



MAOL –päivät Kokkolassa

Arto Ojuva/7.10.2023

Startup puhtaan vedyn ja hiilen tuotantoon

- Perustettu 2020
- Teknologian takana toistakemmentä vuotta tutkimusta Oulun yliopistossa
- ~40 työntekijää, uusia rekrytoidaan jatkuvasti
- Tavoitteena teollisen mittakaavan hiilineutraalin vedyn tuotanto
- Sivutuotteena korkealaatuisia hiilen eri muotoja
- Sijoittajia on jo Oregonista Japaniin
- Teollisen mittakaavan pilottitehdas valmistuu vuoden 2024 lopulla (2 ktn H₂ /a)



Offices

Pilot unit

Labs

Customer
Sample Facility
(CSF)

Hycamite...



- Hycamite tuottaa puhdasta vetyä ja kiinteää hiiltä pilkkomalla metaanikaasun molekyylejä katalyyttisesti
- Vedyntuotanto vaatii vain 13% siitä energiasta, joka vaaditaan vedyn tuottamiseen elektrolyysillä
- Hiili: Korkealaatuinen kiinteä hiili sopii valmistusaineeksi mm. Li-ioni-akkuihin, komposiittimateriaaleihin ja sementin vahvikkeeksi.



Perustajat:

Laura Rahikka

Matti Malkamäki

Niina Grönqvist

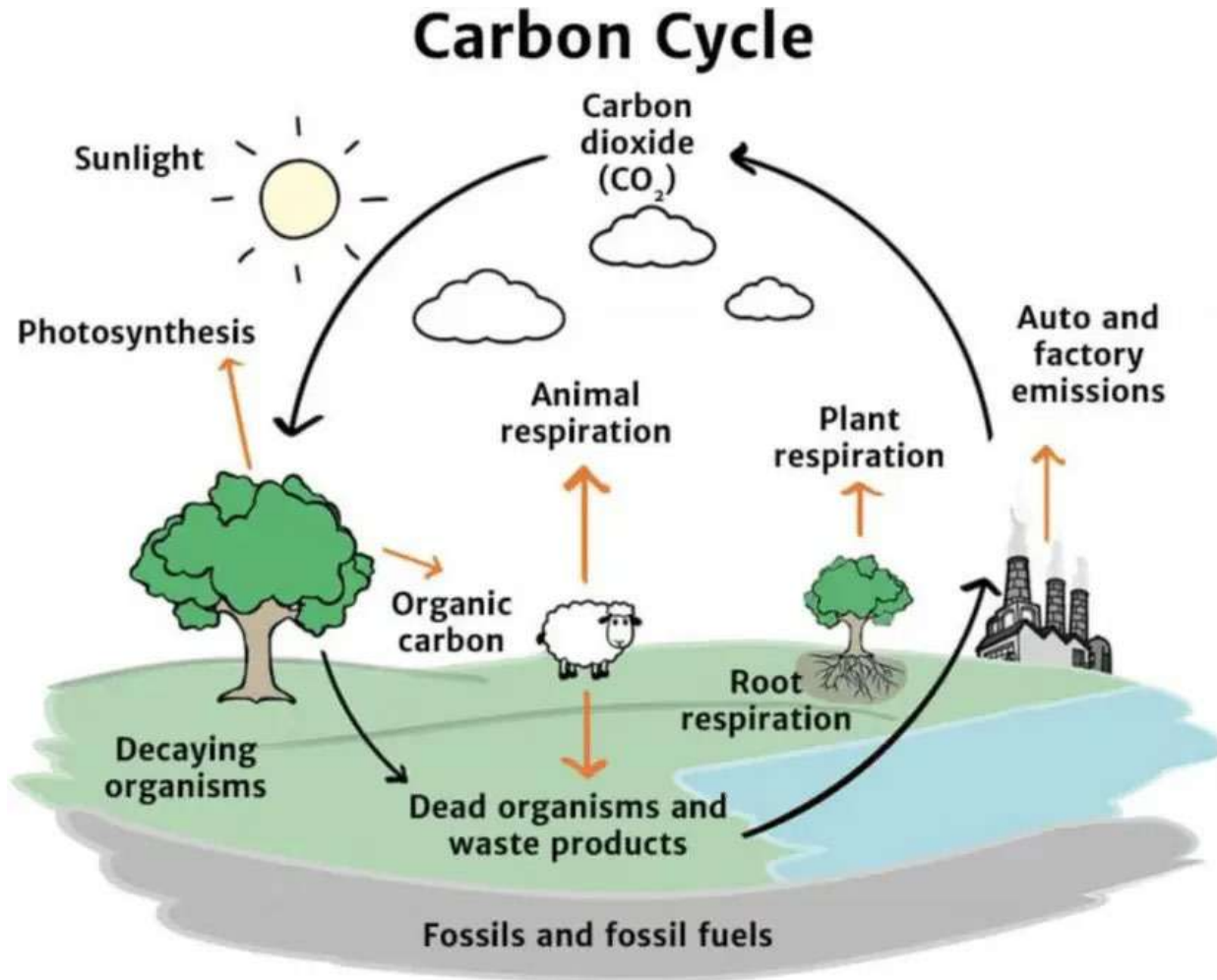
...ja minä



- Kemisti Tukholman yliopistosta, FT 2015
- T&K-kemisti maalitehtaalla (GVK Coating Technologies)
- Laboratoriopää mittalaite-startupissa (ColloidTek)
- Laboratoriopäällikkö Hycamitellä kesäkuusta lähtien
- Oikeasti hauskempi kuin kuvansa!



Hiilen kiertokulku

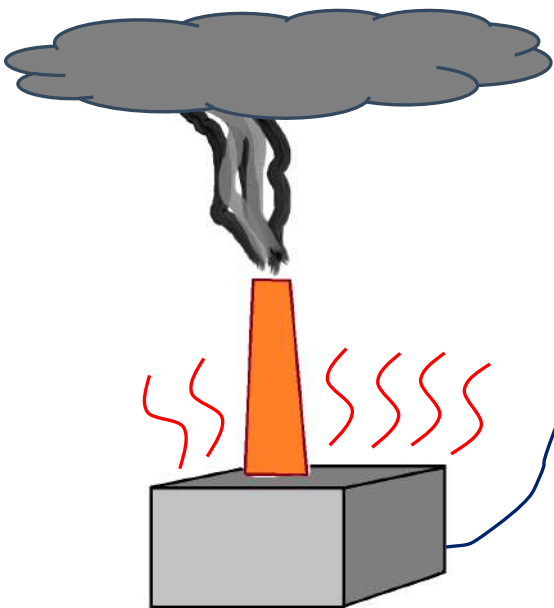


- Hiilen kiertokulku on välttämätön osa elämää maapallolla
- Ihmisen toimet fossiilisen hiilen päästämässä kiertokulkuun ovat muuttaneet tasapainoa
- Tasapainon palauttaminen meille parhaalle tasolle vaatii hiilen nettositomista

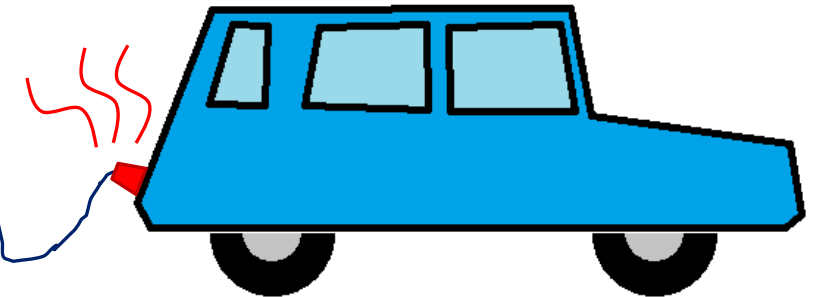
Voiko energiantuotanto olla "puhdasta"?



