

Biohiili

Annakaisa Elo – HAMK, Hämeen ammattikorkeakoulu HAMK



Tämä teos on lisensoitu Creative Commons Nimeä-EiKaupallinen-JaaSamoin 4.0 Kansainvälinen -lisenssillä.
Tarkastele lisenssiä osoitteessa <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Kaupallinen käyttö sallittu vain KiertotalousAMK-hankkeen 2018–2020 (OKM rahoituspäätös OKM/302/523/2017) partnereille.

30.9.2020

kiertotalousamk.fi

kierto-
talous
AMK
CIRKULÄR EKONOMI YH
CIRCULAR ECONOMY UAS



Opetus- ja
kulttuuri-
ministeriö

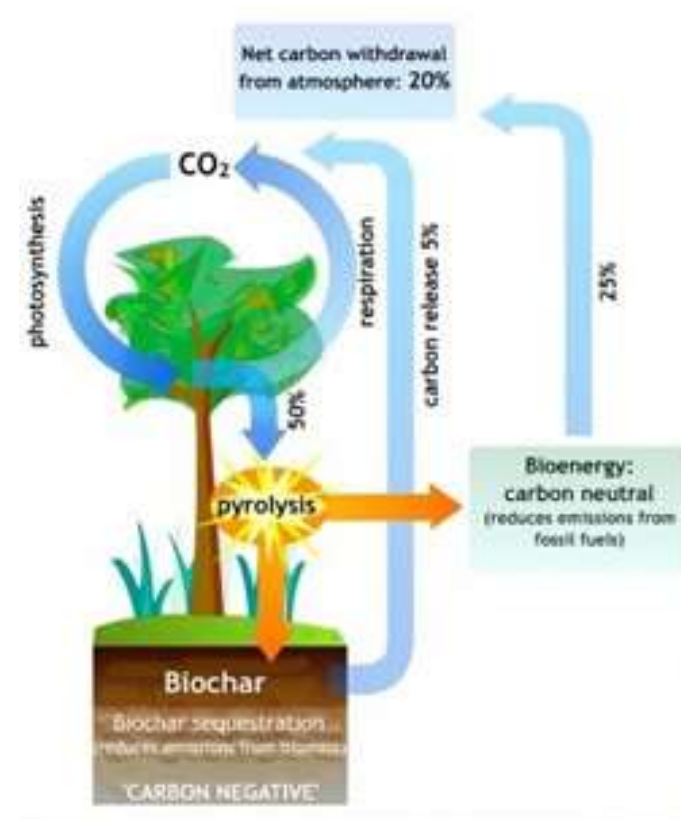
Osa 1/3: Mitä on Biohiili?

SISÄLTÖ

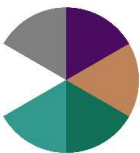
- Mitä biohiili on?
- Biohiilen rakenne ja ominaisuuksia
- Biohiili ja ilmastonmuutos



Kuva: Annakaisa Elo



Kuva: <https://biochar-us.org>



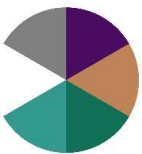
Mitä on *B/Ohiili*?



[This Photo](#) by Unknown Author is licensed under [CC BY-SA](#)



Kuva: Annakaisa Elo



Mitä biohiili *EI* ole?

Grillihiihi, charcoal,

puuhiili: energiakäyttöön tuotettu hiili, vapauttaa sidotun hiilen (CO₂) takaisin ilmaan poltettaessa.



Torrefioitu, hiilestetty biomassa:

biomassan energiapotentiaalin tiivistämistä, käytetään vain energiatuotantoon, tuotetaan alhaisemmassa lämpötilassa (< 300 °C).

HTC (märkähiili, hydroterminen hiili):

valmistetaan paineessa ja alhaisessa lämpötilassa. Saatetaan käyttää maanparannuksessa (ravinteiden sitominen) mutta useimmiten energian varastointiin.

Noki:

epätäydellisessä palamisessa syntyvä musta hiilipitoinen aine. Sisältää yli 99 % hiiltä (orgaanisen ja epäorgaanisen hiilen seos) sekä lisäksi pieniä määriä vety-, happi- ja rikkiyhdisteitä.

