - Operointi kannattaa kun myytävän kaasun kWh-hinta on likimain kaksinkertainen sähkön kWh-hintaan verrattuna*, tai enemmän
 - Väliin pitäisi jäädä vielä katetta niin, että CAPEX saadaan maksettua

*Huomioimatta mahdollisia tuloja hapesta ja lämmöstä.
Niiden hyödyntäminen voi parantaa taloutta merkittävästi

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



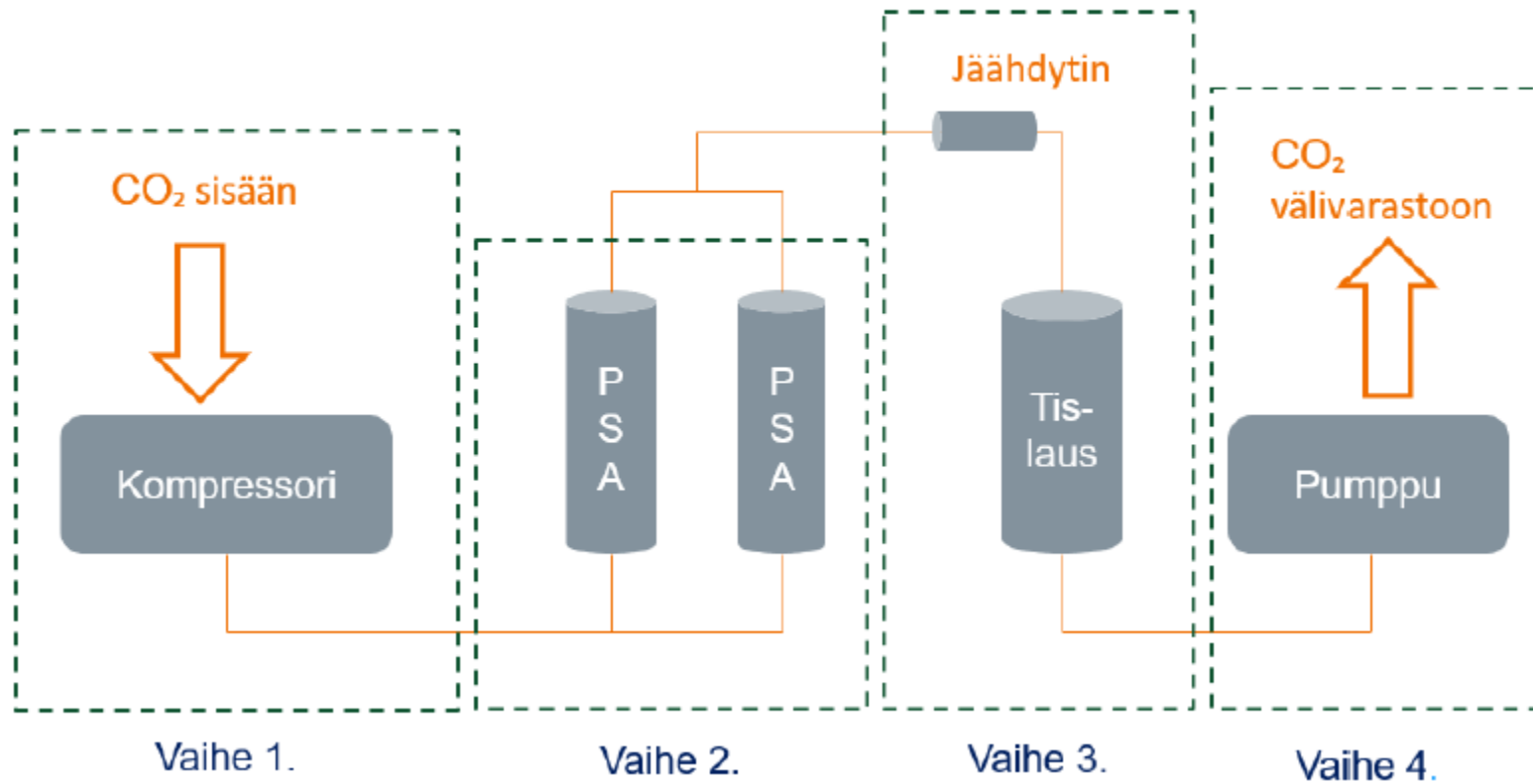
VTT's CO₂ purification and liquefaction unit ("PuLi") for small but good CO₂ sources