- Energiaa on monessa muodossa: Lämpönä, liikkeenä, säteilynä, kemiallisena...
- Energian hyötykäyttö vaatii lähes aina energian muuttamista toiseen muotoon: lämmöstä liikkeeksi, liikkeestä varaukseksi, varauksesta lämmöksi (=voimalaitoksen turbiini jauhaa sähköä joka lämmittää hellaa kotona)
- Termodynamiikan 1. pääsääntö: energian säilyminen
- Termodynamiikan 2. pääsääntö: entropian kasvaminen



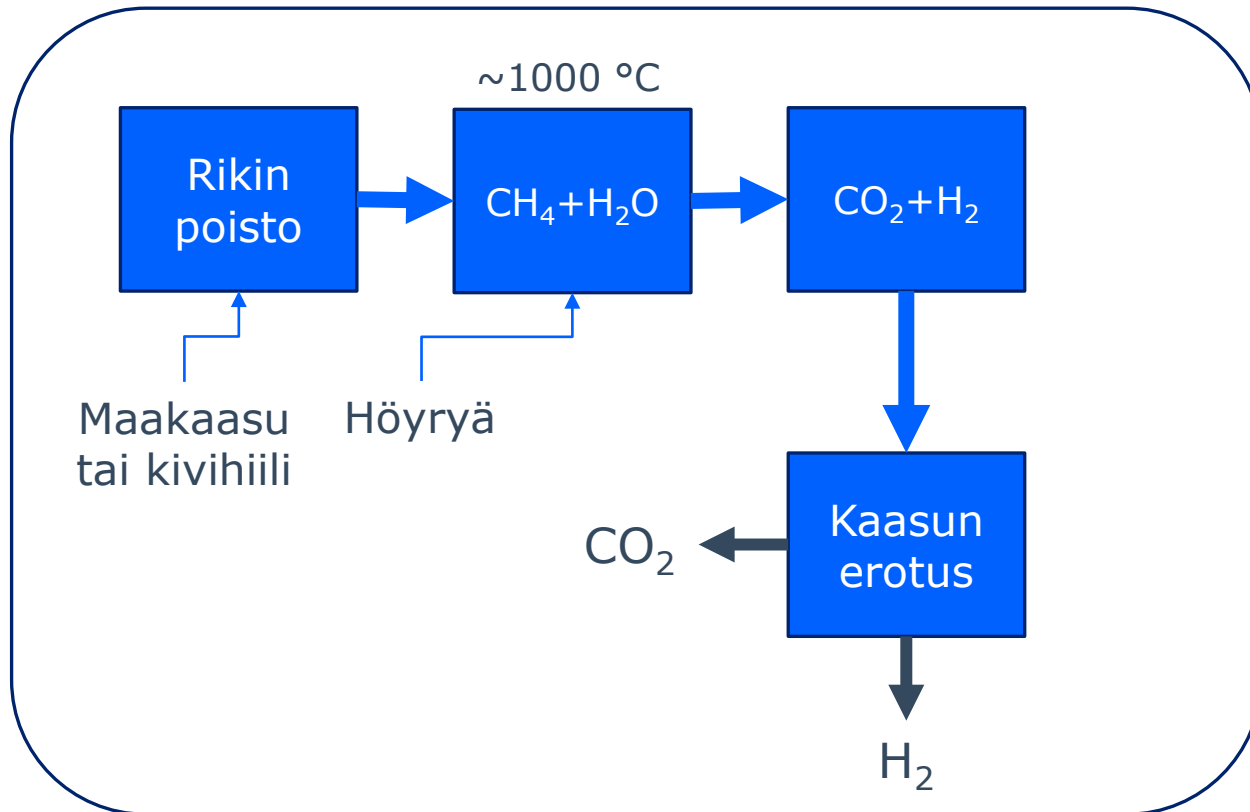
Jos kaikessa tuotannossa hukkaamme energiaa, miten on edes mahdollista puhua nollopäästöistä? Kuinka voimme sitoa hiiltä ilmakehästä jos energiaa kuluu aina tuottoa enemmän?



Vedyn tuotanto

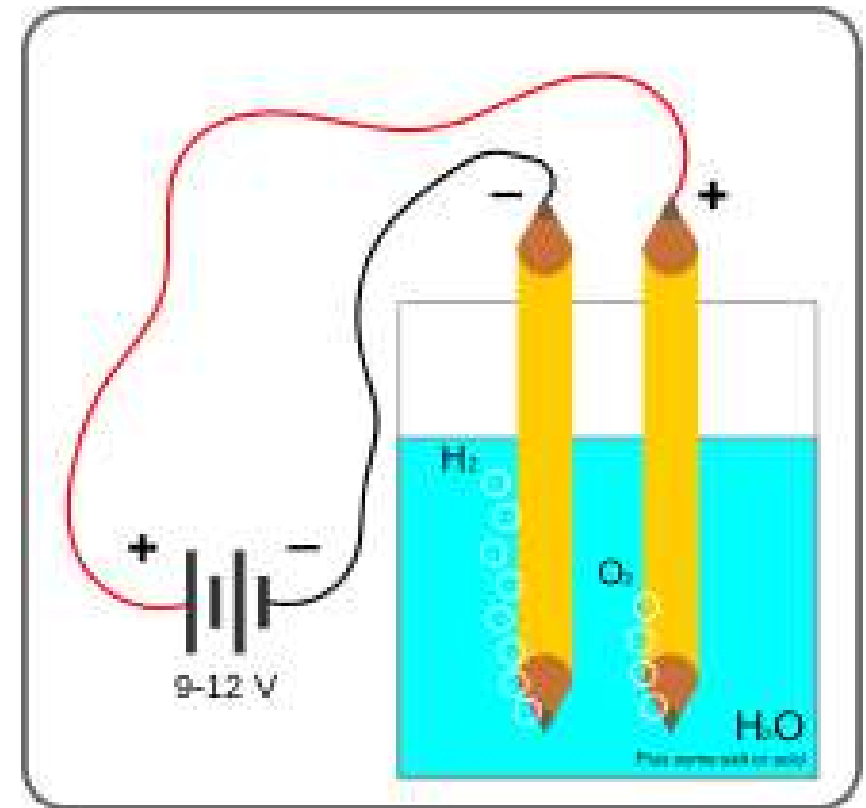


Reformointi



Höyryreformointi on vedyn pääasiallinen tuotantomenetelmä.

Elektrolyysi

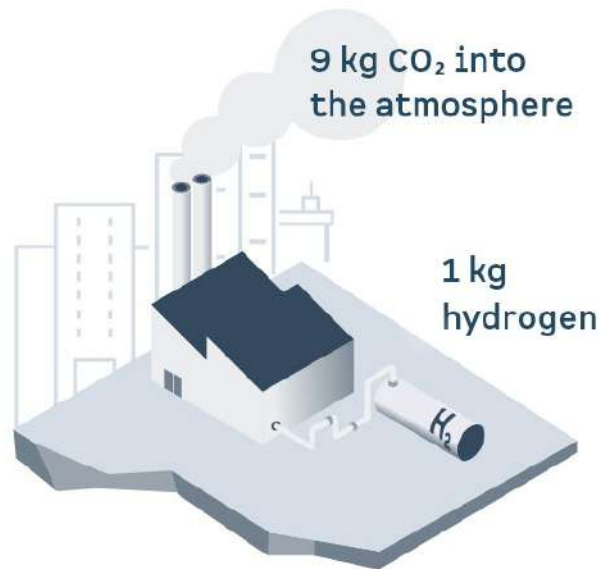


“Vihreän” vedyn tuotanto vedestä uusiutuvalla energialla.

