

# Puhtaan siirtymän investoinnit: perustiedot päätöksentekijöille

## Luento 4. Vaihtoehtoiset keinot

15.5.2025

Iivo Vehviläinen

# Ministeri Mykkänen T&T:lle: Suomi valmistautuu kieltämään hiilidioksidipäästöt piipunpäästä



KUVA: VESA LAITINEN

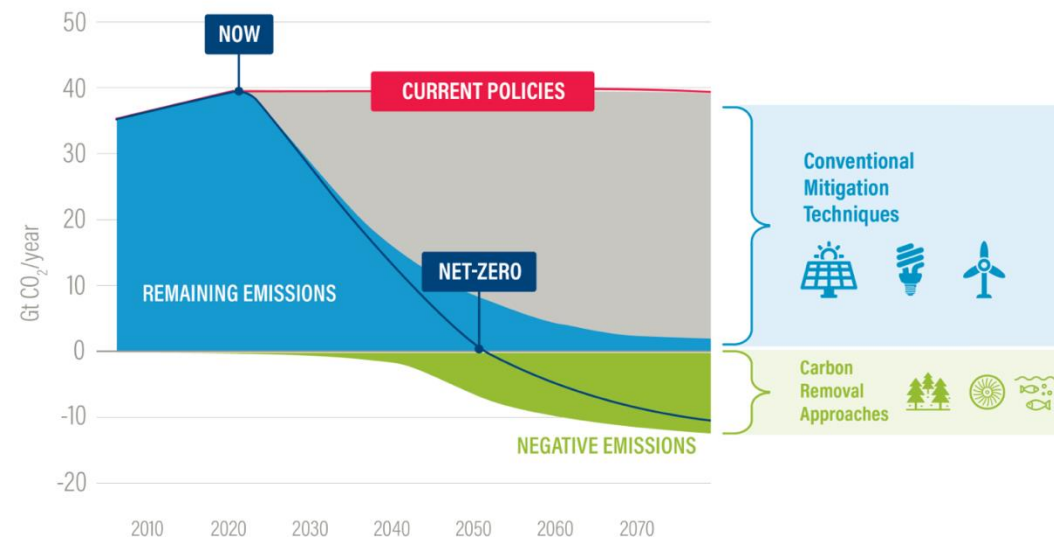
# Vaihtoehdot

## Vähennetään päästöjä lähteellää

- Energiankäytön vähentäminen
- Fossiilisten polttoaineiden käytön vähentäminen
- Hiilidioksidin talteenotto- ja varastointi (CCS)

## Kasvatetaan nieluja

- Maankäyttö, muutokset ja metsätalous (LULUCF)
- Bioenergia ja CCS
- Hiilidioksidin kaappaus ilmasta (DAC)



# Agenda

**Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (CCS)**

**Hiilidioksidin talteenotto ja käyttö tuotteina (CCU)**

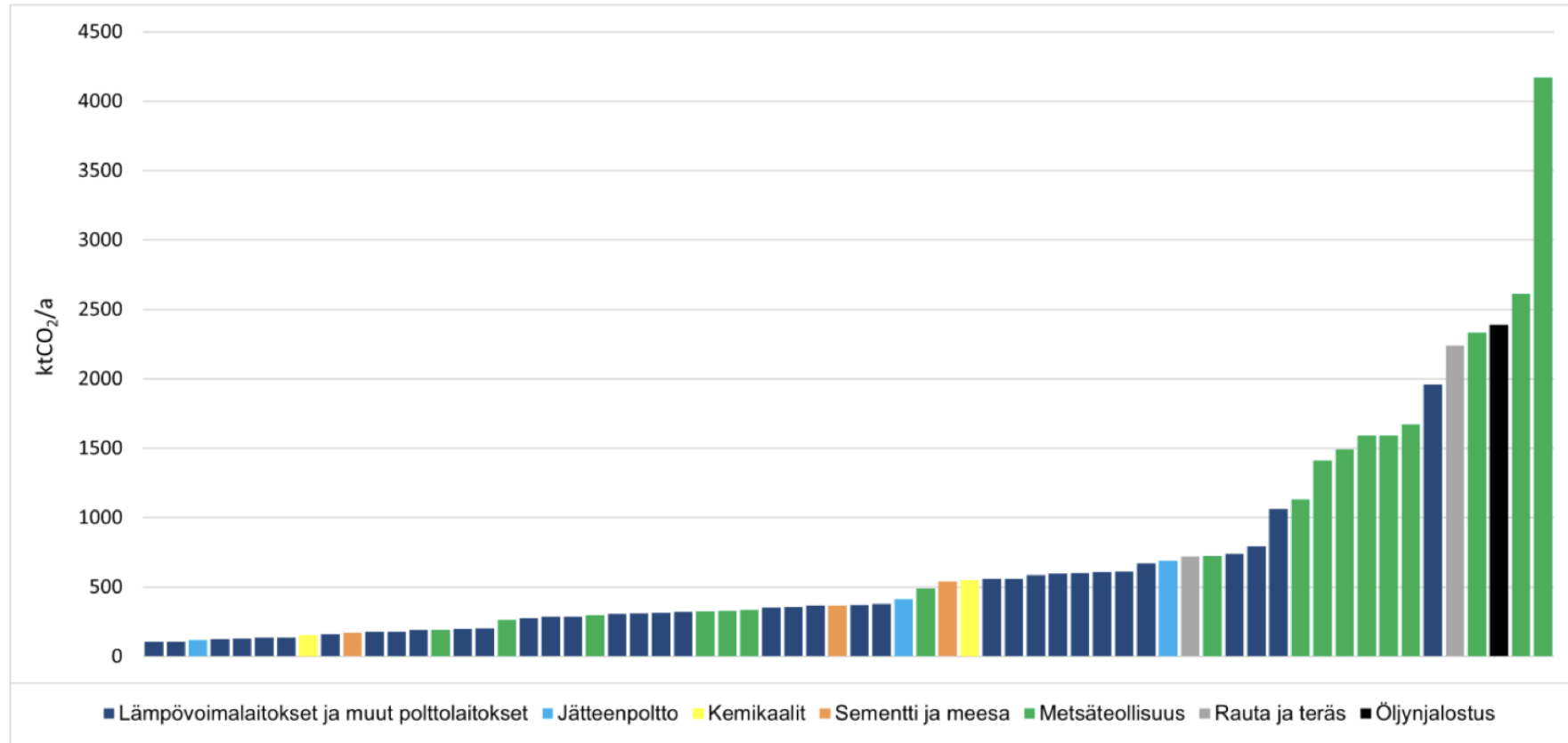
**Hiilidioksidin poistaminen ilmakehästä (CDR)**

# Päästöt piipunpäästä Suomessa

Teollisuuden ala	CO <sub>2</sub> -päästöt	Bioperäiset CO <sub>2</sub> -päästöt	Fossiiliset CO <sub>2</sub> -päästöt	Bioperäisten päästöjen osuus	Fossiilisten päästöjen osuus	Osuus kaikista päästöistä
	[MtCO <sub>2</sub> ]	[MtCO <sub>2</sub> ]	[MtCO <sub>2</sub> ]	[%]	[%]	[%]
Metsäteollisuus	20,9	19,6	1,4	93 %	7 %	47 %
Lämpövoimalaitokset ja muut polttolaitokset	15,1	8,0	7,1	53 %	47 %	33 %
Rauta ja teräs	3,0	0	3,0	0 %	100 %	7 %
Öljynjalostus	2,4	0	2,4	0 %	100 %	5 %
Jätteenpolttu	1,2	0,6	0,7	46 %	54 %	3 %
Sementti ja meesa	1,1	0	1,1	0 %	100 %	2 %
Kemikaalit	0,7	0	0,7	0 %	100 %	2 %
<b>Yhteensä</b>	<b>44,4</b>	<b>28,1</b>	<b>16,3</b>	<b>63 %</b>	<b>37 %</b>	

Suomen teollisten hiilidioksidipäästöjen määrä ja jakautuminen teollisuudenaloittain.