- Invested in Haba project with EAKR funding 2022-2023
 - Supplied by Specialty Fuels Ltd.
- Tested at Mustankorkea spring 2023
- See more <https://www.habahanke.fi/>



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

PuLi:n toimintaperiaate



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Hiilidioksidin paineistuskokeet Mustankorkealla helmi- maaliskuussa 2023



HABA



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020





HABA

- Kontti kuljetettiin Mustankorkean biokaasulaitokselle 9.2.
- Aluksi mitattiin biokaasulaitoksen jalostusyksikön poistokaasun kaasukonsentraatioita
- Mittauksien perusteella suunniteltiin kuinka kompressorin käyttöä päästäisiin kokeilemaan
- Tehtiin kokeita kompressorilla
- Kontti kuljetettiin takaisin VTT:lle 4.4.

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma



Mittaukset



HABA

- FTIR, O₂-analysointilaitteet sekä kaasukromatografi
- Saatiin selvyyttä miten hukka- ja kaasuvirta virtaa
- Saatiin varmuus hiilidioksidin sopivan korkeasta pitoisuudesta sekä metaanipitoisuuden alhaisuudesta. Myös happipitoisuus oli alhainen.

Kestävä kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

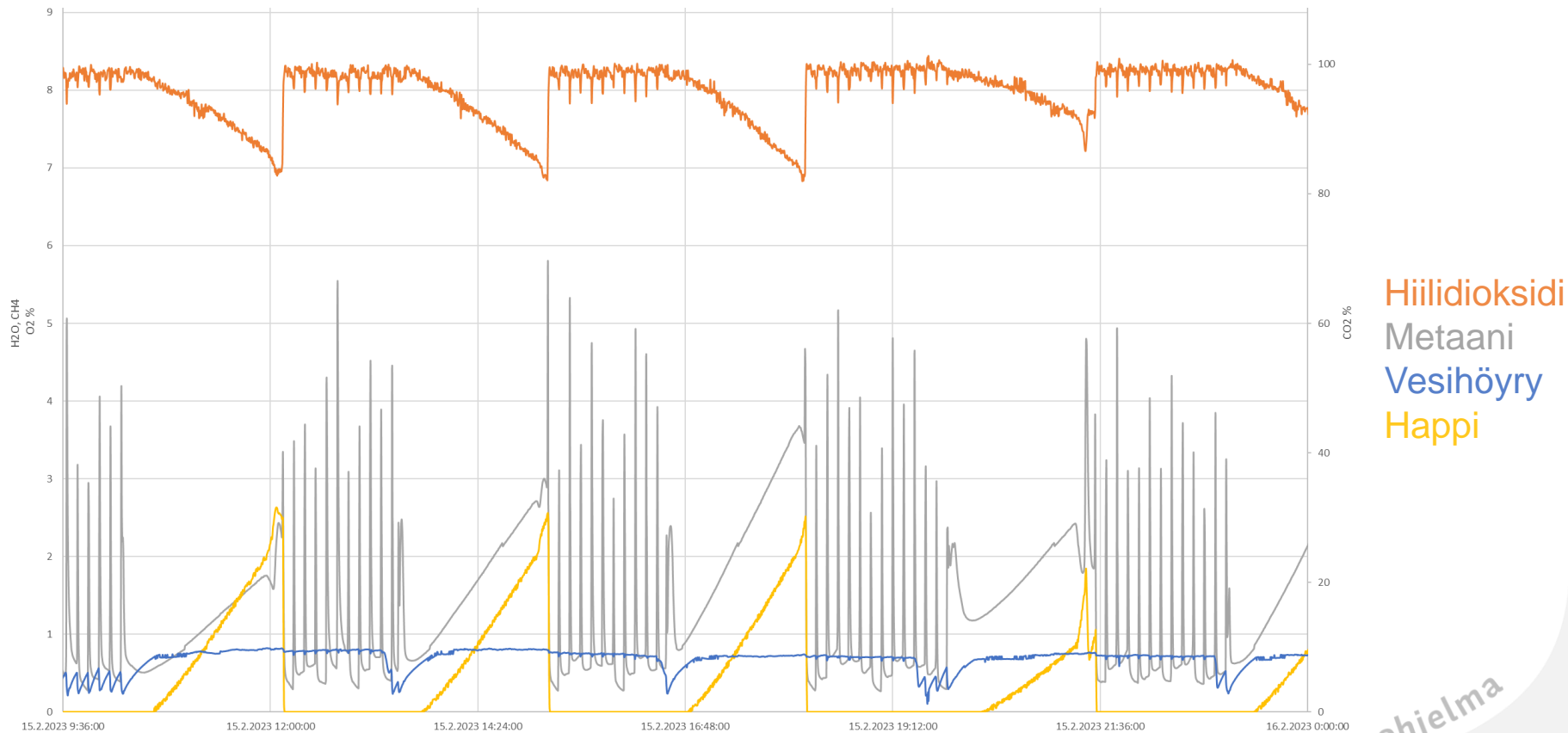


Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Kaasukonsentraatiot



HABA



↑
Näillä kohdin pystyttiin ottamaan kaasua kompressorille

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma



Kokemuksia PuLi:n toiminnasta

- Kuivaimet toimivat
- Paine nousee
- Hiilidioksidi nesteytyy
- Kondenssi jäätyy
- Kaasuerotin ei toimi halutulla tavalla
- Käyttö manuaalista, hankala säädettävä
- Kapasiteetti pieni. Saadaan suuremmaksi kun imua avarretaan.



Pitoisuuksia PuLi:n tuotekaasusta