Perinteinen höyryreformointi ja Hycamite



SMR hydrogen production



No emissions from Hycamite's process



SMR: steam methane reforming

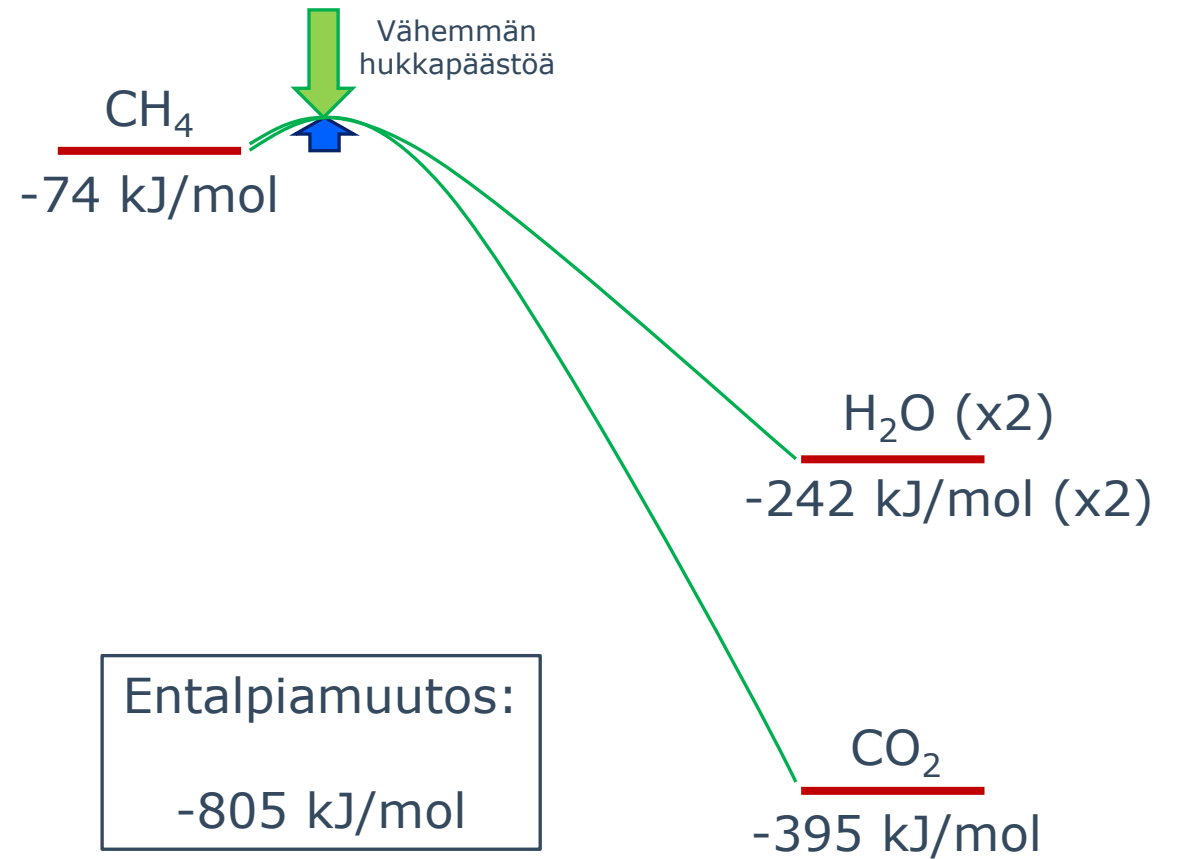
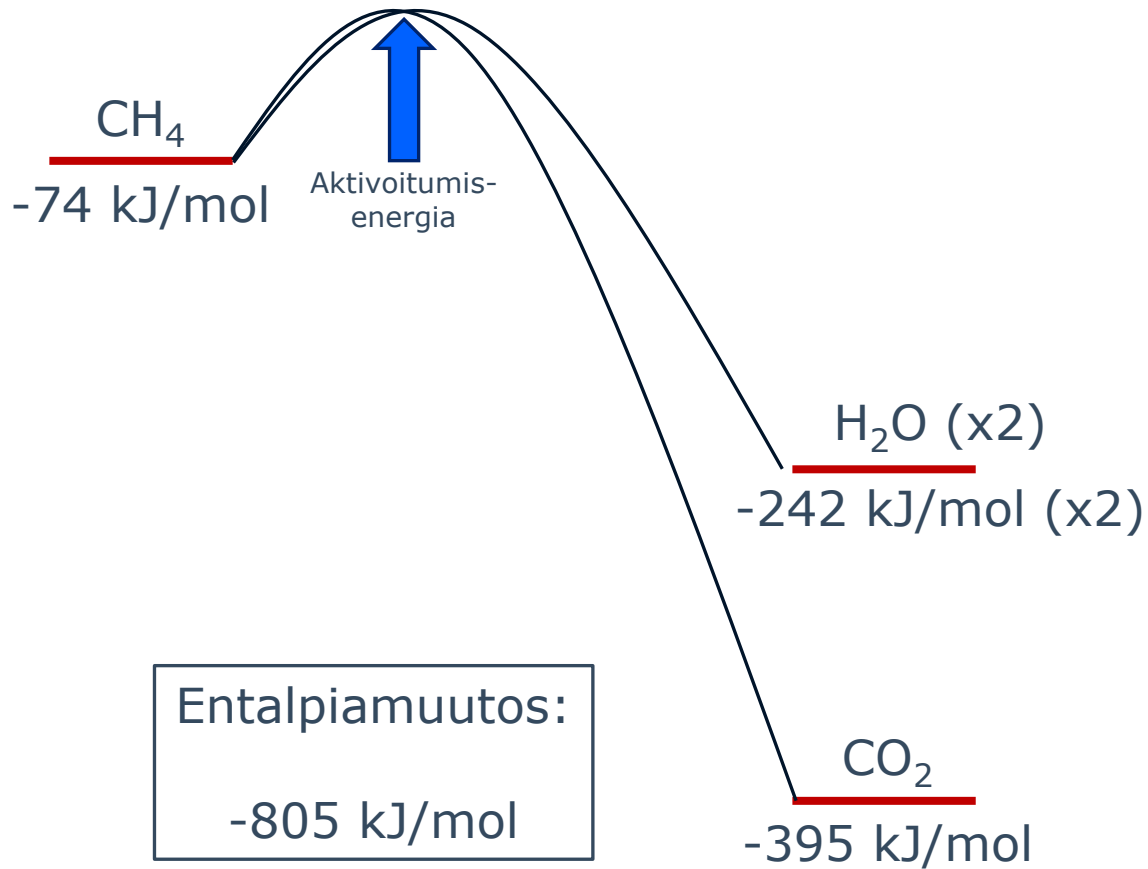
Source: www.iea.org/reports/hydrogen-supply