# Päästöt piipunpäästä



Fossiiliset ja bioperäiset päästöt laitoksittain jaoteltuna toimialan mukaisesti vuonna 2021

Ilmakehän kannalta sama, minkä piipun päästöistä puhutaan

# Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi

## Carbon Capture and Storage (CCS)

Vaiheet:

### 1. Talteenotto

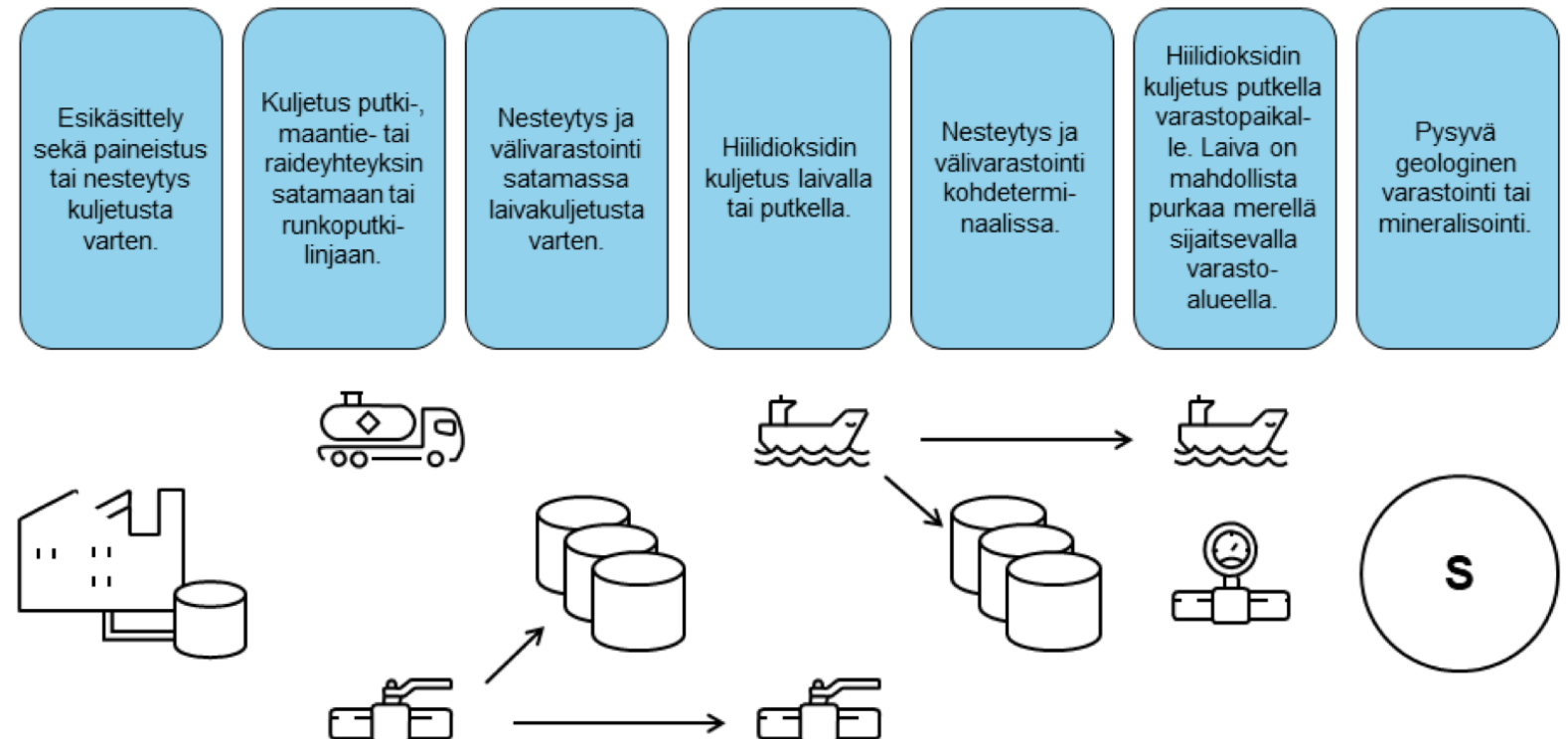
- Hiilidioksidin talteenotto laitospohjaisesti
- Toteuttamiskelpoinen isoissa yksiköissä

### 2. Kuljetus

- Suomesta sopiviin varastoihin: putkilyhteys rannikolle ja laivaus

### 3. Varastointi

- Geologiset rakenteet



# Esimerkki: Norjan Langskip



## Norjalainen CCS-projekti

- Suunnitelma vaiheittaisesta teollisen kokoluokan CCS-hankkeesta
- Valtio ottanut vastuun ensimmäisen vaiheen koordinoinnista
- Ensimmäisen vaiheen kustannukset noin 30 miljardia NOK, joista valtion tukea 20 miljardia NOK:ia
- Toiminnan tarkoitus käynnistyä kesällä 2025

# Langskip: Talteenotto



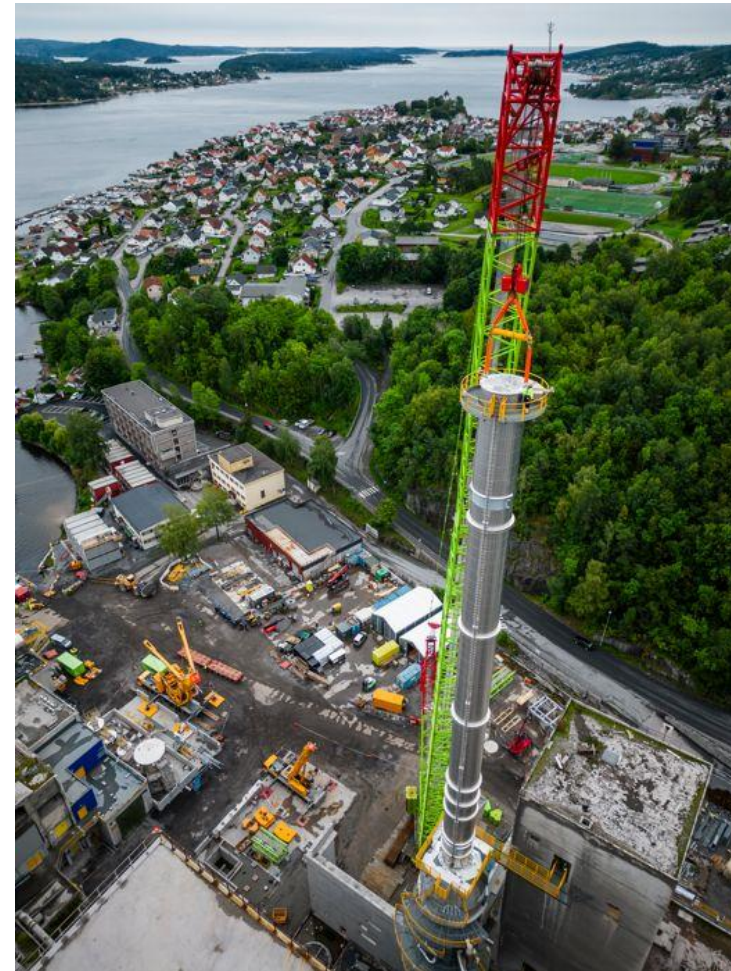
Home > News

## First CO<sub>2</sub> captured in Brevik as part of ramp-up phase

12 May 2025

### Brevikin sementtitehdas Norjassa

- Tavoitteena ottaa talteen 400 000 tCO<sub>2</sub> vuodessa
- Ensimmäiset 1 000 tCO<sub>2</sub> otettu talteen toukokuussa 2025
- CO<sub>2</sub> nesteytetään ja varastoidaan odottamaan kuljetusta



# Langskip: Varastointi

## CO<sub>2</sub>-terminaali Øygardenissa

- Kuljetus laivoilla talteenottoaikoilta
- CO<sub>2</sub> vastaanotto maaterminaalissa, josta putkiyhteys lopulliseen varastoon
- Luvat 1,5 miljoonan tCO<sub>2</sub> varastoinnille vuodessa 25 vuoden ajan
- Toiminnan tarkoitus käynnistyä kesällä 2025

## Green light for CO<sub>2</sub> injection and storage

May 6, 2025



Northern Lights has received confirmation that all the required permits are in place to start injecting and storing CO<sub>2</sub> in the Aurora CCS licence in the North Sea.