	Ajon aikana	Seisova tilanne ja tislaukolonnin viilennys
H ₂ O	alle 100 ppm	alle 100 ppm
CO ₂	95 - 98 %	noin 100 %
CH ₄	0.5 - 0.8 %	parhimmillaan 0 %
O ₂	alle 0.1 %	0 %
N ₂	ei mitattu, mutta jotain	ei mitattu, mutta 0 %
Muuta	vähän	vähän

Oppeja ja jatkoa

- Hukkakaasu on sopivaa jatkopuhdistettavaksi ja talteenotettavaksi. Laatu ja määrä.
- Kaasuvirtauksen PuLi:lle tulisi olla tasainen → automatisoitu välisäiliö ennen kompressoria
- Kaasutislauksen tulisi toimia paremmin, jotta metaanijäämästä päästään eroon
- Kompressorilaitteen sensorointi ja automatisointi
- Öljyn + kondenssinerotin tarvitaan -> tilattu





HABA

Hiilidioksidin talteenoton kustannukset

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Tarkasteltavat kohteet

- Biokaasulaitokselta erotetun hiilidioksidin taloudellista kannattavuutta arvioidaan erilaisissa markkina- ja toimintaympäristössä
 - Tuotehiilidioksidin arvoa verrataan laitteiston investointi- ja operointikustannuksiin
- Laskennassa otetaan huomioon kaksi eri kokoluokan biokaasulaitosta
 - Laitos 1 kuvaa **suuren maatilan** biokaasulaitosta
 - Laitos 2 kuvaa **kunnallisen kokoluokan** biokaasulaitosta
- CO₂-paineistuslaitteiston mitoituksessa laitteiston sisään menevän kaasun tuntitason kapasiteetin oletetaan vastaavan biokaasulaitoksella erotetun vastaavan kaasuvirran kapasiteettia
 - Paineistuslaitteistoon oletetaan tasainen kaasuvirran syöttö

	Laitos 1	Laitos 2
	<i>Suuri maatila</i>	<i>Kunnallinen biokaasulaitos</i>
Syöte (t/v)	Naudan lietelanta 10 000 + säilörehu 1 000	Biojäte 14 000 + vesi 5 600 + mädätteen nestejäte 10 900
Raakabiokaasun tuotanto (m³/d)	980	6 650
CH₄-vol%¹	60%	60%
CO₂-laitteiston kapasiteetti²	32 kg/h	217 kg/h

Laskennassa käytettyjen esimerkkilaitosten lähtödatat.