**Molemmat prosessit käyttävät metaania,
mutta Hycamite ei tuota CO₂:ta**

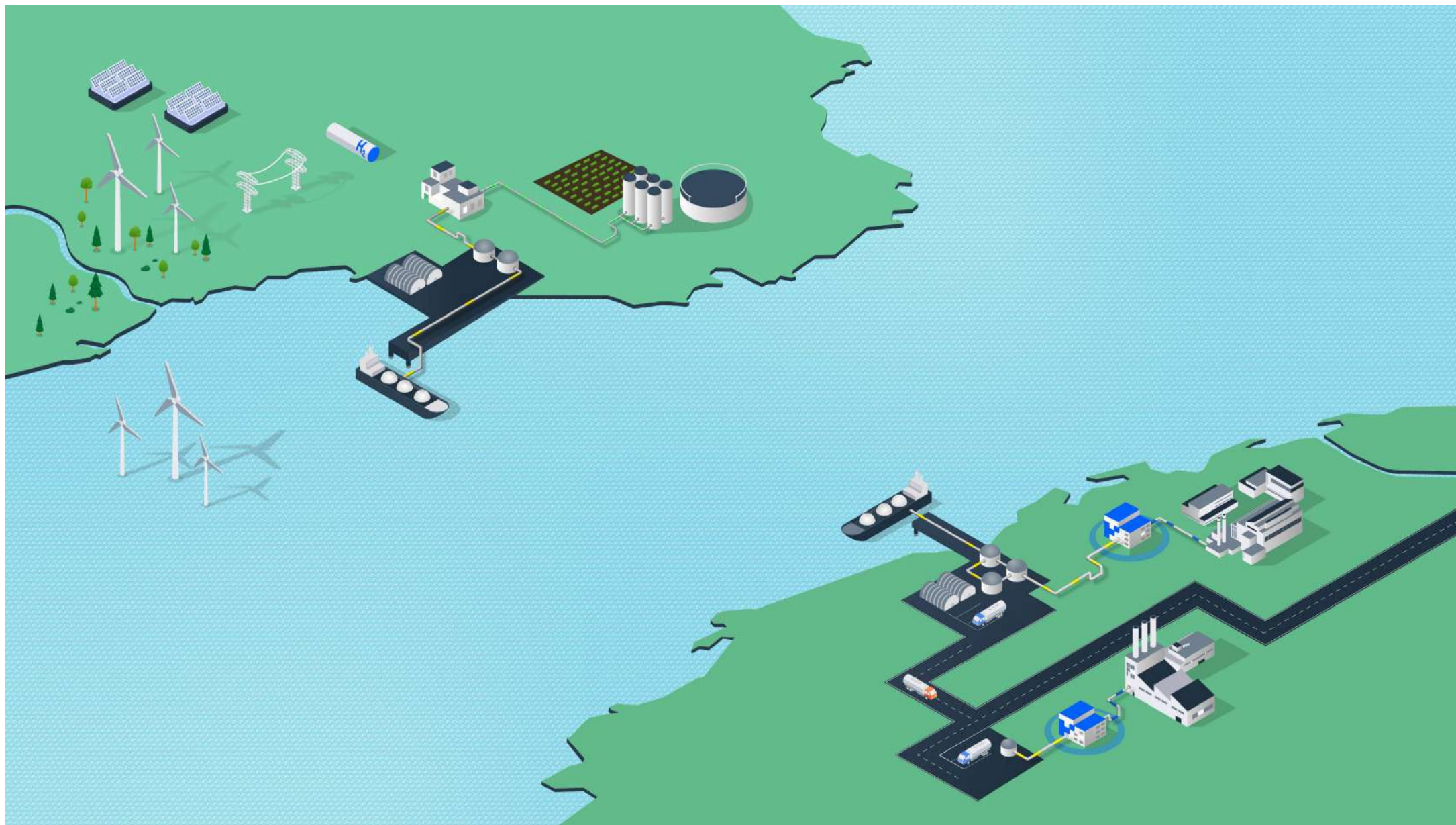
Metaanin poltto sellaisenaan ja katalyyttisesti



(Tämä on melkein ainoa kemiakalvo!)



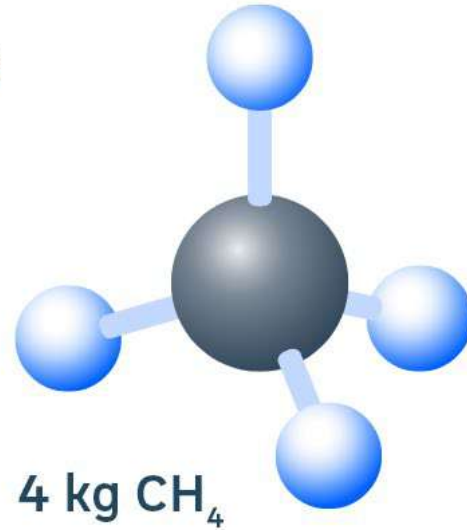
Hiilinegatiivisen teollisuuden visio - kuinka kierrämme termodynamiikkaa?



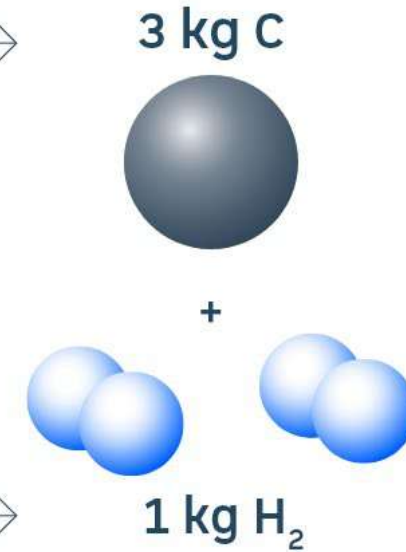
Metaanin termokatalyyttinen dekompositio



Thermocatalytic
decomposition of
methane (TCD)



Catalyst
600-900 °C
no oxygen



Aurinkoenergialla tuotettu biokaasu tuo kemiallista potentiaalia reaktion ulkopuolelta!

- 3 kg hiiltä vastaa 11kg CO₂ -päästöjä
→ Hiilidioksidipäästöjen minimointi (fossiilinen maakaasu)
→ Hiilen sitominen ilmasta (biokaasu)

Yhteenveto: Hycamiten käyttämät lähtöaineet ja tuotteet



Syöttö

Maakaasu (metaani)

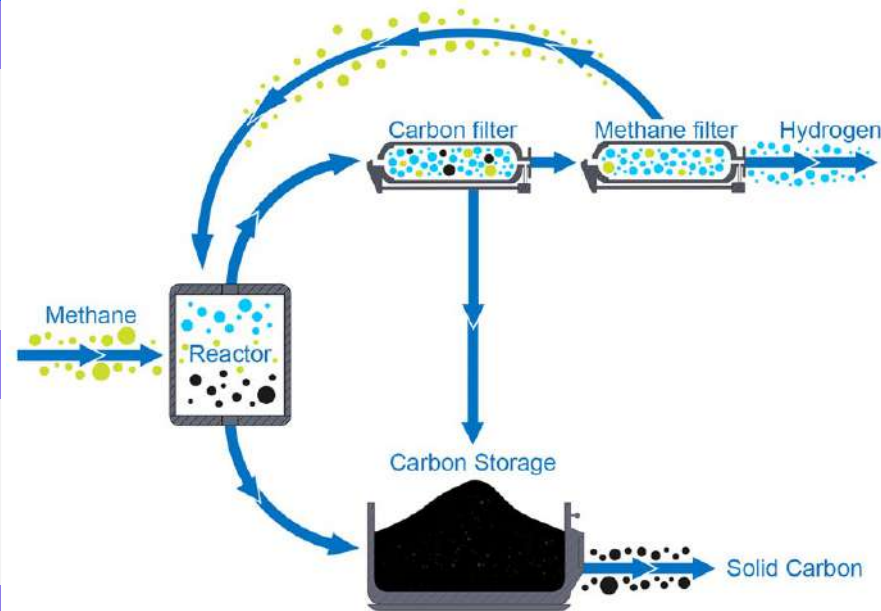
Teollisuuden kaasumäärät ovat suuria. Tarpeen kattamiseksi ja tarjonnan hyödyntämiseksi maakaasu on tehokas valinta. Itse reaktiosta ei vapaudu yhtään CO₂:ta, ja prosessi itsessäänkin vaatii vain verrattain vähän energiaa. Hiili otetaan talteen kiinteässä muodossa.