# Esimerkki: BeCCS

Tukholmaan rakenteilla suurin bioenergian poltosta syntyvän hiilidioksidin talteenottolaitos.

Sovellettava teknologia vielä kehitysvaiheessa:

- ”Hiilidioksidin talteenotto pitää suunnitella tarkasti kullekin voimalalle sopivaksi.”

Hiilidioksidin varastointi Norjaan.

Investoinnit 13 miljardia SEK.

Valtion tuki 20 miljardia SEK 15 vuoden aikana.

**Jopa 800 000 tonnia vuodessa: Suomen naapurissa kehitetään mullistavaa CO<sub>2</sub>-talteenottoa – T&T vieraili koelaitoksella**

Tukholman energialaitos kehittää hiilidioksidin talteenottoa biovoimalan savukaasuista. T&T vieraili pilottilaitoksella, jonka tekniikka on määrä ottaa käyttöön vuonna 2027.



Länsinaapurissa. Pilottilaitos sijaitsee Värtaverket-voimalassa Tukholman Hjorthagenissa. KUVA: EVELINA CARBORN

# CCS kustannukset Suomessa

Kustannusarvioita:

## 1. Talteenotto

- Riippuu kohteesta, ks. taulukko
- Lisäksi nesteytys ~20 €/tCO<sub>2</sub>
- Toteuttamiskelpoinen isoissa yksiköissä

## 2. Kuljetus

- Riippuu etäisyyksistä, karkeasti noin 20–30 €/tCO<sub>2</sub> rannikolta

## 3. Varastointi

- Arviolta noin 20–30 €/tCO<sub>2</sub>

Arvio kokonaiskustannuksista yhteensä: 119–178 €/tCO<sub>2</sub>\*

Päästölähde	Hiilidioksidin osapaine [kPa]	Laitoksen päästö määrä [ktCO <sub>2</sub> /a]	Talteenoton kustannus [€/tCO <sub>2</sub> ]	Mittakaavakerroin (laskettu) [-]	Lähde
Alumiinin sulatus	1 kPa	20 200	326 199	-0,213	[1]
Terästehtaan dedusting-laitos	2 kPa	40 400	200 120	-0,222	[1]
Kaasukombikattila, teräksen sintraus	4 kPa	70 660	133 81	-0,223	[1]
Maakaasu- ja öljykoksivoimalat	8 kPa	120 1200	93 65	-0,156	[1]
Jätteenpoltto	10 kPa	500	71	-0,147	[2] Interpoloitu
Biovoimalaitos	12 kPa	130 1300	81 59	-0,138	[1]
Soodakattila	13 kPa	500	66	-0,128	[3] Interpoloitu
Hiilivoimalaitos, sellutehdas (kaikki pistepäästölähteet)	14 kPa	150 1500	75 57	-0,119	[1]
Sementtiuuni	18 kPa	180 1800	68 55	-0,092	[1]
Meesauuni	20 kPa	500	61	-0,085	Interpoloitu
Teräksen tuotanto (masuuni)	26 kPa	200 2000	60 51	-0,066	[1]
Teräksen tuotanto (COREX), metaanin höyryreformointi	35 kPa	200 2000	57 47	-0,080	[1,4]

[1] Pohjautuen lähteeseen Kearns ym. 2021, [2] IPCC 2005, [3] Onarheim ym. 2017a, [4] Bains ym. 2017

\*) päästoikeuden hinta 14.5.2025: 72 €/tCO<sub>2</sub> (EEX)

Lähde: Suomen Ilmastopaneeli, 2023

# Agenda

**Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (CCS)**

**Hiilidioksidin talteenotto ja käyttö tuotteina (CCU)**

**Hiilidioksidin poistaminen ilmakehästä (CDR)**

# Tuotteet

”Hiilidioksidin talteenotolla Suomeen luotaisiin uutta teollista tuotantoa, fossiilisia tuontipolttoaineita saataisiin korvattua kotimaisella polttoainetuotannolla ja Suomen hiilidioksidipäästöt vähenisivät huomattavasti.”

-Valtioneuvosto, puoliväliriihi, 23.4.2025

## Näin hiilinielujä vahvistetaan ja päästöjä leikataan – ympäristöministeri uskoo puuperäisen hiilidioksidin talteenoton yleistyvän

Usko teknisiin hiilinieluihin on kokoomuksessa vahvaa. Silti myös metsien hiilinielua on vahvistettava ennen kaikkea metsänhoidolla.