¹ Loppuosa CO₂-laitteistolle

² Yksikkönä kg/h sisään menevää kaasua

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Hiilidioksidin paineistuslaitteiston investointi- ja operointikustannukset

- Investointikustannusten alustavassa arvioinnissa hyödynnettiin hankkeen aikana saatuja tietoja laitteiston investoinnista sekä havaituista parannustarpeista
 - Laskettiin myös skenaario, jossa laitteistolle saadaan investointituki
- Sähkön hinta-arviossa hyödynnetään Suomen vuoden 2021 spot-hinnan keskiarvoa (72 €/MWh)
 - Huomioon otetaan myös sähkön siirron kustannukset ja verot (16 €/MWh)
 - Oletuksena sähköveron osalta veroluokka II

Parametri	Arvo
Investointikustannus	0.5 M€/100 kg/h
Laskennallinen korkokanta	5%
Laitoksen pitoaika	20 vuotta
Skaalauskerroin	0.6
Käyttöaste vuodessa	95%
Operointi- ja huoltokulut	1% CAPEX
Sähkönkulutus	150 kWh/t
Sähkön hinta	72 €/MWh
Sähkön siirto ja verot	16 €/MWh
Syötekaasun CO ₂ -pitoisuus	97%
CO ₂ -hukka	1%
Investointituki	Laitos 1: 50% Laitos 2: 30%

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

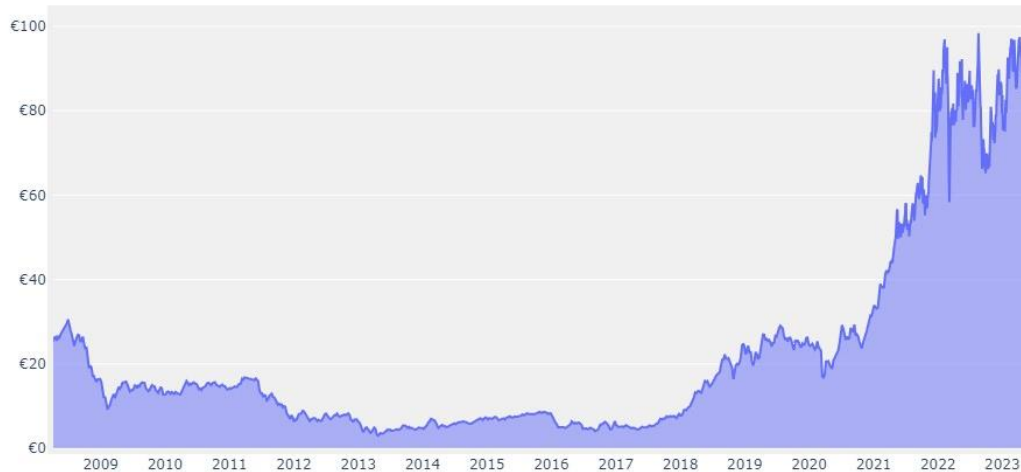
Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Paineistetun hiilidioksidin arvo

- Vuonna 2021 Suomessa myytiin teollista hiilidioksidia 190 000 tonnia ja myynnin kokonaisarvo oli 19.9 M€ [1]
 - Näiden tietojen perusteella teollisesti tuotetun hiilidioksidin keskiarvohinnaksi voidaan laskea **105 €/tCO₂**, jota käytetään myös laskennassa hiilidioksidin arvona
- Hiilidioksidin arvon spekuloinnissa voidaan hyödyntää myös päästökaupan tietoja
 - Pitkään jatkuneen matalan ja tasaisen hintakehityksen (~10-30 €/tCO₂) jälkeen hiilidioksidin päästöoikeuden hinta nousi äkillisesti vuodesta 2021 lähtien nykytasolleen (~70-100 €/tCO₂) [2]
 - Päästöoikeuden hintakehitys on nykyään myös huomattavasti volatiilimpaa



EU ETS päästöoikeuden hintakehitys (€/tCO₂) 2008-2023. Lähde [2].