Biokaasu (biometaani)

Biokaasu on päästötön hyödyke. Kun siitä tehdään kiinteää hiiltä, prosessista tulee hiilinegatiivinen: syntyy keinotekoinen hiilinielu.

Teollisuuden sivuvirrat

Myös petrokemian sivuvirrat, kuten kevyet hiilivedyt, soveltuvat Hycamiten prosessiin.



Tuotteet

Vety

Prosessin lopussa puhdas vety erotellaan kaasuvirrasta. Vedyn puhtautta voidaan säätää vastaamaan asiakkaan tarpeita.

Hiilipohjaiset tuotteet

Prosessia voidaan säätää tuottamaan halutun laatuista hiiltä. Hiili ei ole sivutuote tai grillibriketti, vaan prosessin korkealaatuinen toissijainen tuote, jota voidaan käyttää esimerkiksi Li-ioni-akkujen kennojen raaka-aineena tai sementin vahvikkeena. Jokainen kilo tuotettua vetyä tuottaa kolme kiloa puhdasta hiiltä.

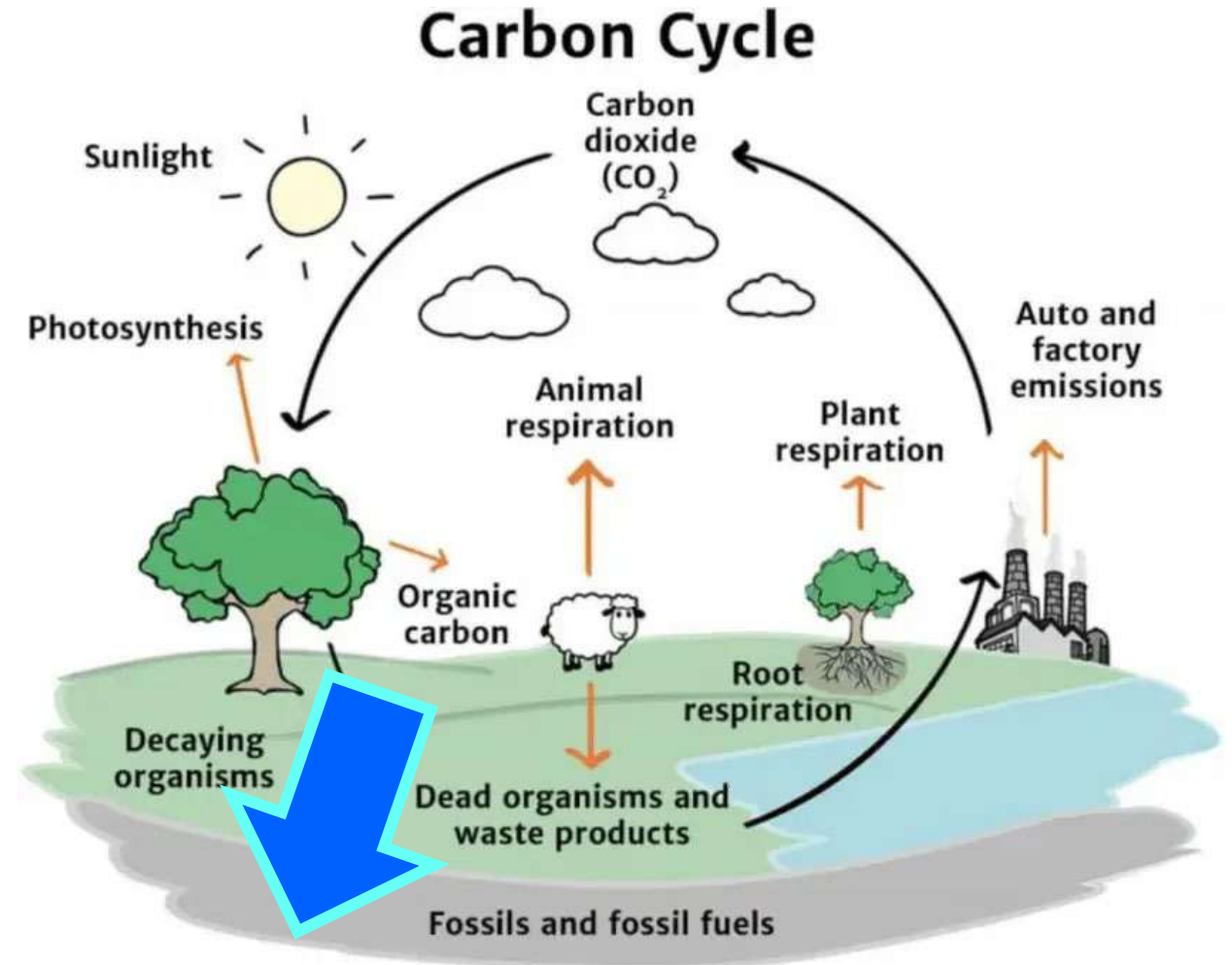


Hycamiten vety luokitellaan löyhästi *turkoosiksi vedyksi*, millä viitataan pyrolyysillä tuotettuun vetyyn, joka omaa alhaisen hiilijalanjäljen. Käyttämällä biokaasua voimme saavuttaa jopa negatiivisen hiilijalanjäljen!

Miinusmerkkiset päästöt?



- Hiili saadaan pois hiilikierrosta muuttamalla *biologisesti tuotettu* metaani hiileksi ja vedyksi.
- Jos hiiltä ei polteta, se jää pysyvästi puuttumaan kierrosta.
- Yhden tehtaan hiilikaappaus ei ole kovin suuri, 200 kt/a laitos poistaa CO₂:ta saman verran kuin 33 autoa sitä päästää.
- Samalla on kuitenkin tuotettu täysin täysin päästötöntä vetyä!



Entäs se hiili?