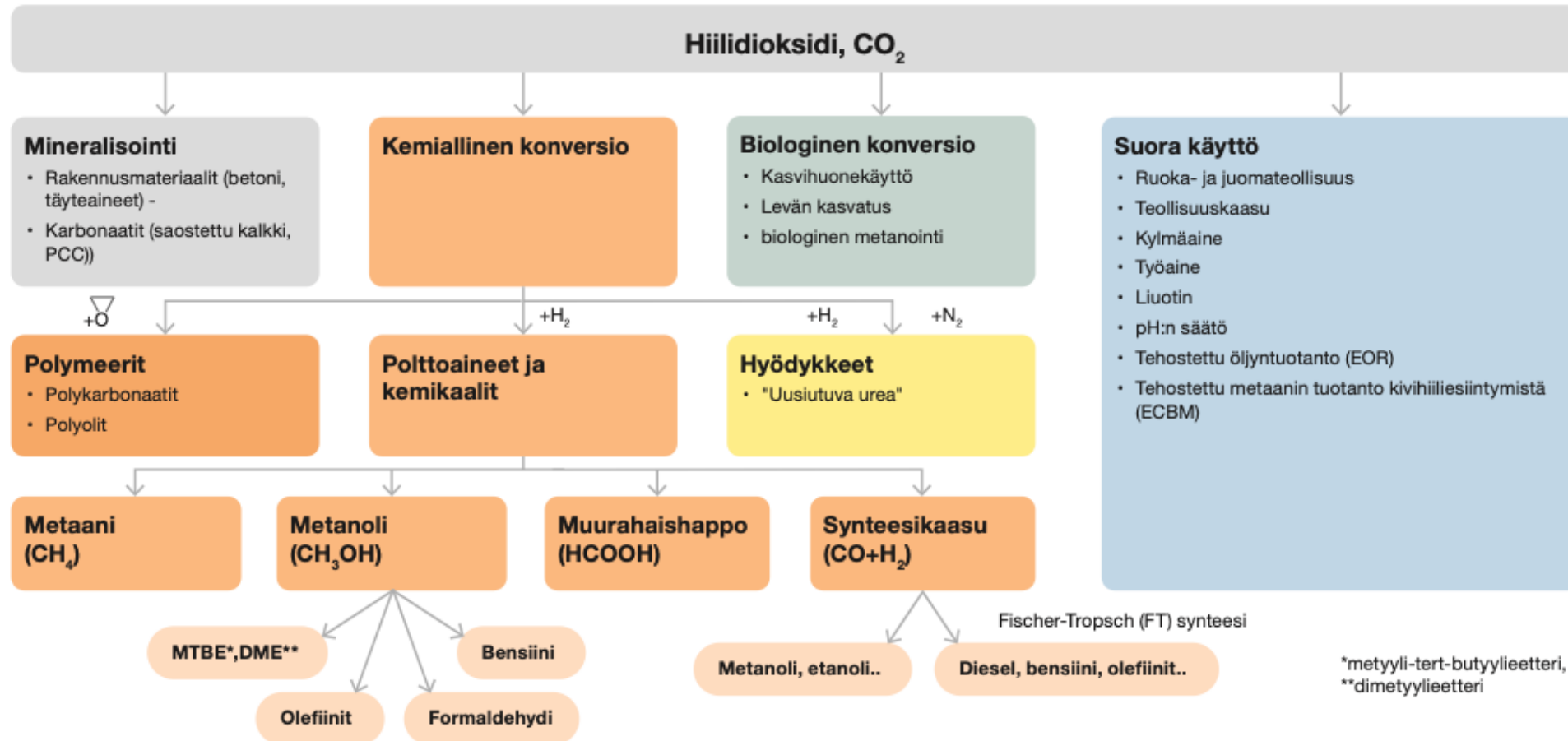
TILAAJALLE

Jaa



# Hiilidioksidi raaka-aineena

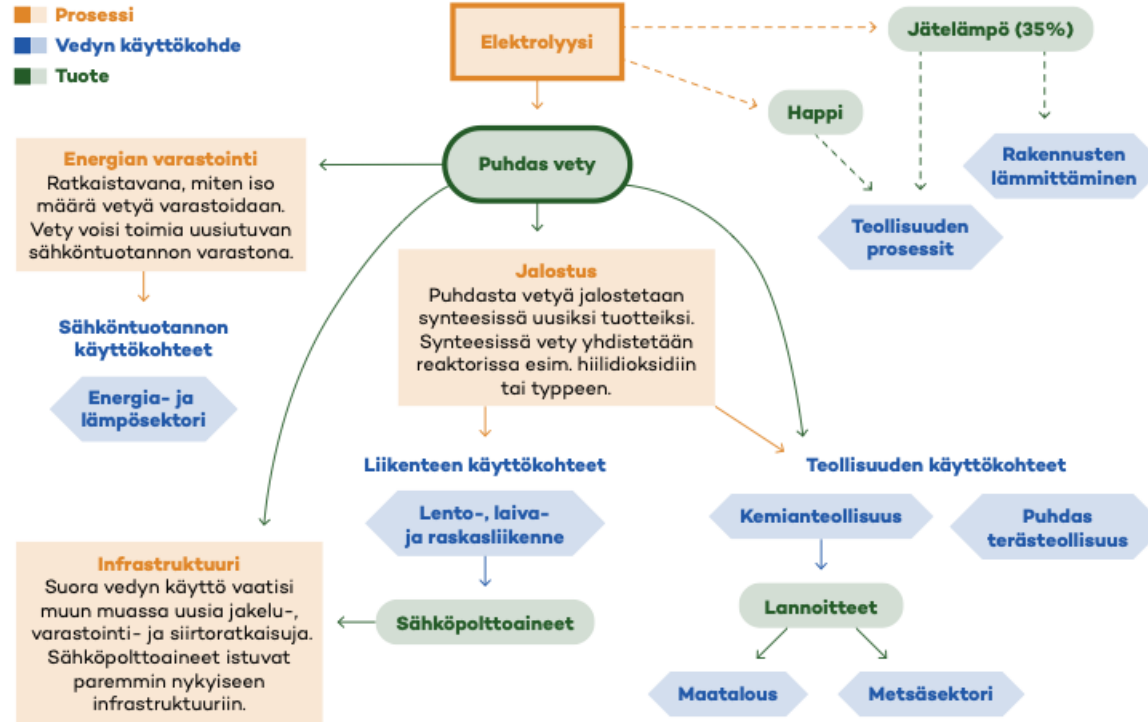
## Carbon Capture and Utilization (CCU)



# Talteenotettu hiili + vety = hiilivety

## Puhtaan vedyn käyttökohteet

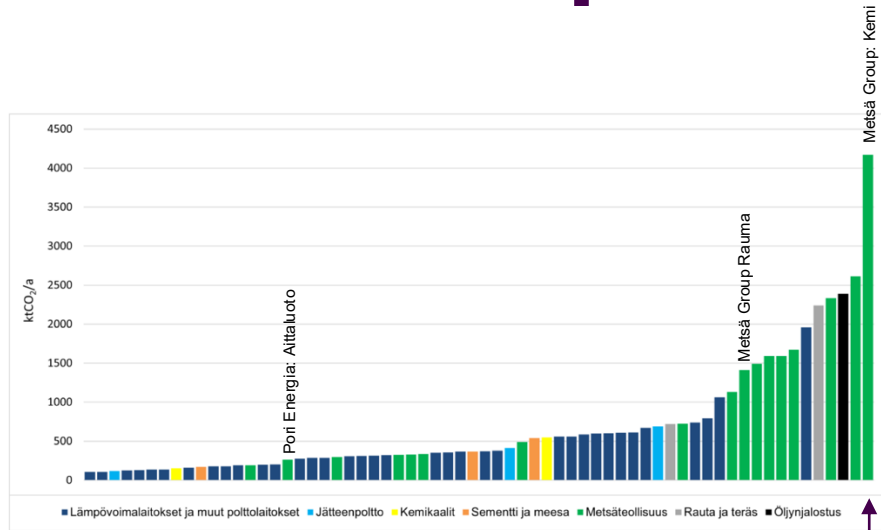
Elektrolyysillä\* tuotettu puhdas vety tarjoaa erilaisia ratkaisuja monelle sektorille. Lisäksi pitää huomioida tuotannossa syntyvät sivuvirrat.



\*Suomessa kehitetään elektrolyysille vaihtoehtoisia tapoja tuottaa puhdasta vetyä. Yksi näistä on vedyn tuottaminen vedestä valokatalyysin avulla, jonka käyttöönotto edellyttää pitkäjänteistä tutkimus- ja kehitystyötä.

Maakaasu on metaania (CH<sub>4</sub>), myös maaöljy suureksi osin hiilivetyjen seos

# Esimerkki: Metsä Group



Metsä Groupin Kemin laitos  
Suunnitteilla pilotti Raumalla kesällä 2025

## Hiilidioksidia on tuprutettu surutta Suomen taivaalle – nyt se houkuttelee suursijoittajia syrjäkylille

Sellutehtaista saatavasta biohiilidioksidista on tulossa uusi raaka-aine, joka houkuttelee tuotantolaitoksia metsäteollisuuspaikkakunnille.



Biopohjainen hiilidioksidi on ollut pitkään pelkkää jätettä. Nyt siitä on tulossa raaka-ainetta, joka houkuttelee sijoittajia.

# Esimerkki: P2X



## P2X: Power-to-Gas

”Hankkeen tavoitteena on rakentaa tuotantolaitos, joka tuottaa uusiutuvaa e-metaania, vetyä ja kaukolämpöä prosessin ylijäämälämmöstä... Hankkeen ensimmäisessä vaiheessa hiilidioksidi tullaan talteenottamaan Pori Energian Aittaluodon bio-CHP-laitoksesta”

”Uusiutuvan e-metaanin, vedyn ja prosessin hukkalämmöstä tuotetun kaukolämmön tuotanto perustuu hiilineutraaliin polttoainekiertoon. Hanke koostuu teknologiakokonaisuudesta, johon kuuluu vedyn tuotanto, hiilidioksidin talteenotto savukaasuista, metaanin tuotanto, metaanin jatkojalostus sekä lämmöntuotanto apulaitteineen, integraatioineen ja rakennuksineen.”