Aktiivi-, tekninen hiili, activated carbon:

valmistetaan hiilestä "räjäyttämällä" esimerkiksi vesihöyryllä, käyttö erilaisissa suodattimissa. Useimmiten kivihiilipohjaista. *Aktiivihiieltä voidaan tehdä biohiilestä.*



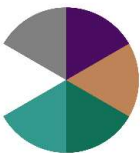
Mitä on *biohiili*?

”Pyrolysoitu kiinteä aine, jota käytetään tavalla, joka sitoo hiiltä ilmakehästä ja jossain vaiheessa elinkaarta biohiili päättyy maanparannusaineeksi”, ei polteta energiaksi”

Biohiili, biochar: maaperähiili, jossa biomassan *luonnollinen huokosrakenne* on säilynyt, tuotetaan hapettomassa pyrolyysissä, kuivatislauksessa (300-800°C)
Sivutuotteena saadaan puutislettä (wood vinegar), pyrolyysiöljyä, synteesikaasuja ja lämpöenergiaa.

Biochar definition according to EBC: *Biochar is obtained by pyrolysis of sustainably obtained biomass under controlled conditions with clean technology. All applications involving the rapid mineralization to CO₂ are excluded.*

Biohiili on huokoista, hiilipitoista, kiinteää ainetta, jota syntyy käsittelemällä biomassaa termokemiallisesti happiköyhissä olosuhteissa.



Biohiilen historiaa

(Bio)hiiltä esiintyy luonnostaan maaperässä maapallolla monin paikoin (kaikkialla?). Tämä hiili on joko syntynyt joko ruohikko- tai maastopalojen seurauksena. On mm esitetty että Yhdysvaltojen viljelyalueiden satoisuus perustuu maaperän suureen hiilimäärään, joillain alueilla jopa 45 % maaperästä

Ihmisen tuottama biohiili:

- Terra Preta Amazonin alueella
 - Ravinnerikasta ihmiset tuottamaan maaperää, arviolta 8000 vuoden takaa. Muutoin ravinneköyhä trooppinen maaperä on pysynyt näillä alueilla hedelmällisenä vuosituhansia.
- Riisin kuorista valmistettua biohiiltä on suositeltu maaperän parannukseen Japanissa ainakin viime vuosisadan alussa.
 - Aasiassa biohiilellä pitkät perinteen (tuhansia vuosia)

Euroopassa:

- Puuhiiltä on valmistettuja käytetty metallien sulattamiseen satoja vuosia
- Lääkehiiltä käytetty jo historiallisista ajoista
- **Kaskikulttuuri ja kydöt maanviljelyssä**
- **Tervan valmistus**



[This Photo](#) by Unknown Author is licensed under [CC BY-SA](#)



Biohiilen rakenne ja ominaisuuksia

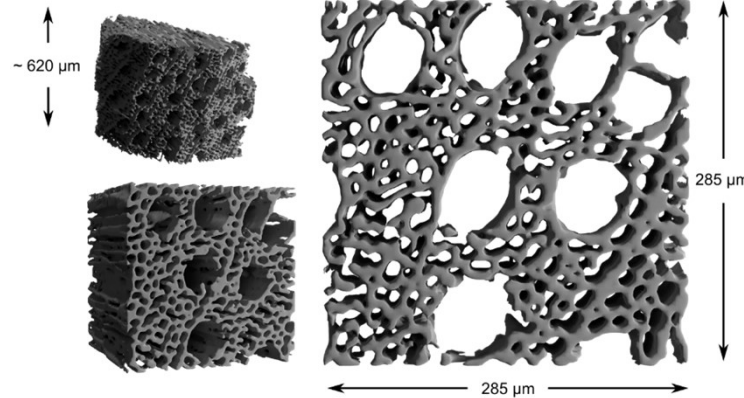
– samaan aikaan yksinkertainen ja monimutkainen

Biohiilen ominaisuuksia ovat mm:

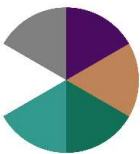
- Korkea hiilipitoisuus
- Hiili aromaattisessa muodossa = bentseenirenkaina
- kemiallisesti pysyvä rakenne
- Suuri pinta-aktiivisuus, CEC
- Kevyt ja erittäin huokoinen rakenne;
 - huokospinta-ala 500 – jopa 1000 m²/g (aktiivihiihen luokkaa) = grammassa biohiiltä tenniskentän verran aktiivista pinta-alaa.