Tuote	Avainsovellukset
TCD¹ Hiili	<ul style="list-style-type: none">• Metalliteollisuus (pelkistys ym.)• Sementtiteollisuus
TCD¹ Grafiitti	<ul style="list-style-type: none">• Akkuteollisuus• Kevyet materiaalit auto- ja lentoteollisuuden tarpeisiin• Elektroniikka (elektrodit)
TCD Puhdas (CNF²)	<ul style="list-style-type: none">• Autoteollisuus (aktiivaine Li-ioni-akuissa)• Sähköautot (kapasitaattorit)• Katalyytit• Polymeerit• Elektroniikka (sensorit ja puolijohteet)• Komposiittimateriaalit



Hycamite tuottaa räätälöityjä hilituotteita

1) TCD = ThermoCatalytic Decomposition [of biomethane, methane, industrial side streams]

2) Carbon nanofibers (CNF)

Hycamiten korkealuokkaiset hiiliallotroopit



Pääasialliset hiilen olomuodot Hycamiten prosessista

Product	General information	Features
 Grafiiitti	Grafiitti on hiiltä puhtaassa alkuaine-muodossa, ja yksi harvoista allotroopeista joita esiintyy luonnossa.	<ul style="list-style-type: none">• Sähköä johtavaa• Lämpöä johtavaa• Alhainen tiheys
 Hiilen nanokuidut	Putkimaisia nanokuituja jotka koostuvat kartiomaisesta grafeenista, kerroksista tai amorfisesta hiilestä.	<ul style="list-style-type: none">• Taipuisia• Eristäviä• Vahvoja
 Nanoputket?	Nanoputket muodostuvat taivuttamalla tai rullaamalla kaksikulotteista grafiittia/grafeenia sylinteriksi. Sislätä ne ovat onttoja. Cylindrical nanostructures with graphene layers arranged as stacked cones, cups or plates.	<ul style="list-style-type: none">• Vahvoja• Keveitä• Lämpöä johtavia• Kemiallisesti vakaita

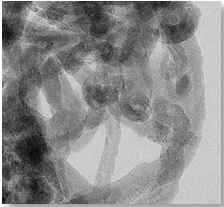
Vähäpäästöinen hiili kakkostuotteena



TUOTTEET

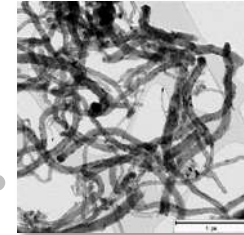
- ▶ Hiilikuidut
- ▶ Nanoputket
- ▶ Amorfinen hiili → Aktiivihiili
- ▶ Grafiitti

Grafiitti



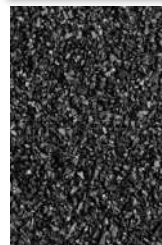
- ▶ Akkuteollisuus
- ▶ Kevyet materiaalit auto- ja lentoteollisuudelle
- ▶ Grafiitin kaivaminen ja syntetisointi on liikaista hommaa!

Kuidut ja putket



- ▶ Akkuteollisuus
- ▶ Kapasitorit
- ▶ Katalystit
- ▶ Vahvikkeet

Aktiivihiili



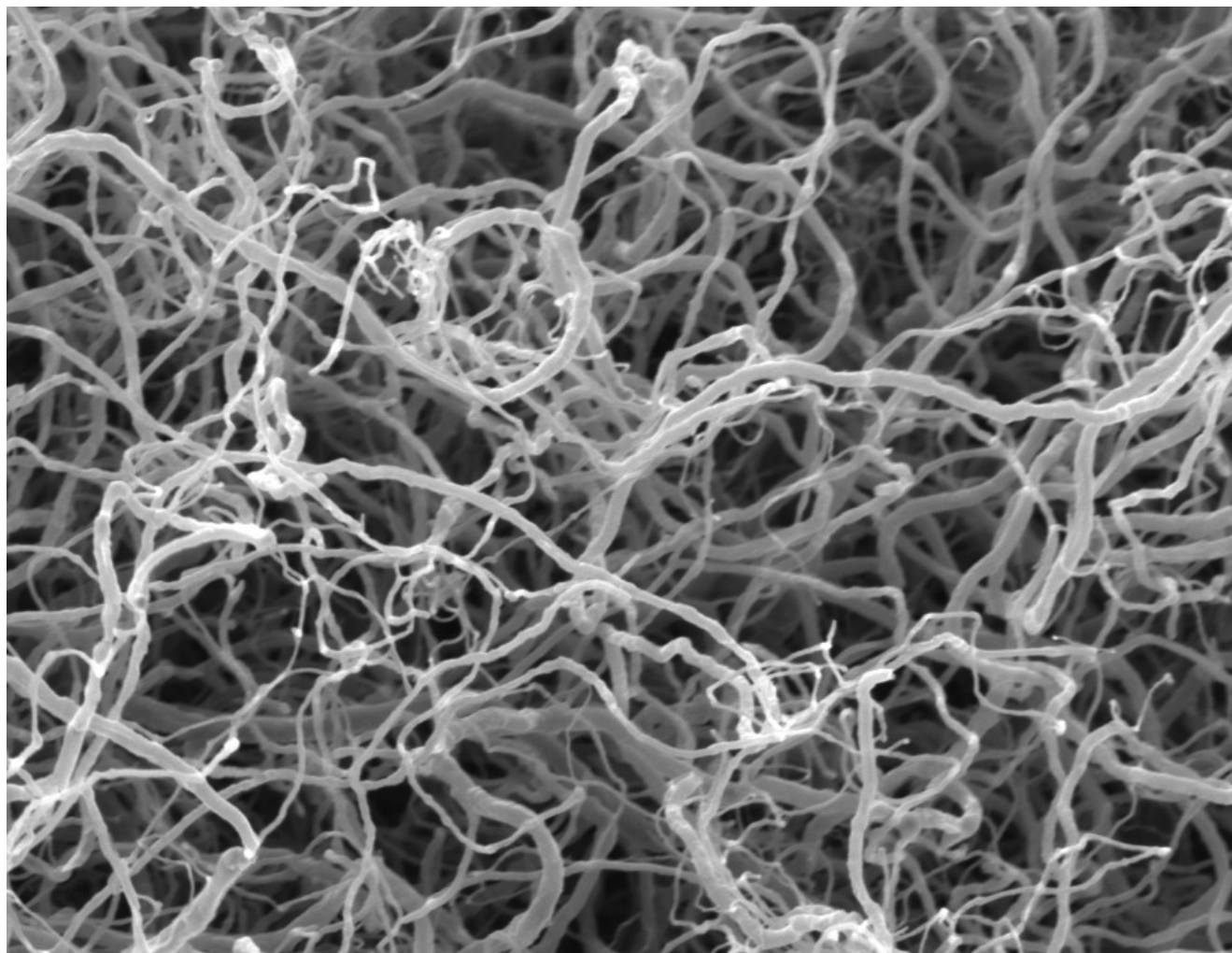
- ▶ Vedenpuhdistus
- ▶ Lääkekäyttö
- ▶ Teolliset kohteet



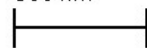
Kiinteä hiili kuitumuodossa



- Reaktorissa syntynyt hiili voi omaksua useita muotoja, riippuen reaktioparametreista ja käytetyn katalyytin luonteesta.
- Usein tuloksena on sekoitus **hiilikuituja, nanoputkia** and ja **kerroksittain kasvaneita hiilirakenteita**.
- Hiilen allotrooppien tyyppiä ja suhdetta voi hallita olosuhteita muuttamalla.
- Hycamiten hiilen tuotto on **vähä-** tai jopa **miinuspäästöistä**, ja säästää monesti energiaintensiivisiä tuotantoprosesseja.



