

VIHREÄN SIIRTYMÄN TUOTEKEHITYS - Hiilidioksidi



Hiilidioksidin talteenotto, varastointi ja hyödyntäminen

Energiantuotantoprosesseista vapautuvaa sekä jo ilmakehässä olevaa hiilidioksidia on mahdollista ottaa talteen ja varastoida tai hyödyntää uusiokäyttämällä sitä. Hiilidioksidia otetaan talteen ja käytetään joko suoraan (kemiallisesti muuttumattomana) tai epäsuorasti (muunnettuna) erilaisissa tuotteissa. Hiilidioksidia käytetään nykyisin pääasiassa lannoiteteollisuudessa ja raakaöljyn talteenotossa öljykentiltä. Uusia käyttökohteita ja -tarkoituksia, kuten esimerkiksi hiilidioksidipohjaisten synteettisten polttoaineiden, polymeerien, kemikaalien ja rakennuskiviainesten tuotanto ovat aktiivisen tutkimus- ja kehitystyön kohteena uusiutuvan vedyn tuotannon lisääntyessä.

CCUS (Carbon Capture Utilization and Storage) - CCUS tarkoittaa hiilidioksidin talteenottoa yleensä suoraan suurista päästölähteistä, kuten sähköntuotannosta tai teollisuuslaitoksista, jotka käyttävät fossiilisia energialähteitä tai biomassaa polttoaineenaan. Jos talteenotettua hiilidioksidia ei uusiokäytetä paikan päällä, se puristetaan ja kuljetetaan siirtoputkistoissa tai rahtina käytettäväksi erilaisissa jatkosovelluksissa. Vaihtoehtoisesti se voidaan injektoida syviin geologisiin muodostumiin, kuten tyhjentyneisiin öljy- ja kaasusäiliöihin tai suolapitoisiin pohjavesiesiintymiin (IEA).

BECCS (Bioenergy with Carbon Capture and Storage) - Bioenergia hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin avulla (BECCS) tarkoittaa hiilidioksidin talteenottoa ja pysyvää varastointia prosesseissa, joissa biomassaa muutetaan polttoaineiksi tai poltetaan suoraan energian tuottamiseksi. Koska kasvit sitovat hiilidioksidia kasvaessaan, tämä on tapa poistaa hiilidioksidia ilmakehästä (IEA).

DAC (Direct Air Capture) - Hiilidioksidin talteenotto suoraan ilmakehästä. DAC-teknologiat mahdollistavat hiilidioksidin poiston suoraan ilmakehästä, toisin kuin hiilidioksidin talteenotto, joka yleensä toteutetaan päästökohdeissa, kuten teollisuuslaitoksessa. Hiilidioksidi voidaan varastoida pysyvästi syvälle geologisiin muodostumiin tai käyttää erilaisiin sovelluksiin (IEA).

Hiilidioksidin talteenottotekniikat energiateollisuudessa

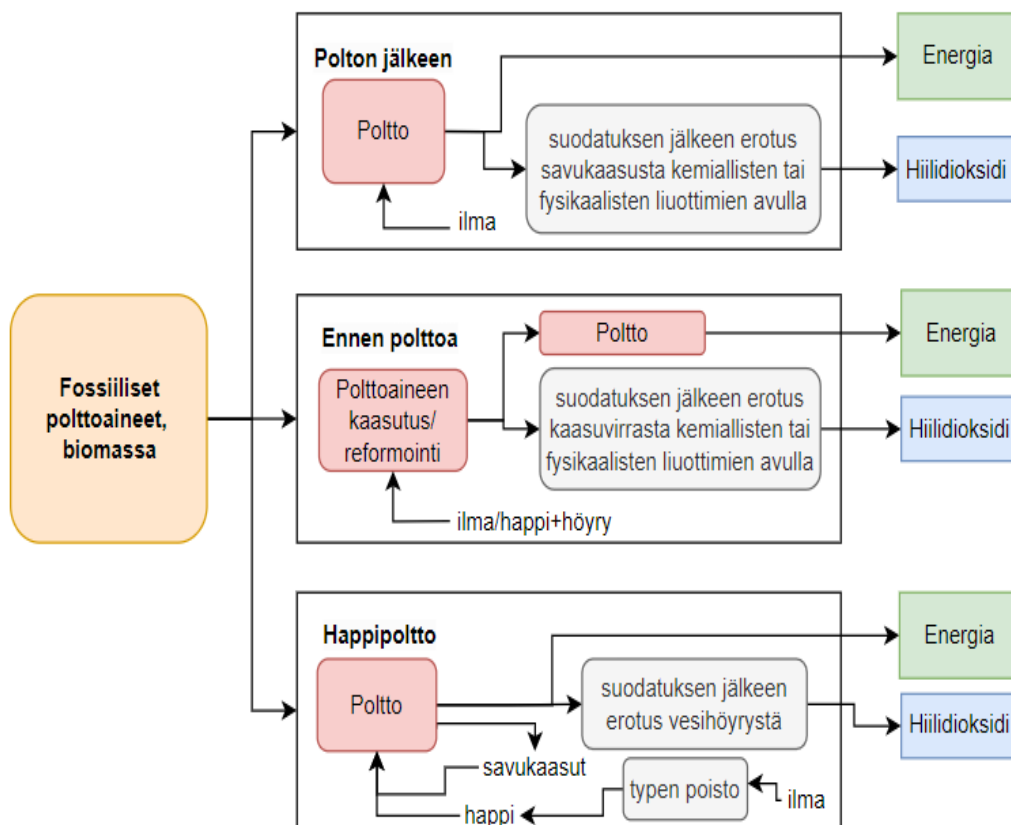
Hiilidioksidin talteenottotekniikat voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään sen mukaan, miten ja missä vaiheessa hiilidioksidi otetaan talteen. Talteenotossa on lisäksi paljon erilaisia erottelumenetelmiä, joita tässä yhteydessä ei erityisemmin esitellä.