<b>Sijainti</b>	Aittaluoto & Kirrinsanta, Pori	<b>Vedyn tuotanto</b>	45 000 tonnia vuodessa
<b>Metaanin tuotanto</b>	90 000 tonnia vuodessa	<b>Tuotannon aloitus</b>	Vuonna 2028
<b>CO<sub>2</sub>-hyödyntäminen</b>	300 000 tonnia CO <sub>2</sub> vuodessa	<b>Kaukolämpö</b>	350 GWh vuodessa

# Esimerkki: Suomi 2025

Monet hankkeista rakentuvat yhteiskunnan tukemina

Valtiontalousarvioon vuodelle 2025 kirjatut tuet Suomessa:

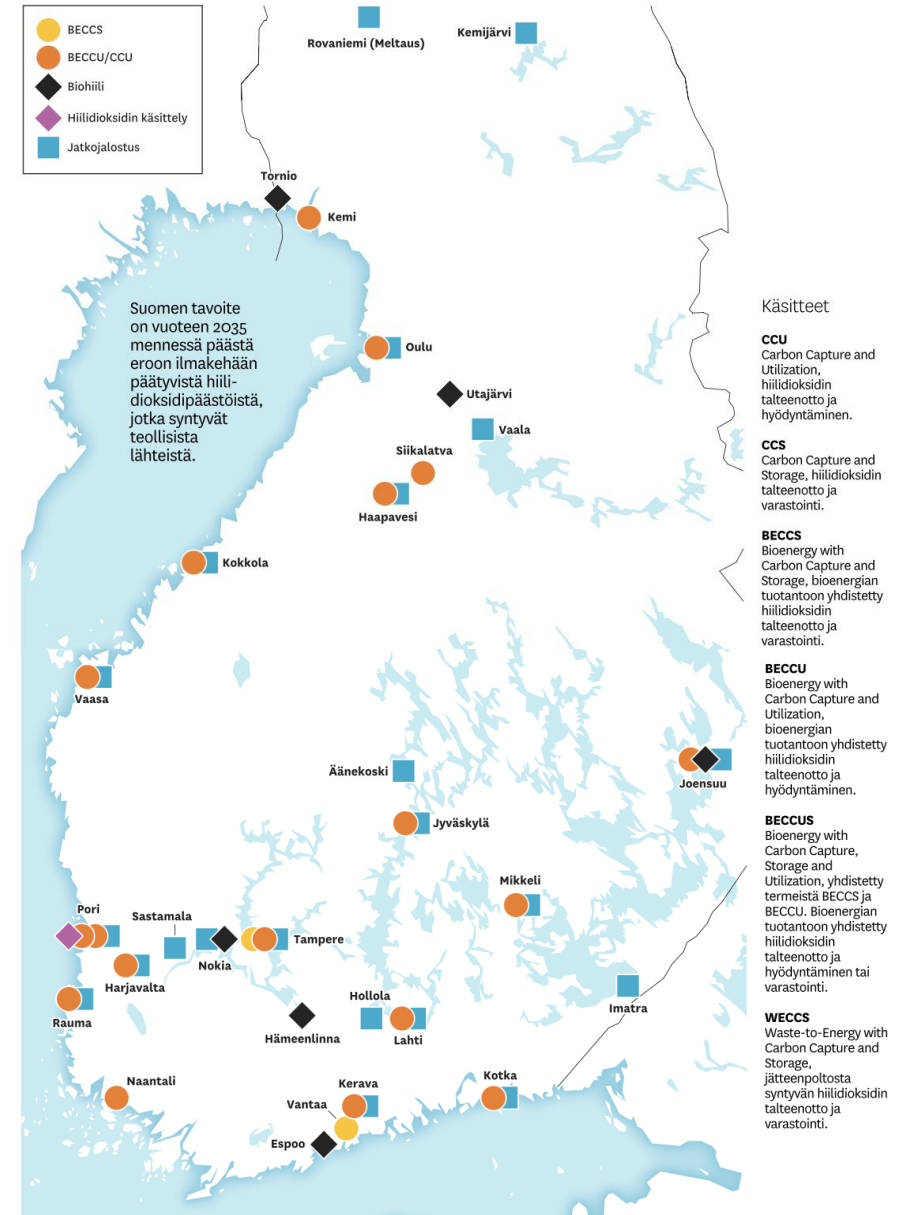
Vuonna 2025 saa tehdä uusia sitoumuksia enintään 140 000 000 eurolla.

Valtuutta saa käyttää:

- 1) teknisten nielujen hankkeiden investointiavustukseen
- 2) biogeenisen hiilidioksidin talteenoton ja hyödyntämisen kannustimeen
- 3) teknisten nielujen edellyttämän infrastruktuurin edistämiseen.

Useat hankkeet viivästyneet suhteessa alkuperäisiin suunnitelmiin

Suomessa toteutuneita ja suunnitteilla olevia hiilidioksidin talteenotto-, käyttö ja varastointi (CCUS)- ja biohiilihankkeita



# Tekniset hiilinielut ja maankäyttö

## Metsien kadonnut hiilinielu heikentää myös talouden näkymiä

**Vieraskynä** | Suomen metsien muuttuminen päästölähteeksi herättää epäilyksiä siitä, ovatko metsäteollisuutemme tuotteet ekologisesti kestäviä.



Kuuntele juttu

**Jyri Seppälä, Raisa Mäkipää**

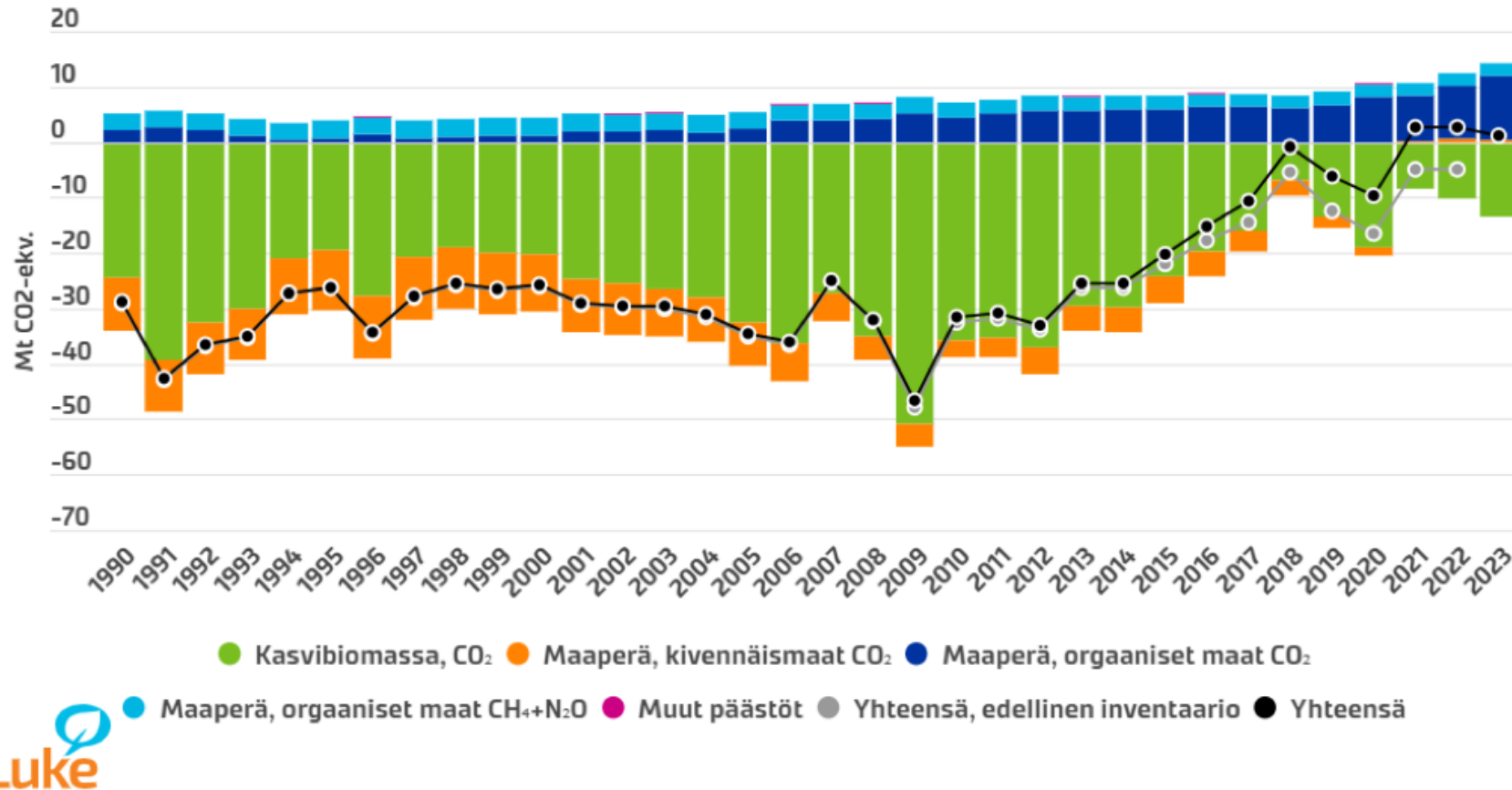
17.3. 2:00 | Päivitetty 17.3. 11:24

Kirjoitus on vierailevien asiantuntijoiden näkemys.