Kuva Annakaisa Elo



Kuva Jari Hyväluoma



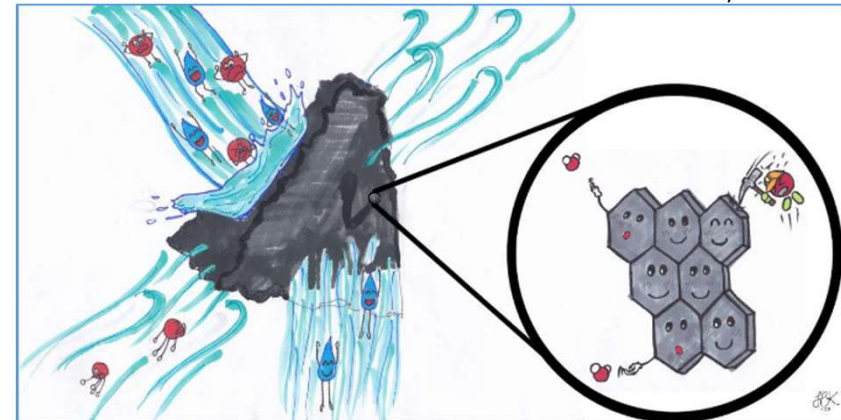
Biohiilen ominaisuuksista

Biohiilen fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet määrittyvät sekä lähtömateriaalin ja tuotantoteknologian mukaan. Nämä määrittävät biohiilen käyttöominaisuudet eri sovelluksissa.

- Korkea hiilipitoisuus (60 – 98 %)
- Ei hajoa biologisesti
 - Pysyy maaperässä ainakin 300 – 20 000 vuotta
- Merkittävä adsorptiokyky
- Ravinteet (raskasmetallit, haitta-aineet) sitoutuvat rakenteisiin
- Erinomainen kosteudenpidätyskyky
- Tehostaa mikrobien kasvua



Picture: City of Stockholm



Kuva: Helena Kallio



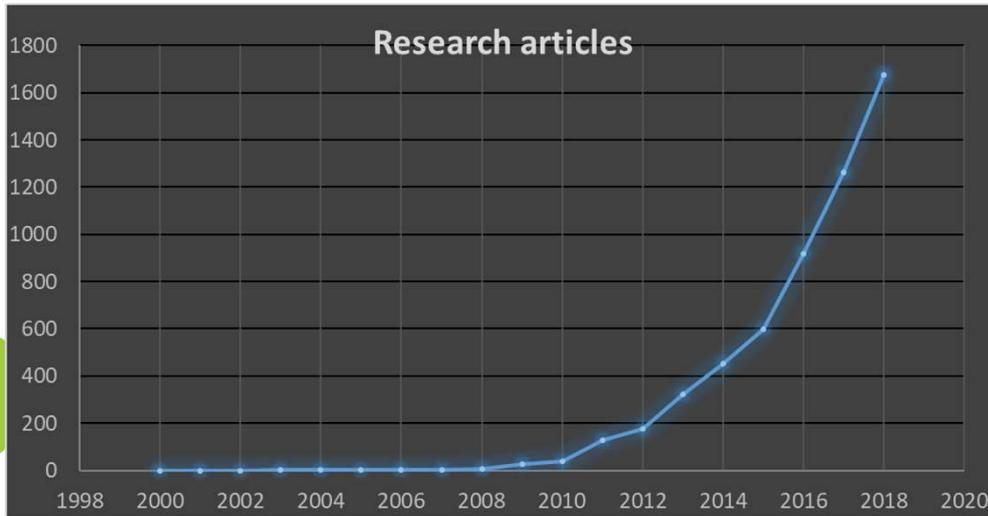
Biohiili ≠ biohiili

Biohiilen ominaisuuksiin vaikuttavia parametreja valmistusvaiheessa mm:

- Pyrolyysiprosessin kesto (hidas vs nopea pyrolyysi)
 - Syöte (lähtömateriaali)
 - Kosteus
 - Partikkelikoko
 - Koostumus (ligniinipitoisuus ym)
 - Huokoskoko
 - Lämpötilaprofiili
 - Paine
 - Pyrolyysiprosessin korkein lämpötila
 - Pyrolyysiuuni:
 - Muoto ja mittasuhteet
 - Sekoitus
 - Katalyyysi
 - Esikäsittelyt:
 - Kuivaus
 - Aktivointi
 - Pelletöinti
- Biohiili voidaan ravinneaktivoida tai –ladata sen valmistusvaiheessa, näin saadaan mm. ravinteet imeytettyä parhaiten – perinteisesti käytetty esimerkiksi lehmänvirtsaa kuumen biohiilen sammutukseen
- Voidaan aktivoida monin eri tavoin, säätää pH tai lisätä metalleja



Biohiilitutkimusta ja projekteja



Kuva: Science Direct

Biohiili kiinnostaa ympäri maailmaa!
Tutkimusten määrä on lisääntynyt
eksponentiaalisesti muutaman viime vuoden
aikana

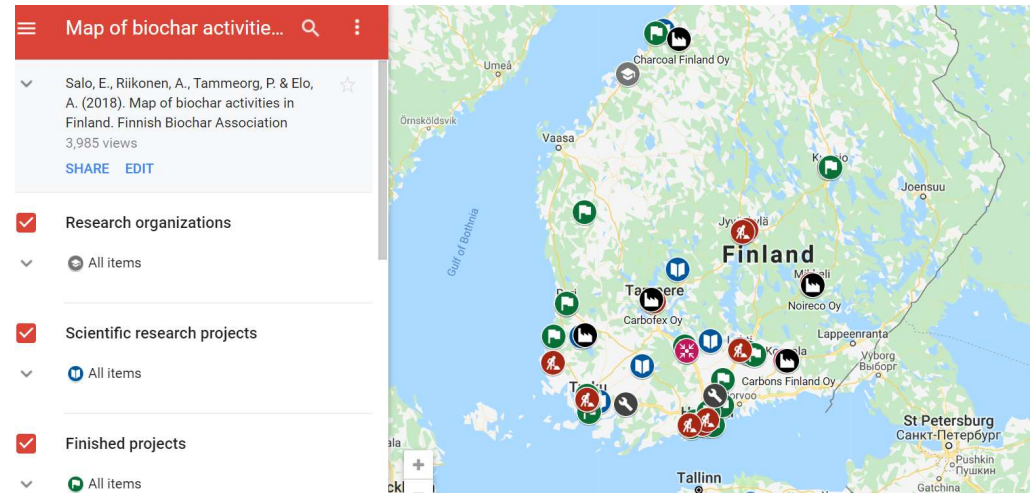
Suomessa:

Suomen Biohiiliyhdistys:

<https://www.suomenbiohiili.fi/>

Biohiilikartta:

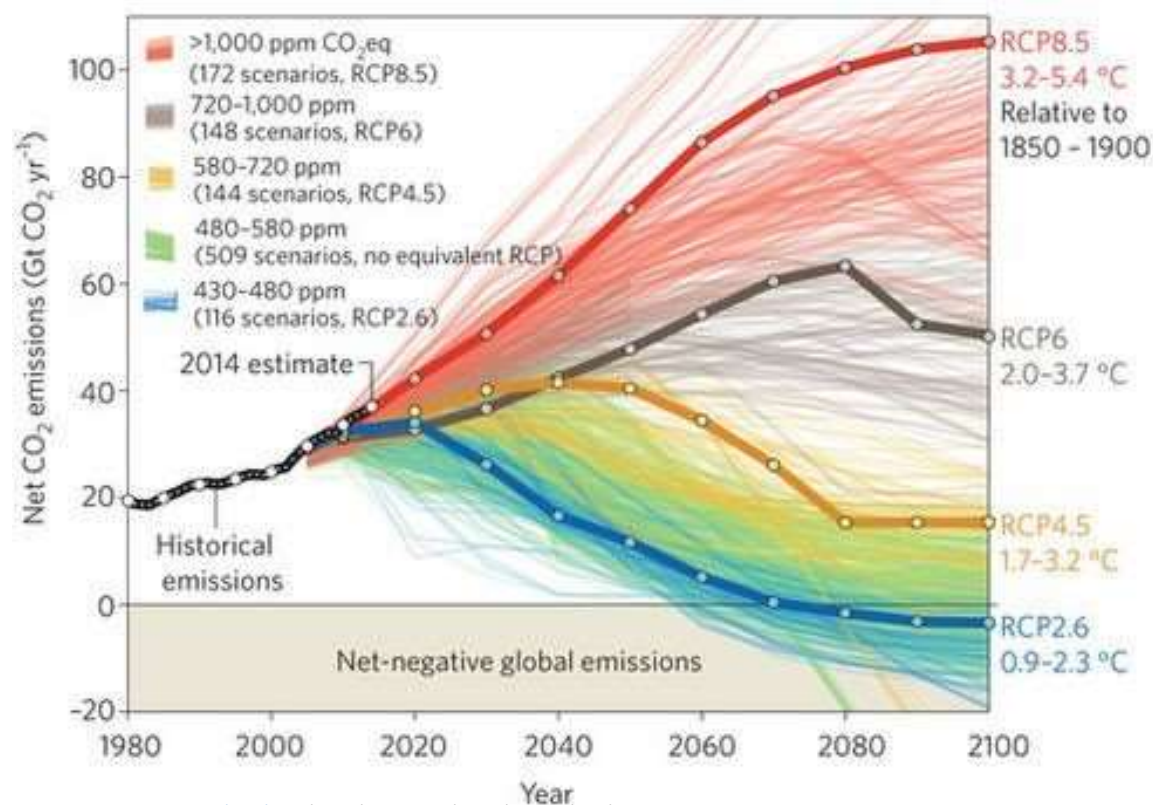
<https://www.suomenbiohiili.fi/biohiilikartta/>



Biohiilikartta: suomenbiohiili.fi



Miksi biohiili kiinnostaa? Ilmaston lämpenemisskenaariot



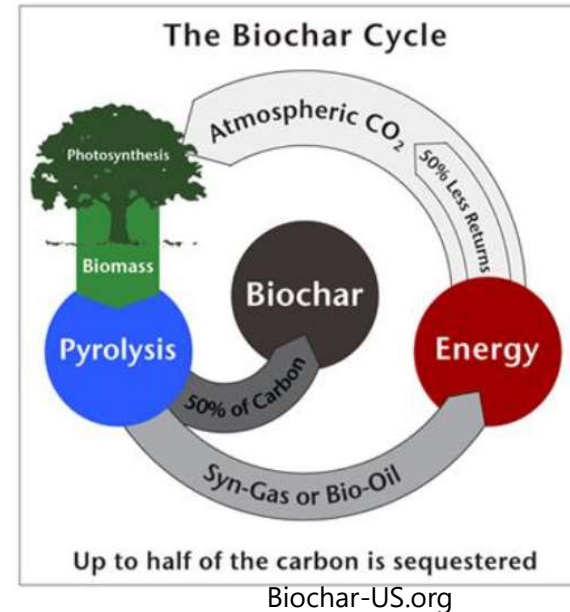
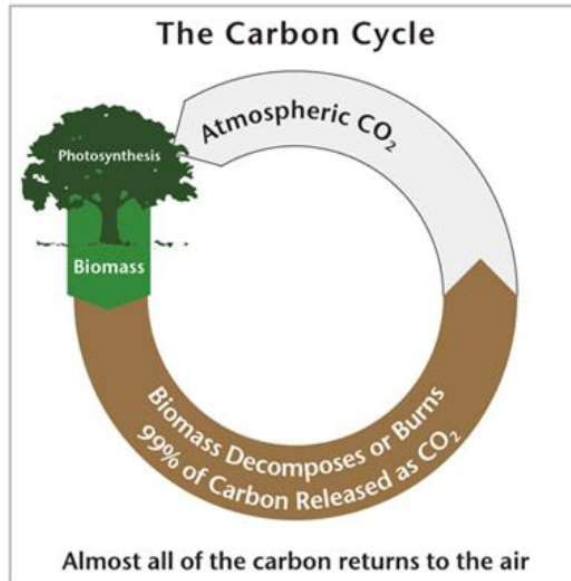
This Photo by Unknown Author is licensed under [CC BY-SA-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