500 nm



EHT = 2.50 kV

WD = 2.7 mm

Mag = 20.00 K X

Stage at T = 0.0 °

InLens

HHE

Date: 8 Dec 2022

P40 Pallerot34.tif

Hiilen hyvä kaksoisrooli

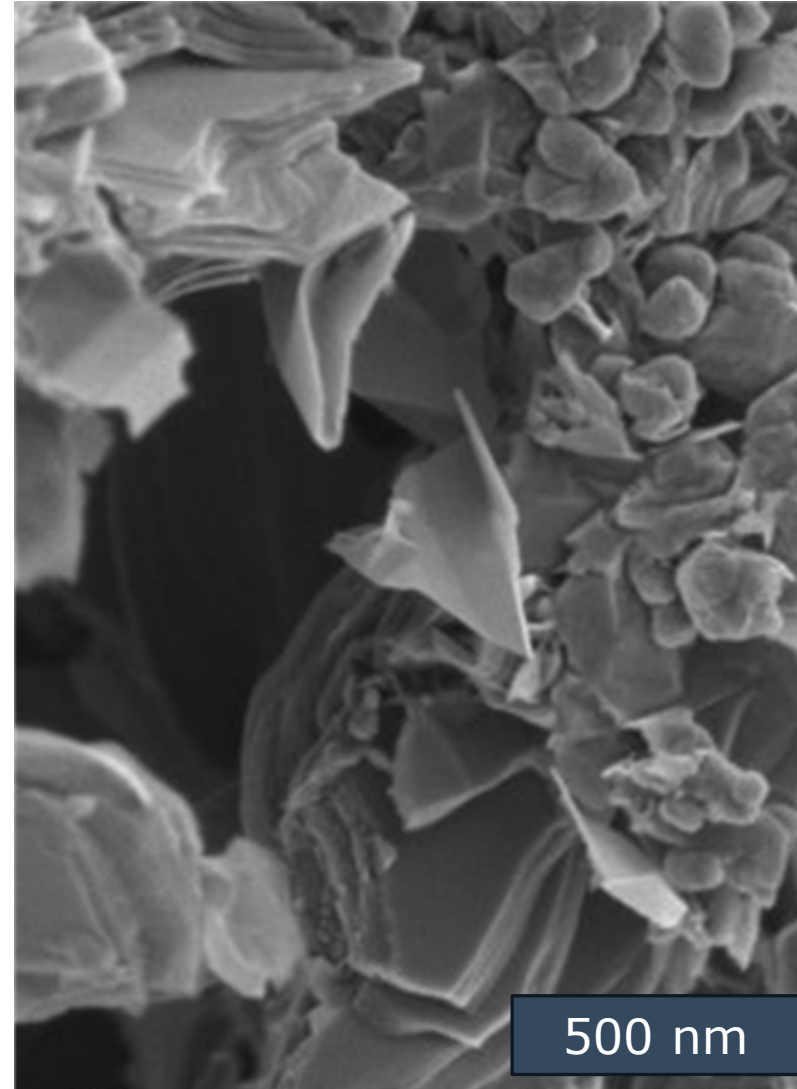


- Syntynyt hiili ehkäisee hiilidioksidipäästöjä
- Hiili sopii myös parhaimmillaan raaka-aineeksi, jonka valmistus olisi muuten vaatinut energiaa

Kiinteä hiili on jo poissa hiilikierrosta, mutta...

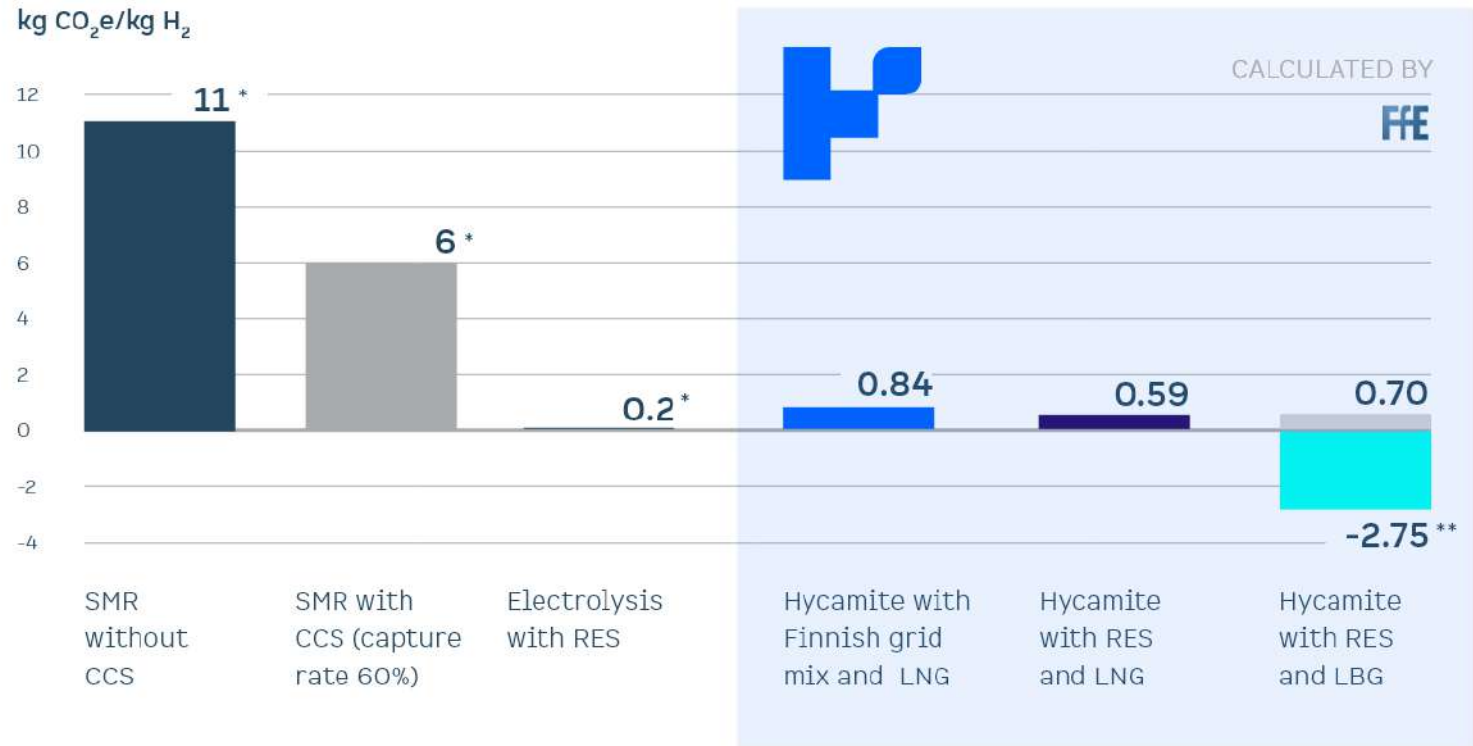
Syntyneet raaka-aineet vähentävät myös tarvetta tuottaa raaka-ainetta energiaa vaativin keinoin!

Ei siis ainoastaan poissa pahanteosta, vaan tekemässä hyvää omalla tavallaan.