Polton jälkeinen talteenotto savukaasuista (post-combustion capture) - Hiilidioksidia talteenotetaan palokaasuista kemiallisten tai fysikaalisten liuottimien avulla. Hiilivetyihin perustuva polttoaine poltetaan, jolloin palamisessa syntyy palokaasua. Palokaasu sisältää mm. hiilidioksidia, hiilimonoksidia, rikki- ja typpiyhdisteitä sekä tuhkaa. Palokaasut puhdistetaan vaihe kerrallaan ja lopulta hiilidioksidi imeytetään liuottimeen, josta se erotetaan haihduttamalla kaasuksi.

(<https://publications.vtt.fi/pdf/workingpapers/2011/W161.pdf>)

Talteenotto ennen polttoa polttoaineesta (pre-combustion capture) - Hiilidioksidia talteenotetaan hiilivetyihin perustuvasta polttoaineista ennen polttoprosessia. Ennen polttoprosessia polttoaine kuumennetaan vähähappisessa kaasuttimessa korkeaan lämpötilaan. Kaasutus hajottaa polttoaineen polttokaasuseokseksi, josta suodatusprosessissa erotellaan laitteille ja ympäristölle haitalliset komponentit. Tämän jälkeen puhdistettu tuotekaasu sisältää vetyä, hiilidioksidia ja hiilimonoksidia ja sitä hyödynnetään esim. IGCC-voimalaitoksen (Integrated Gasification Combined Cycle) energiantuotantoprosessissa. Tuotekaasu käsitellään lisäksi vesikaasun siirtoreaktion avulla, jolloin se reagoi höyryn tai happi-höyrysekoituksen kanssa muodostaen lähinnä vedystä ja hiilidioksidista koostuvaa kaasua. Tästä kaasusta hiilidioksidi voidaan erottaa fysikaalisilla tai kemiallisilla tekniikoilla. (<https://publications.vtt.fi/pdf/workingpapers/2011/W161.pdf>)

Talteenotto happipolton avulla (oxy-fuel combustion) - Happipolttotekniikkaan perustuvassa hiilidioksidin erotuksessa polttoaineseos koostuu lähes puhtaasta hapesta ja kierrätetystä savukaasusta. Hapenerotusyksikön ansiosta palokaasu ei sisällä typpeä eikä savukaasuun siten muodostu haitallisia typpiyhdisteitä. Savukaasu sisältää hiilidioksidia, vesihöyryä ja jonkin verran epäpuhtauksia ja tuhkaa. Tuhka ja epäpuhtaudet suodatetaan ja jäähdyttämällä savukaasua siitä poistetaan vesihöyry. Jäljelle jäänyt puhdas hiilidioksidikaasu paineistetaan varastointia varten. (<https://publications.vtt.fi/pdf/workingpapers/2011/W161.pdf>)



Kuvassa kolme hiilidioksidin talteenottovaihtoehtoa. ([VTT - Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi \(CCS\) – Teknologia katsaus https://publications.vtt.fi/pdf/workingpapers/2011/W161.pdf](https://publications.vtt.fi/pdf/workingpapers/2011/W161.pdf))