**SUOMEN** metsät ovat tuoreimman metsävaratiedon ja kasvihuonekaasuinventaarion mukaan muuttuneet päästölähteeksi. Uutta tilannetta ei voida ohittaa olankohautuksella ja jatkaa metsien hyödyntämistä entiseen tapaan. Kyse ei ole vain Suomen ilmastotavoitteista, vaan myös metsäsektorin liiketoimintaa rajoittavasta ja Suomeen tehtävien investointien vetovoimaa vähentävästä ongelmasta.

Ylivoimaisesti merkittävin syy metsien hiilinielun hupenemiseen on ollut hakkuiden suuri määrä. Samanaikaisesti metsien kasvu on hidastunut, puun saatavuus on heikentynyt ja hinnat ovat nousseet.

# Suomen luontaiset nielut

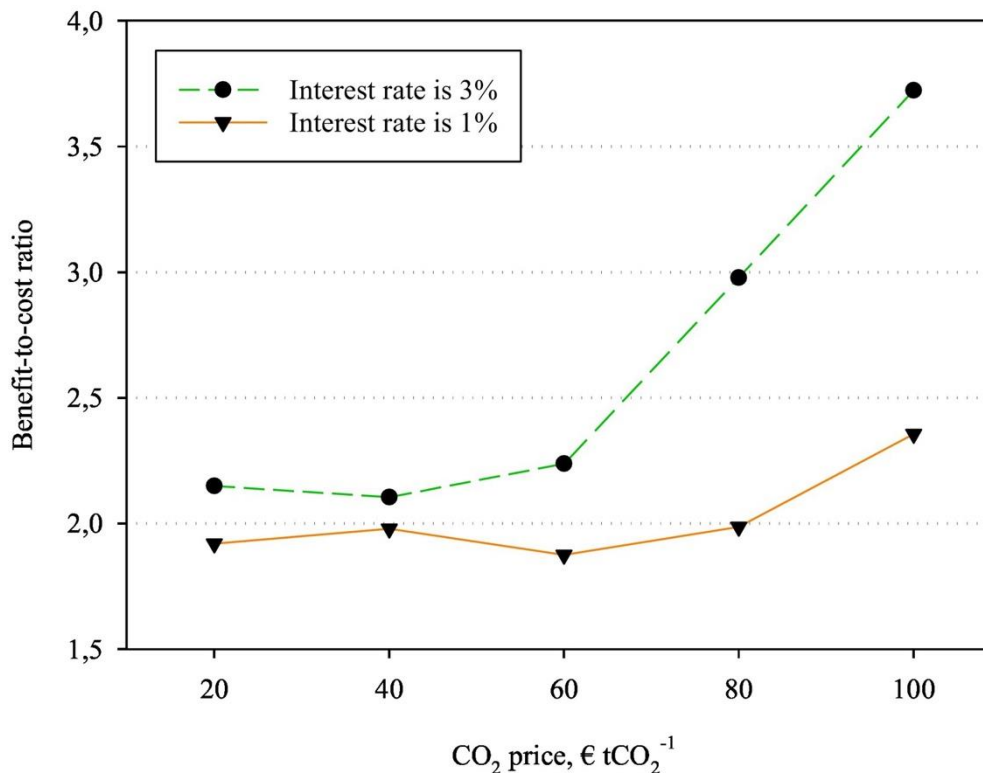


- Puuston kasvun ja poistuman erotus tuotti -13,2 MtCO<sub>2</sub>-ekv. nielun
- Hakkuiden kasvu pienentänyt puuston nielua
- Maaperän päästöjen kasvun taustalla ojitettujen suometsien päästöt: 14 MtCO<sub>2</sub>-ekv.

Kuvan lähde: Metsämaan khk-päästöjen kehitys 1990 – 2023. Luonnonvarakeskus 15.1.2025.  
(Tilastokeskus Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990-2023).

# Metsien käytön optimointi

- Hoitometsien roolia kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä kannattaisi lisätä
- Hiilinielujen arvon huomioon ottaminen alentaa harvennuksen taloudellista merkitystä
- Menetettyjen puutulojen korvaaminen on edullinen tapa parantaa hiilinieluja



Hyödyt = lisätyn hiilinielun nykyarvo eri CO<sub>2</sub> hinnoilla  
Kustannukset = puutulojen vähenemisen nykyarvo

# Agenda

**Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (CCS)**

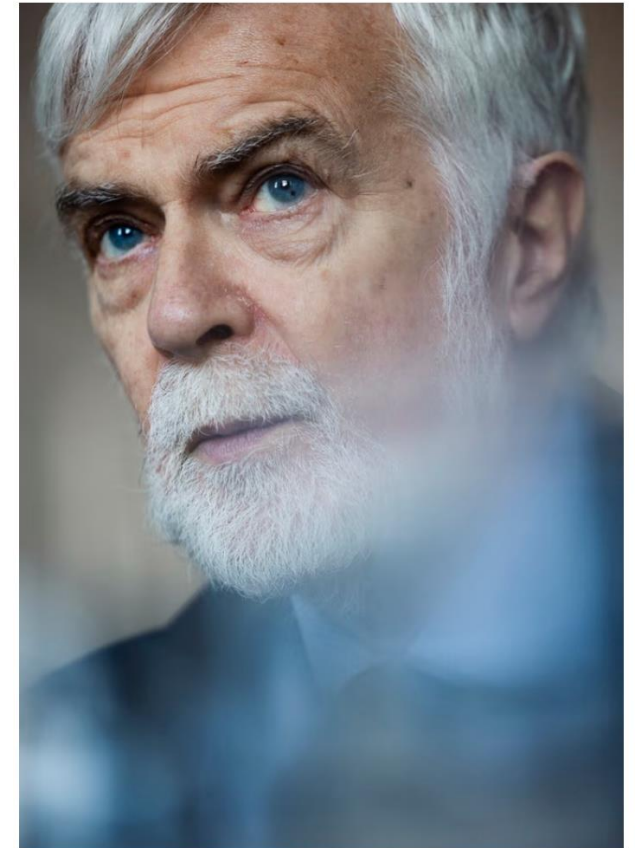
**Hiilidioksidin talteenotto ja käyttö tuotteina (CCU)**