[1] [Statistics Finland. 2021. Industrial output by PRODCOM](#)

[2] [Carbon Price Viewer - Sandbag Climate Campaign](#)

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

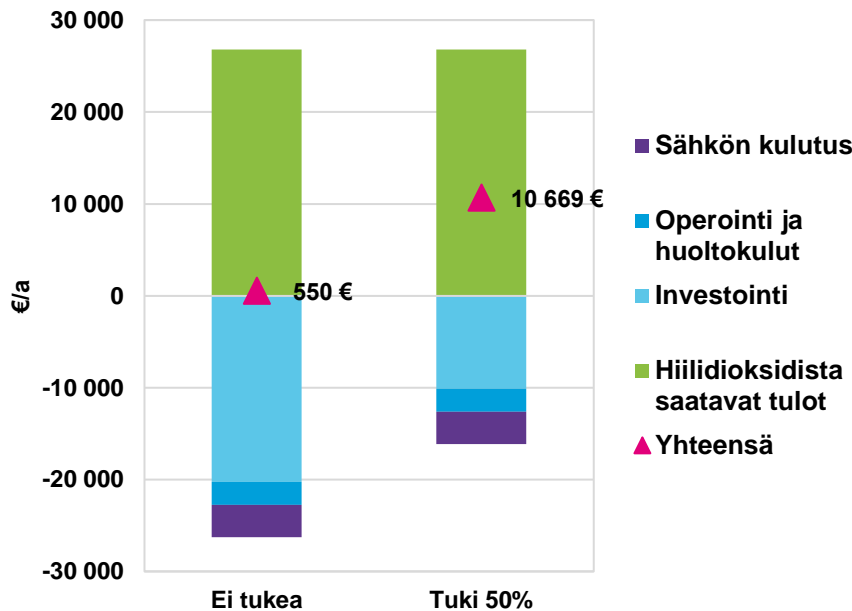
Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Maatilakokoluokka: kustannusjakauma

- Annettujen parametrien perusteella hiilidioksidin käsittelylaitteisto maatilakokoluokassa vaatii investointituen
 - Ilman tukea toiminta olisi rajallisesti kannattavaa: laskelmissa ei huomioida esimerkiksi hiilidioksidin myynnin logistiikkakuluja
- Käsittelylaitteiston investointikustannus on suurin yksittäinen kustannustekijä
 - Kustannukseen liittyy kuitenkin paljon epävarmuutta



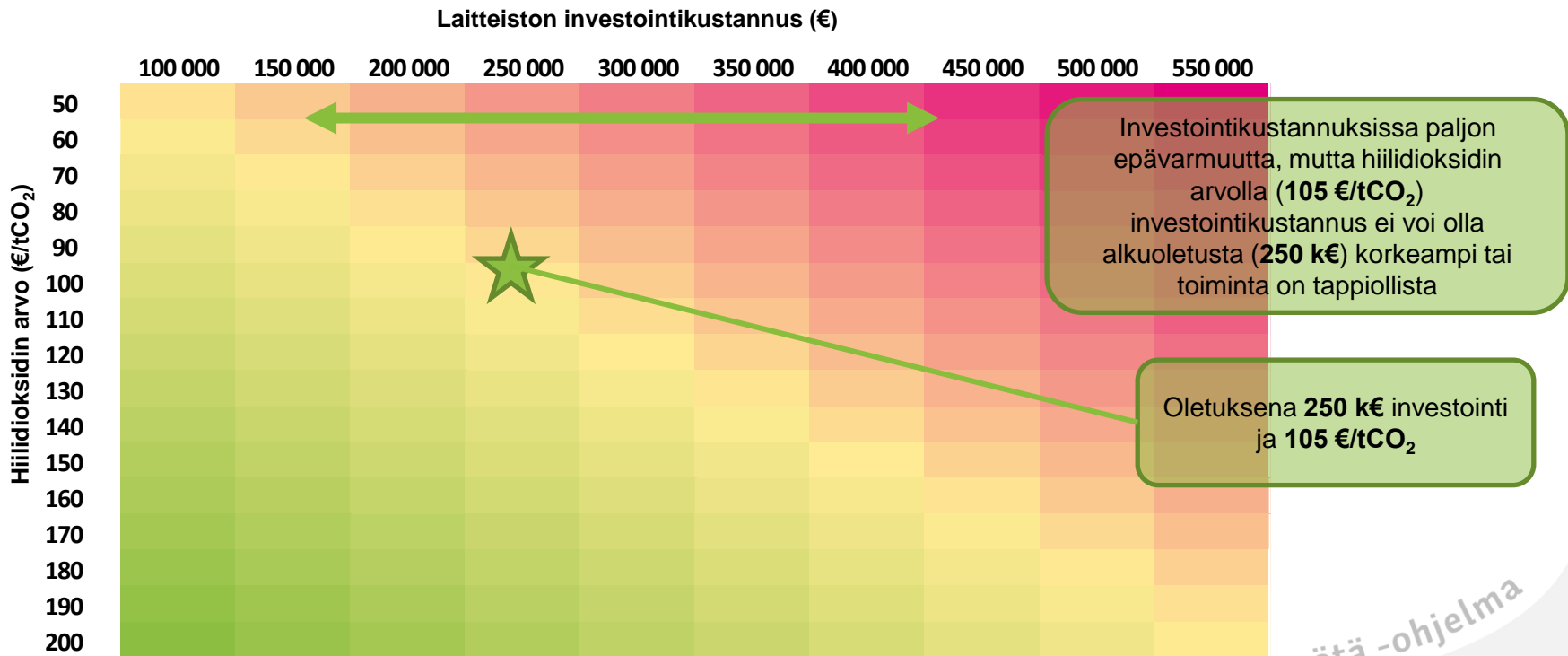
Parametri	Arvo
Paineistettavan kaasun tuntivirtaama	32 kg/h
Tuotteistettavan hiilidioksidin määrä vuodessa	255 t/a
Investointikustannus (ilman tukea)	250 k€
Vuotuinen sähköntarve	40 MWh/a