- Ilmaston lämpenemisnopeus ja hiilidioksidin määrä ilmakehässä on useiden tutkimusten mukaan pisteessä, että pelkkä fossiilisista polttoaineista luopuminen ja uusiutuvan energian käyttö ei riitä
- Kehitettävä ja edistettävä ilmastohiilen sitomiseen tähtäviä tekniikoita (NETS)



Miksi biohiili kiinnostaa?

Biohiili on pitkäaikainen *hiilinielu*



- Bioenergia = hiilineutraali
- Biohiili (pyrolyysi) = *hiilinegatiivinen*
- **1 tn biohiiltä = 3,5 tn CO₂, pois ilmakehästä 300 – 20 000 vuotta**
- **Hiilimarkkinat, kasvava ala tulevaisuudessa mm. Puro- markkinapaikka**
- Pariisin ilmastopimus, IPCC-kokoukset
- *Suomen hallitusohjelmassa mainittu biohiili*

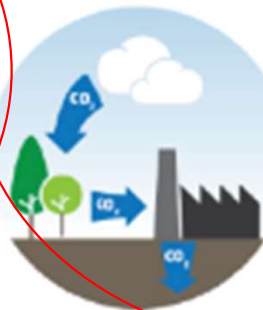


Hyväksytyt NETS –tekniikoita (IPPC)

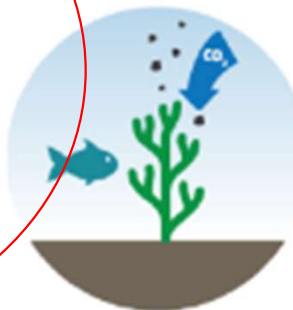
Several carbon dioxide removal options have been proposed:



Afforestation and Reforestation
Tree growth takes up CO₂ from the atmosphere.



Bioenergy with carbon capture and storage
Plants turn CO₂ into biomass that fuel power plants. CO₂ captured and stored underground.



Ocean fertilization
Iron or other nutrients are applied to the ocean increasing CO₂ absorption.



Biochar
Partly burnt biomass is added to soils absorbing additional CO₂.



Enhanced weathering
Crushed minerals are applied to soil for chemical CO₂ absorption.



Direct Air Capture
CO₂ is removed from ambient air through chemical processes and stored underground.



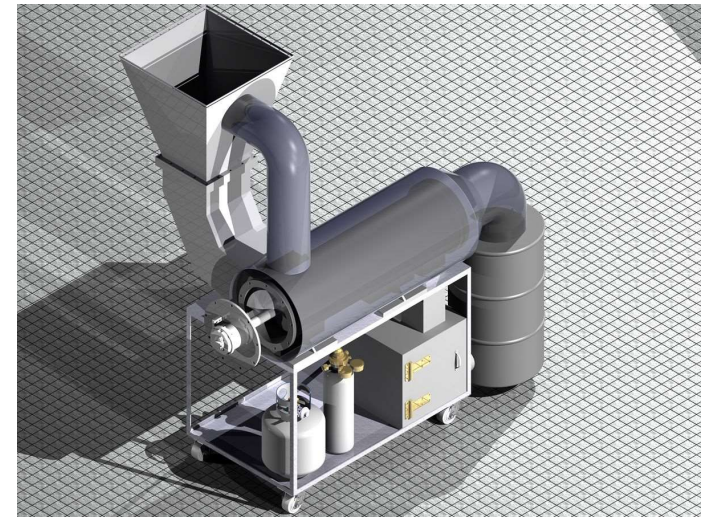
Biohiilen valmistus

Annakaisa Elo



Sisältö

- Pyrolyysi ja sen periaatteet
- Pyrolyysituotteet
- Biohiilen valmistus
 - Kotitarvemittakaavasta kaupallisiin toimijoihin
- Biohiilen turvallisuus- ja laatu järjestelmät