**Hiilidioksidin poistaminen ilmakehästä (CDR)**

# Päästöjen vähentäminen yksin ei riitä

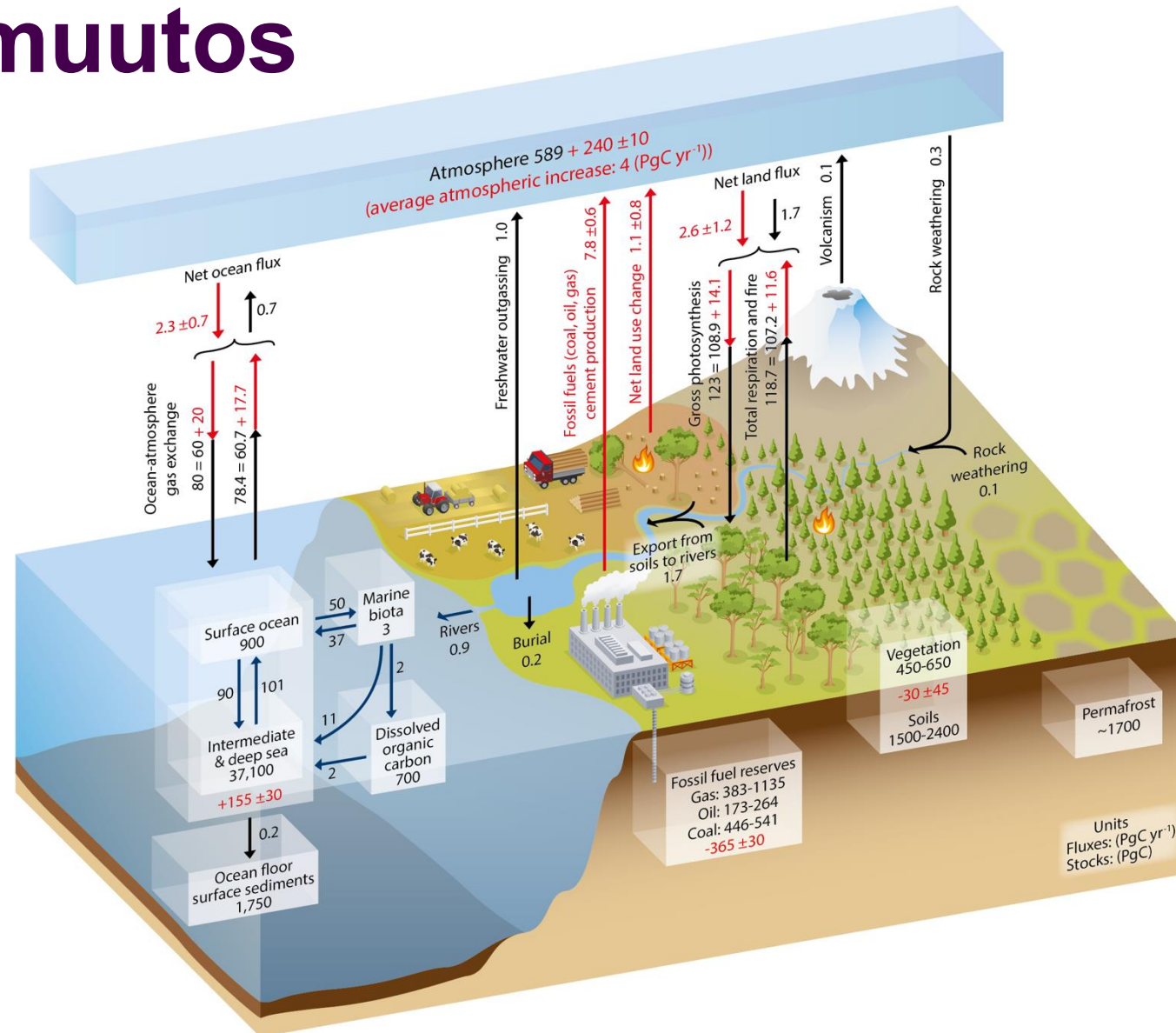
Hallitustenvälisen ilmastopaneelin IPCC:n puheenjohtaja:

”Yhteen perusfaktaan hän palaa usein: hiilidioksidi kasautuu ilmakehään. Tänään päästetyn hiilen lämmittävä vaikutus kestää ilmakehässä satoja vuosia. Se jää sinne aiempina vuosikymmeninä päästetyn hiilen lämpövaikutuksen päälle. Pienikin lisäpäästö tarkoittaa lisää lämpenemistä.”



Jim Skea on työskennellyt vuosikymmeniä ilmastomuutoksen parissa. Kuva: Rio Gandara / HS