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Maatilakokoluokka: hiilidioksidin arvo ja laitteiston investointikustannus



Hiilidioksidin puhdistuksen kannattavuus paranee hiilidioksidin arvon noustessa: nykyisellä oletuksella investointikustannuksista hiilidioksidin arvon tulisi olla vähintään nykytason mukainen (~100 €/tCO₂)

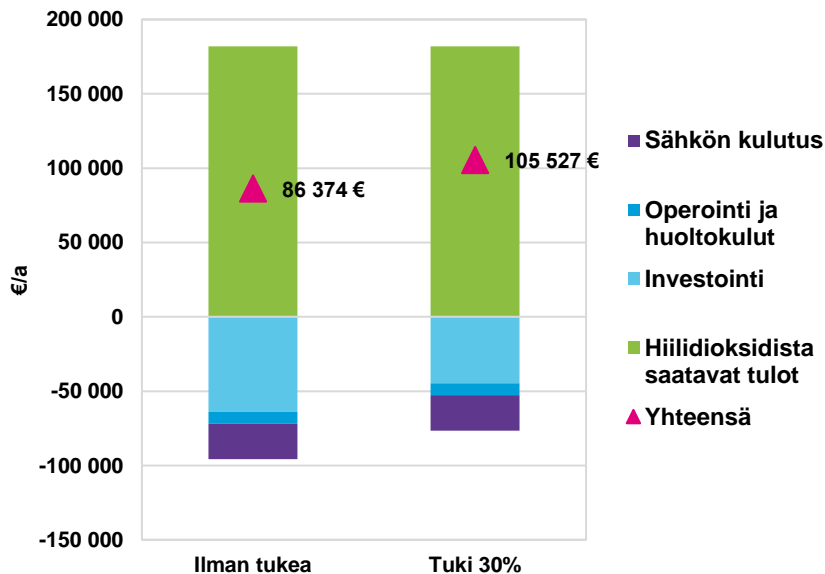
Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Kunnallinen biokaasulaitos: kustannusjakauma

- Annettujen parametrien perusteella hiilidioksidin paineistus ja myynti olisi kannattavaa myös ilman investointitukea (30%)
 - Skaalaetujen ansiosta investointikustannus on pienempi suhteessa maatilakokoluokkaan
- Tuotannon tulojen tulisi kattaa myös mm. hiilidioksidin myynnin logistiikkakulut, laitteiston ylläpito ja laadunvalvonta
 - Nyt operointi- ja huoltokulujen oletettu olevan 8 k€/a