Hiilidioksidin kuljetus ja varastointi

Hiilidioksidia voidaan siirtää siirtoputkistoja pitkin tai kuljettaa maanteitse, rautateitse tai meriteitse. Kuljetusmenetelmä valitaan varastointi- tai käyttökohteen sijainnin, matkan pituuden ja kuljetettavan hiilidioksidin olomuodon mukaan. Hiilidioksidi voidaan paineistaa kaasuksi tai jäädyttää ja paineistaa nestemäiseen olotilaan. Paineistun hiilidioksidin siirtämiseen putkistoissa on yhtäläisyyksiä hiilivetykaasujen, kuten maakaasun siirtämiseen. Se soveltuukin tulevaisuuden pitkien välimatkojen siirtoinfraksi. Nesteytetyn hiilidioksidin käsittelyssä ja kuljetuksessa on mahdollista hyödyntää nestekaasun siirtoteknologiaa.

Talteenoton jälkeen hiilidioksidi on varastoitava pysyvästi eristettynä ilmakehästä. Kompressoitu hiilidioksidi voidaan varastoida geologisiin muodostumiin, kuten ehtyneet kaasu- ja öljyesiintymät, suolaiset pohjavesikerrostumat ja muut huokoiset geologiset muodostumat.

Hiilidioksidin hyödyntäminen

Hiilidioksidia käytetään niin sanotussa *tehostetussa öljyn talteenotossa* (EOR, Enhanced Oil Recovery), jossa hiilidioksidia pumpataan öljykentän sisään ehtyvän lähteen käytön jatkamiseksi tai tehostamiseksi. Toinen vastaava on *tehostettu kaasun talteenotto* (EGR, Enhanced Gas Recovery), jossa kaasuja, kuten hiilidioksidia pumpataan kaasukentän sisään kaasun talteenoton nopeuttamiseksi. Molempia voidaan hyödyntää myös hiilidioksidin pysyvään varastointiin pumppaamalla hiilidioksidia ehtyneiden kenttien sisään ja sen jälkeen sinetöimällä ne.

Puhdistettua hiilidioksidia käytetään kasvien kasvattamiseen kasvihuoneissa sekä tulevaisuudessa enenevissä määrin esimerkiksi erilaisten levien ja bakteereiden kasvattamiseen, joiden avulla voidaan valmistaa lannoitteita, eläinten rehua, biopolttoaineita yms. Hiilidioksin sisältämä hiilihän on läsnä kaikissa orgaanisissa yhdisteissä, joten teoriassa hiilidioksidia voi käyttää tulevaisuudessa lukemattomien erilaisten hiiltä sisältävien hyödykkeiden valmistamiseen.

Negatiivisten päästöjen teknologiat

CDR (*carbon dioxide removal*) eli *hiilidioksidin poistoon* on jo olemassa useita menetelmiä. Osa niistä perustuu luonnon omiin mekanismeihin, kuten hiilen sidonta kasvavaan biomassaan (esim. metsitys) ja osa teknologisiin ratkaisuihin. Tällaisia teknologioita ovat **DAC** tai **DACCS** (*Direct Air Carbon Capture and Storage*), eli *hiilidioksidin suora talteenotto* ilmakehästä sekä **BECCS** (*Bioenergy with Carbon Capture and Storage*) eli bioenergian tuotanto yhdistettynä hiilidioksidin talteenottoon ja varastointiin. Näitä teknologioita kutsutaan *negatiivisten päästöjen teknologioiksi* (*NET, Negative Emission Technologies*). Nämä teknologiat mahdollistavat hiilidioksidin poiston ilmakehästä joko pysyvästi tai erittäin pitkäksi aikaa (nk. teknologinen hiilinielu)

NET on konseptina vielä alkuvaiheessa ja sen hyötyjen selvittäminen laajassa mittakaavassa edellyttää paljon tutkimus- ja kehitystyötä.

Tutustu Suomen ilmastopaneelin raporttiin [Tehnologisten hiilinielujen mahdollisuudet ja niiden edistäminen Suomessa](https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2023/12/ilmastopaneelin-raportti-5-2023-teknologisten-hiilinielujen-mahdollisuudet-ja-niiden-edistaminen-suomessa.pdf). <https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2023/12/ilmastopaneelin-raportti-5-2023-teknologisten-hiilinielujen-mahdollisuudet-ja-niiden-edistaminen-suomessa.pdf>

VIHREÄN
SIIRTYMÄN
TUOTEKEHITYS