[This Photo](#) by Unknown Author is licensed under [CC BY-SA](#)



[This Photo](#) by Unknown Author is licensed under [CC BY-SA](#)



[This Photo](#) by Unknown Author is licensed under [CC BY-SA](#)



Määritelmiä:

Pyrolyysi tai kuivatislaus. Orgaanisia kiinteitä aineita hajotetaan kuumentamalla niitä hapettomissa tai niukkahappisissa olosuhteissa (“lysis” = hajoaminen). Pyrolyysi on irreversiibeli kemiallinen reaktio, jossa makromolekyylit pilkkoutuvat. Kuivatislauksessa syntyy mm. hiiltä, tervaa, etikkahappoa, erilaisia hiilivetyjä ja hiilimonoksidia. Syntyvien kaasujen palaminen vapauttaa energiaa.



[This Photo](#) by Unknown Author is licensed under [CC BY-SA](#)

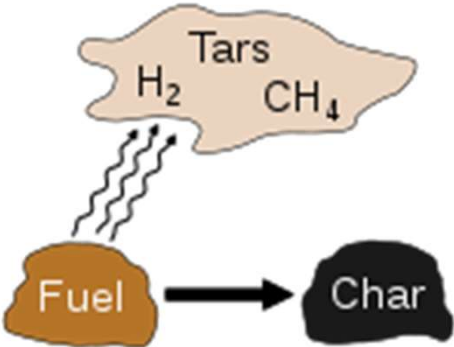


[This Photo](#) by Unknown Author is licensed under [CC BY-SA](#)

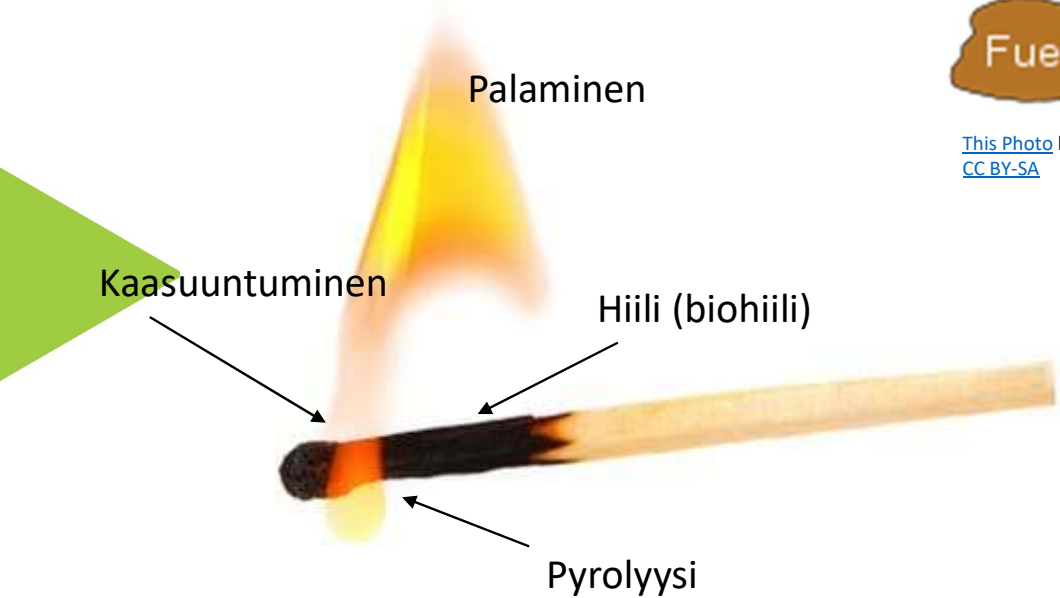
Palaminen, orgaaninen aine reagoi hapen kanssa. Reaktiossa vapautuu lämpöenergiaa ja syntyy mm. vettä ja hiilidioksidia, jäännöksenä muodostuu tuhkaa palamattomasta mineraaliaineksesta. Myös lahoaminen ja soluhengitys ovat (hidasta) palamista.