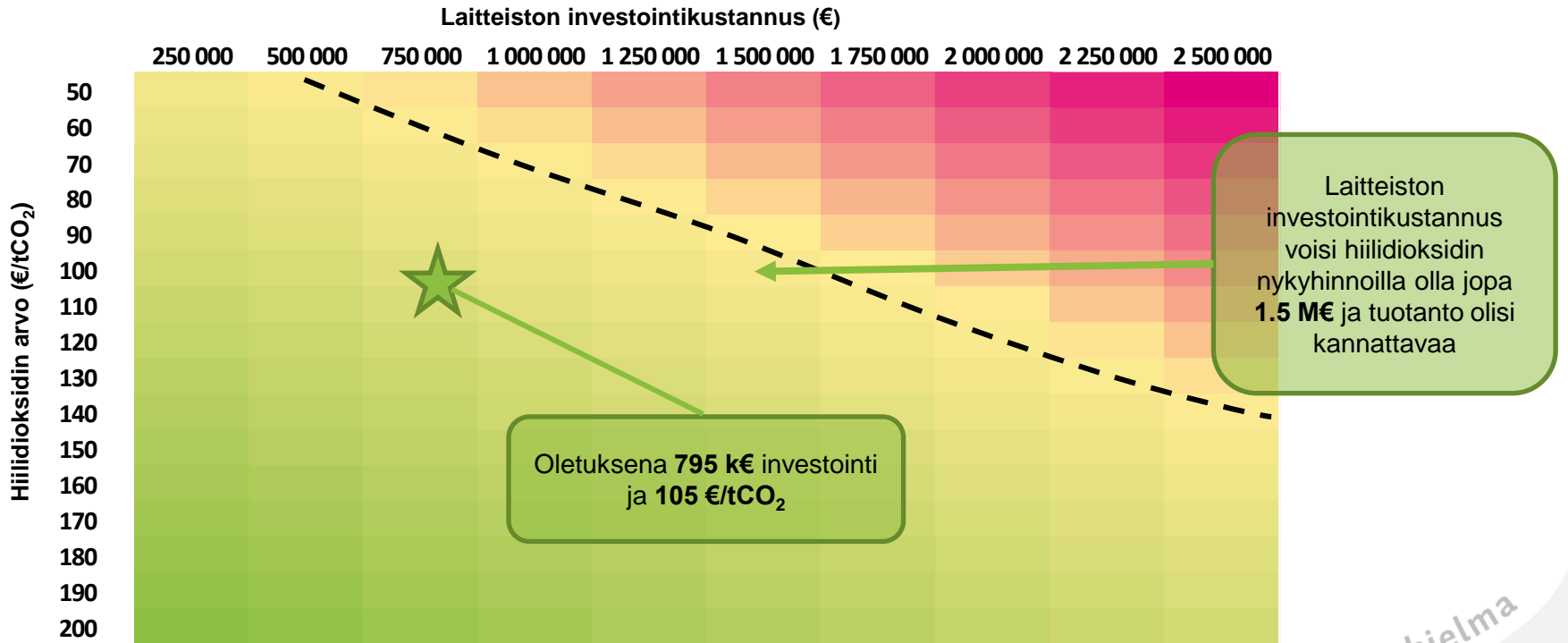
Parametri	Arvo
Paineistettavan kaasun tuntiviraama	217 kg/h
Tuotteistettavan hiilidioksidin määrä vuodessa	1 730 t/a
Investointikustannus (ilman tukea)	795 k€
Vuotuinen sähköntarve	270 MWh/a

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Kunnallinen biokaasulaitos: hiilidioksidin arvo ja laitteiston investointikustannus



Hiilidioksidin puhdistus olisi kannattavaa jo hiilidioksidin nykyhinnoilla (105 €/tCO₂) ja hinta voisi jopa laskea 60 €/tCO₂:iin asti puhdistuksen ollessa silti kannattavaa

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Yhteenveto

- Hiilidioksidille on paljon nykykäyttöä ja kasvava markkina
 - Lisäksi nykyinen tuotanto on vähenemässä?
- Biokaasun jalostus voi olla erinomainen mahdollisuus tuotteistaa myös CO₂ tai tehdä siitä lisää metaania
 - Biokaasulaitokset ovat usein kuitenkin verrattain pieniä
- Kokeet PuLi-kontilla osoittivat, että hiilidioksidi saadaan maltillisella investoinnilla paineistettua, kuivattua ja nesteytettyä pullopattereihin, mutta puhdistus vaatii monimutkaisemman ratkaisun
- Taloudellisesti kannattava talteenotto on hyvinkin mahdollinen suurimmilla biokaasulaitoksilla