Hiilen levymäistä grafiittia

Hycamiten vedyntuotanto muihin verrattuna



*Own calculations with the same inputs **Only if the CO₂ is permanently stored

SMR: steam methane reforming CCS: carbon capture and storage RES: renewable energy LNG: liquefied natural gas LBG: liquefied biogas

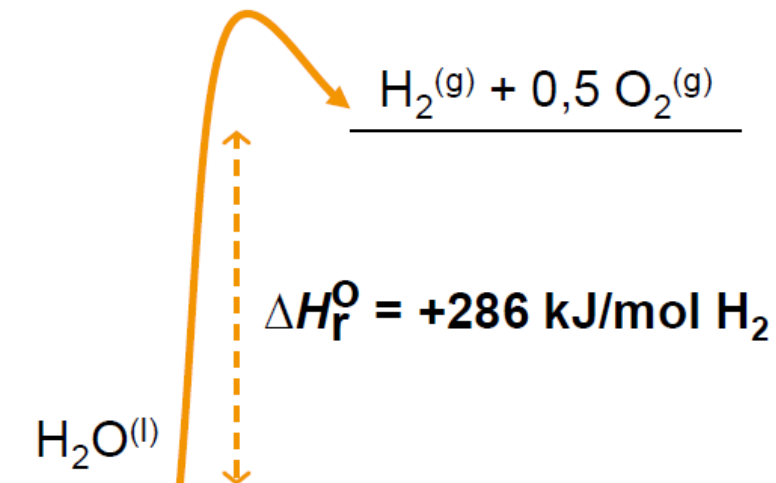
The main production methods - comparison



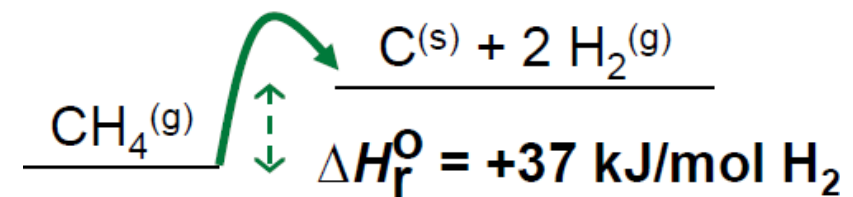
			Direct CO ₂ emissions in kg CO ₂ /kg hydrogen	Minimum energy demand in kJ/mol hydrogen*
State-of-the-art	Steam reforming of natural gas	$\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_2 + \text{CO}_2$	8.85	27
Option 1	Water electrolysis	$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$	0	286
Option 2	Methane pyrolysis	$\text{CH}_4 \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{C}$	0	37

Daloz, W., Frederik Scheiff, Kai Ehrhardt, Dieter Flick and Andreas Bode, The quest for CO₂-free hydrogen – methane pyrolysis at scale, ARPA-E Methane Cohort Kickoff, Houston (US), Dec 10, 2019.

H₂ from water electrolysis



H₂ from methane pyrolysis

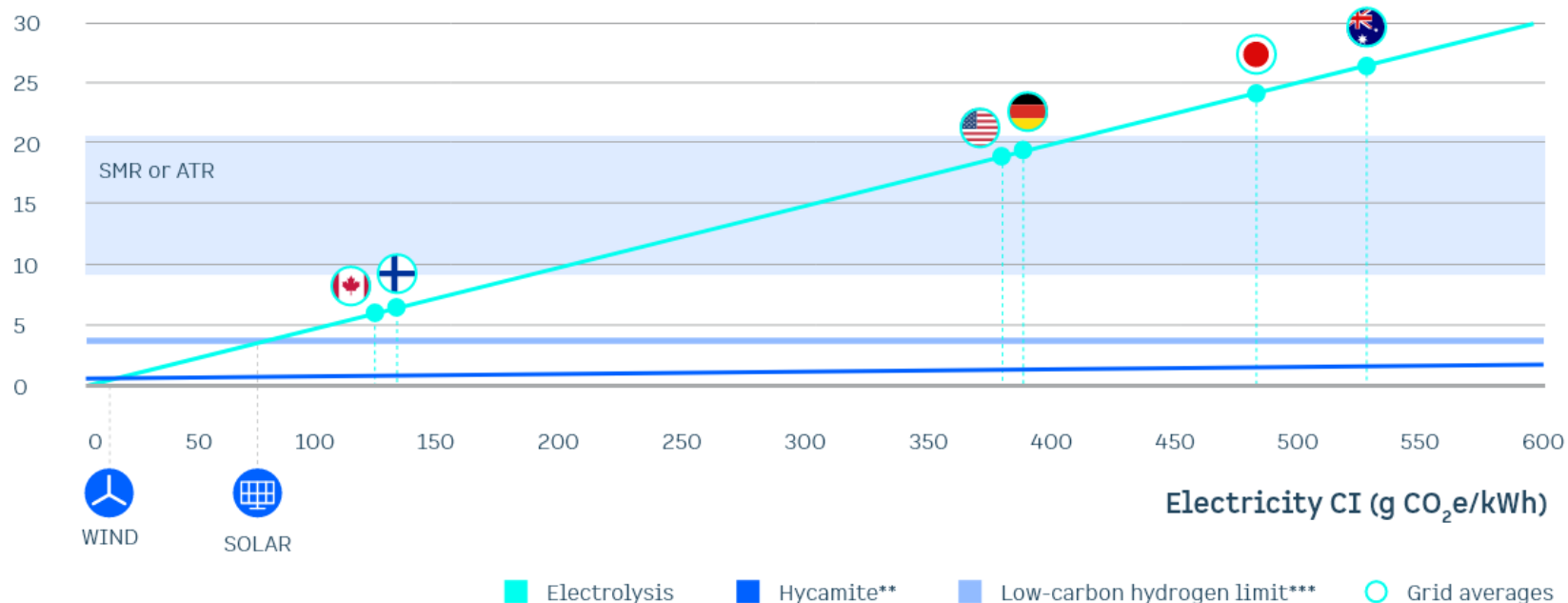


Comparison to electrolysis



Comparison of electrolysis and methane splitting carbon footprint based on the electricity carbon intensity (CI)

Footprint (kg CO₂e/kg H₂)



* ourworldindata.org/grapher/carbon-intensity-electricity

** Hycamite's emissions are based on the EU LNG mix (upstream) and the shown electricity CI

*** EU renewable hydrogen and Japan: 3.4 kg CO₂e/kg H₂, U.S.A.: 0.45 - 4 kg CO₂e/kg H₂ and Canada: 0.75 - 4 kg CO₂e/kg H₂

ATR: autothermal reforming
SMR: steam methane reforming

Uutisia Hycamiteltä



Canadian Hydrogen and Fuel Cell Association welcomes Hycamite as a new member

03.07.2023

Home / News / Canadian Hydrogen and Fuel Cell Association welcomes Hycamite as a new member

C H F C A

Meet a New Member

"We are happy to join the CHFCA, because Hycamite is committed to serving its clients in Canada. The advantages of the methane pyrolysis technology are already well-known in Canada and we can provide a solution for the growing demand of the Canadian industry."

- Ms Laura Rahikka, CEO and Founder



3.7.2023
**Kanadan vety- ja
polttoainjärjestö toivottaa
Hycamiten tervetulleeksi
porukkaansa.**

**Vaikka ryhmä voi nimensä
perusteella vaikuttaa laimealta,
yhteistä puhuttavaa löytyy kyllä!**

Uutisia Hycamiteltä



Hycamite raises 25 million euros from Sojitz and other investors to support low-carbon hydrogen production with methane pyrolysis

18.07.2023

Home / News / Hycamite raises 25 million euros from Sojitz and other investors to support low-carbon hydrogen production with methane pyrolysis



18.7.2023

Japanilainen Sojitz sijoittaa 25 M€ Hycamiten toimintaan.

Summa on varsinkin Suomen mittakaavassa valtava!

Sillä rahoitetaan uusi tuotantolaitos ja paljon tärkeää analytiikkaa.

Uutisia Hycamiteltä



NW Natural and Hycamite to explore opportunities for emissions-free hydrogen production technology in Oregon

02.10.2023

Home / News / NW Natural and Hycamite to explore opportunities for emissions-free hydrogen production technology in Oregon



2.10.2023

NW Natural, luoteisessa Amerikassa toimiva energiayhtiö, kirjoitti aiesopimuksen Hycamiten kanssa.

Teknologialle löytyy siis kysyntää idästä länteen!



Kiitos mielenkiinnostanne!