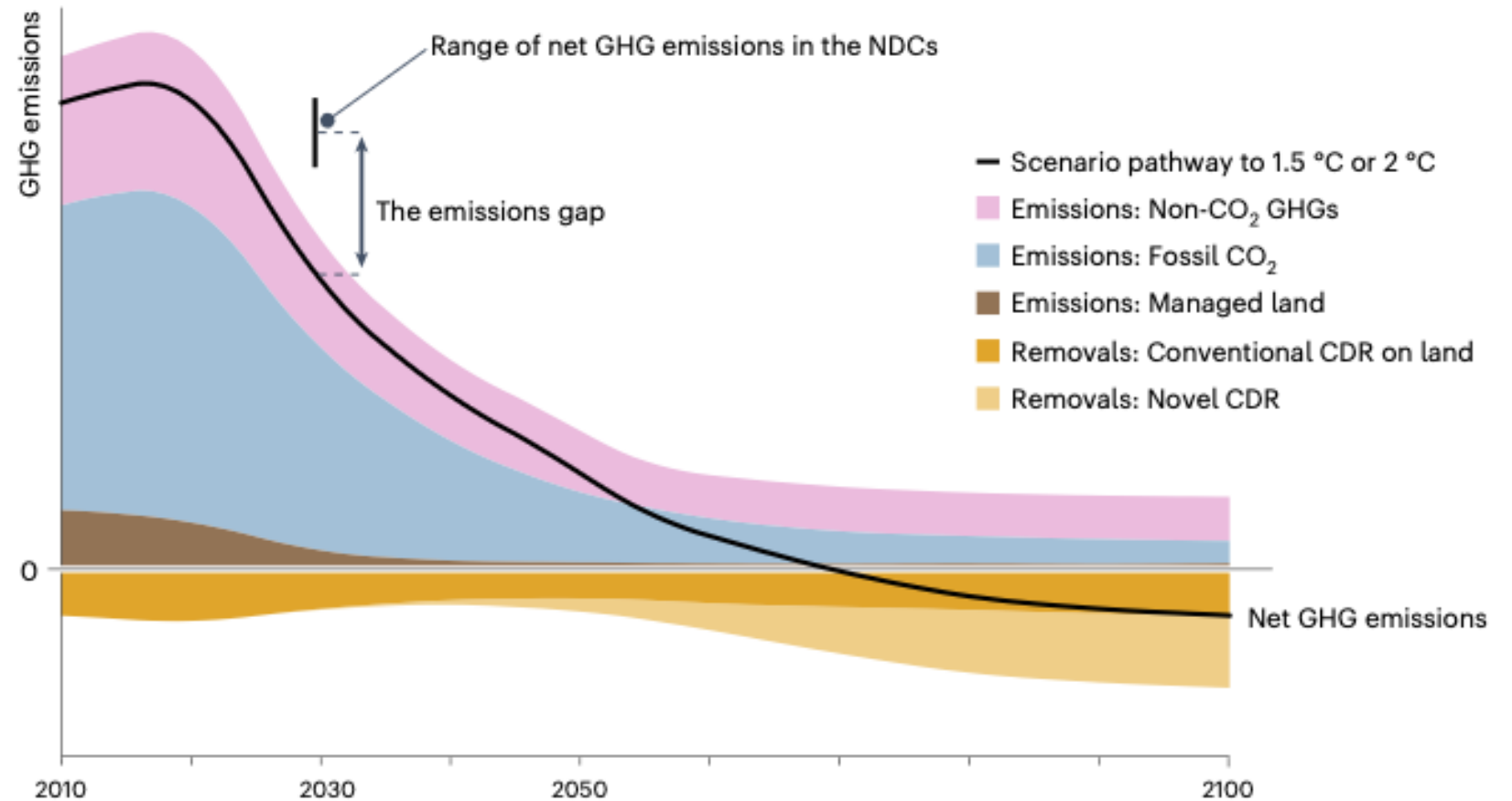
# Ilmastonmuutos



# Hiilidioksidin poisto ilmakehästä

## Carbon Dioxide Removal (CDR)

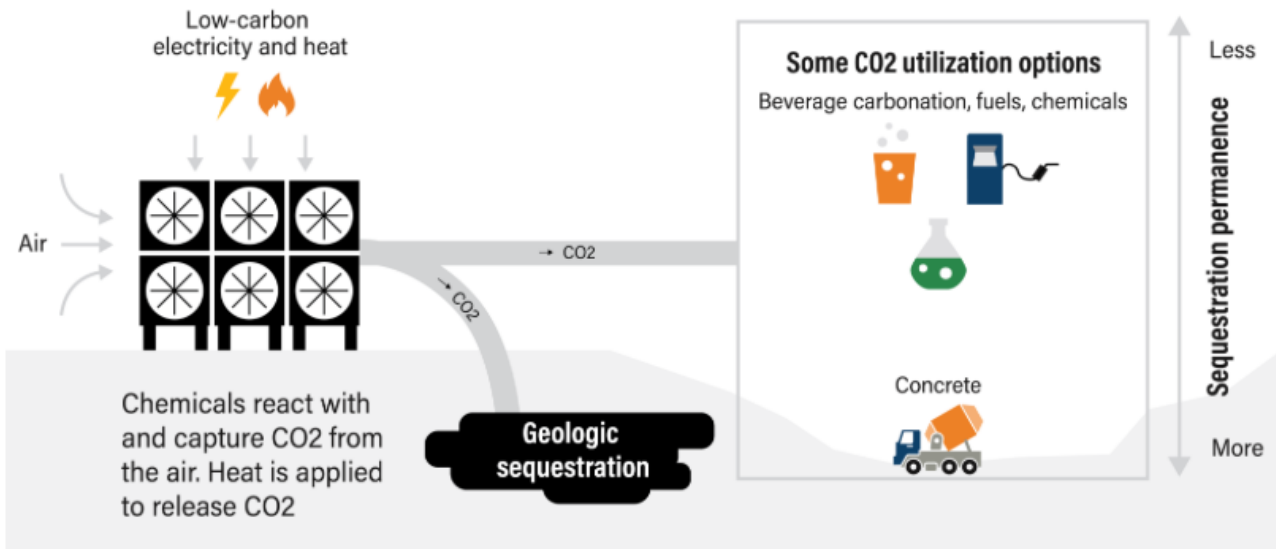
1. Vähentää nettopäästöjä lyhyellä aikavälillä
2. Keskipitkällä aikavälillä vastapaino päästöille, joiden vähentäminen on vaikeaa
3. Mahdollistaa negatiiviset nettopäästöt pitkällä aikavälillä



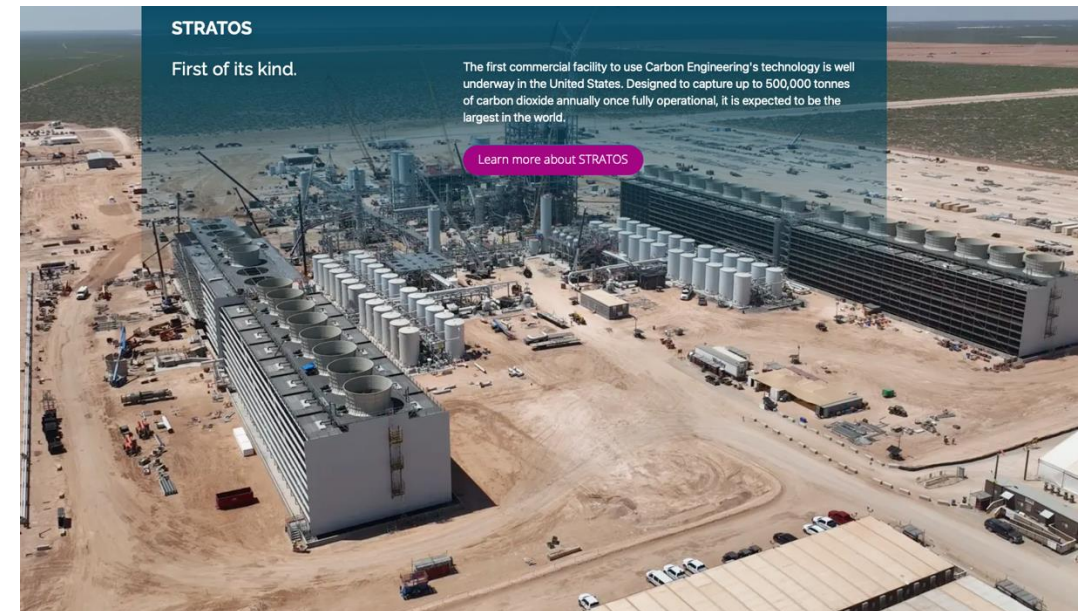
# Esimerkki: Hiilidioksidin kaappaus ilmasta

## Direct Air Capture (DAC)

*periaate*



*mittakaava*



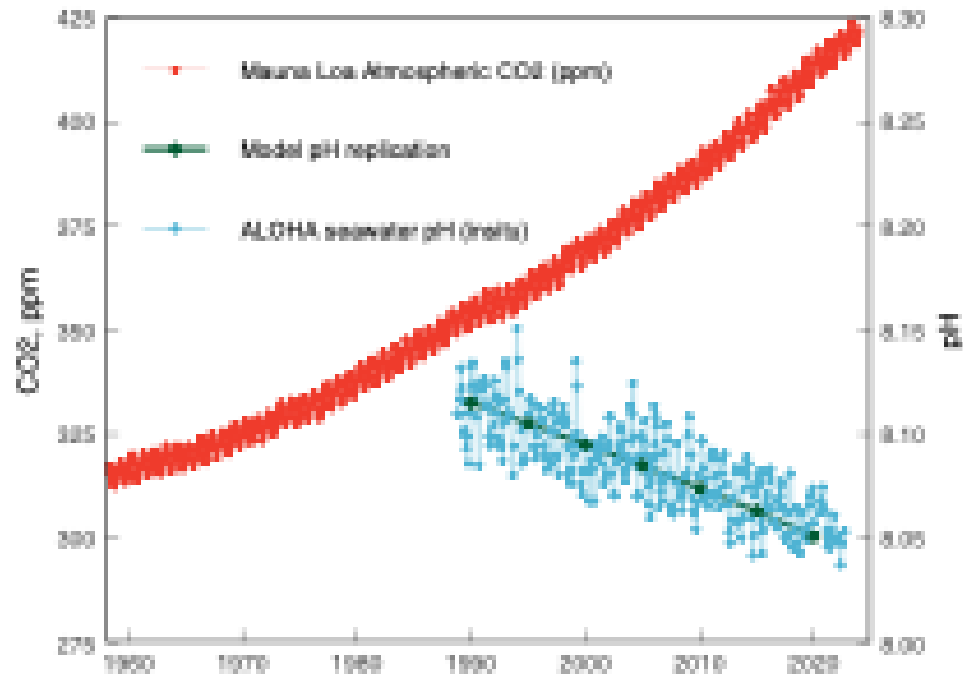
Hiilidioksidin suora poistaminen ilmakehästä on teknisesti mahdollista

Kustannukset vuonna 2050 arviolta 100–600 \$/tCO<sub>2</sub>

# Esimerkki: Alkaliniteetin lisääminen

## Ocean alkalization

*merien happamoituminen*



*esimerkki: kalkkikiven liuottaminen puroon*



A similar liming machine built by salmon conservationists in 2016 sends a slurry of limestone and water into the Killag River near Sheet Harbour, Nova Scotia.

Ilmastonmuutos aiheuttaa merien happamoitumista, mikä vähentää merien sitomaa hiilidioksidia

Merien alkaliniteetin lisääminen keinotekoisesti, esim. kalkkikivellä, sitoo hiilidioksidia ilmasta

# Yhteenveto

## **Fossiilisten polttoaineiden vähentäminen ei yksin riitä ilmastotavoitteisiin**

- Hiilen sitominen ilmakehästä näyttää välttämättömältä, mikäli tavoitteet otetaan vakavasti
- Mittasuhteet valtavia: hiilidioksidia on ilmakehässä noin 1 050 miljardia tonnia ”liikaa”

## **Piipunpään päästöjä voidaan vähentää talteenotolla**

- Teknologiaa kehitetään, ei vielä kaupallisesti kannattavaa

## **Tuotteiden valmistus kasvattaa talteenoton lisäarvoa**

- Teknologiat ja markkinat tuotteille vielä alkuvaiheessa

## **Suomen haaste vähenevät luontaiset nielut**

- Löydettävä tasapaino metsien kasvun ja fossiilisten käytön korvaamisen välillä