Pyrolyysi:



[This Photo](#) by Unknown Author is licensed under [CC BY-SA](#)



Modified [This Photo](#) by Unknown Author is licensed under [CC BY-SA](#)



Biohiilen valmistus

- Biohiiltä valmistetaan pyrolyysiprosessilla, jota kutsutaan myös kuivatislaukseksi:
- Yksinkertainen menetelmä: Hiilipitoista (orgaanista) raaka-ainetta kuumennetaan happiköyhissä olosuhteissa ja riittävän korkeassa lämpötilassa.
 - Prosessista riippuen pyrolyysilämpötilat vaihtelevat n. 300 – 800 °C:n välillä.
 - Jos lämpötila nostetaan 800 °C:n yläpuolelle, menetetään biohiilen raaka-ainetta kaasuuntumisen vuoksi.
 - Korkeissa lämpötiloissa tuhka ja hiili alkavat muodostaa epätoivottuja yhdisteitä (lasimaista massaa tai toksisia yhdisteitä).
- Tavoitteena on säilyttää biohiilessä alkuperäisen lähtömateriaalin kiinteä hiilipitoinen aines, (soluseinät).
 - Puuta pyrolysoitaessa puun sisältämät nesteet, ns. kevyemmät hiilyhdisteet ja ligniini kaasuuntuvat.
 - Jäljelle jää selluloosan sisältämä hiili puun alkuperäisen soluseinämä- ja huokosrakenteen paikalle.
 - Näin muodostuu biohiilelle tyypillinen erittäin huokoinen pääasiassa kemiallisesti stabiilista hiilestä muodostunut rakenne, hiili ”mineralisoituu”, muodostaen grafeenin kaltaisia rakenteita

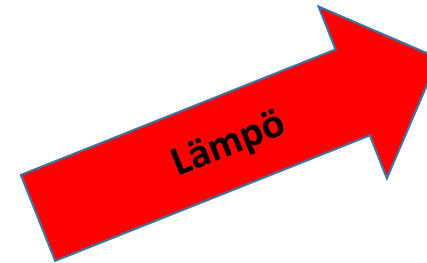
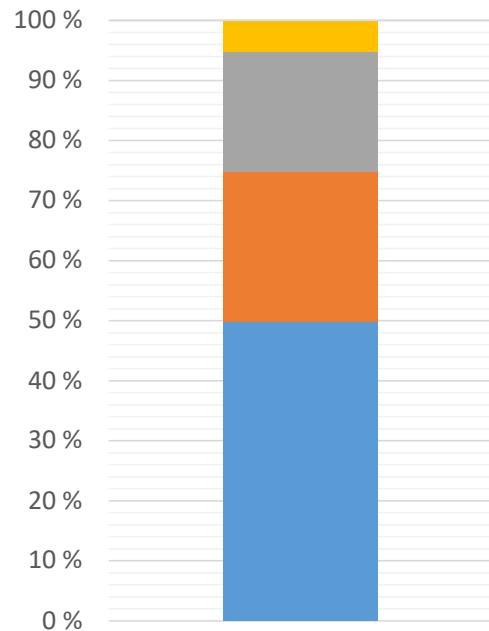


Pyrolyysi:

- Pyrolyysissa materiaalin hiilipitoiset yhdisteet kuten hemiselluloosa ja ligniinin komponentit kaasuuntuvat. Jäähtyessään nämä kaasut kondensoituvat mm. etikkahapoksi ja bioöljyiksi, jäljelle jää kiinteä biohiili.
- Prosessivaihtoehdot: Hidas pyrolyysi vs nopea pyrolyysi vs kaasutus
 - Pyrolyysimenetelmä halutun lopputuotteen mukaan: biohiili, öljyt, kaasu (energia)



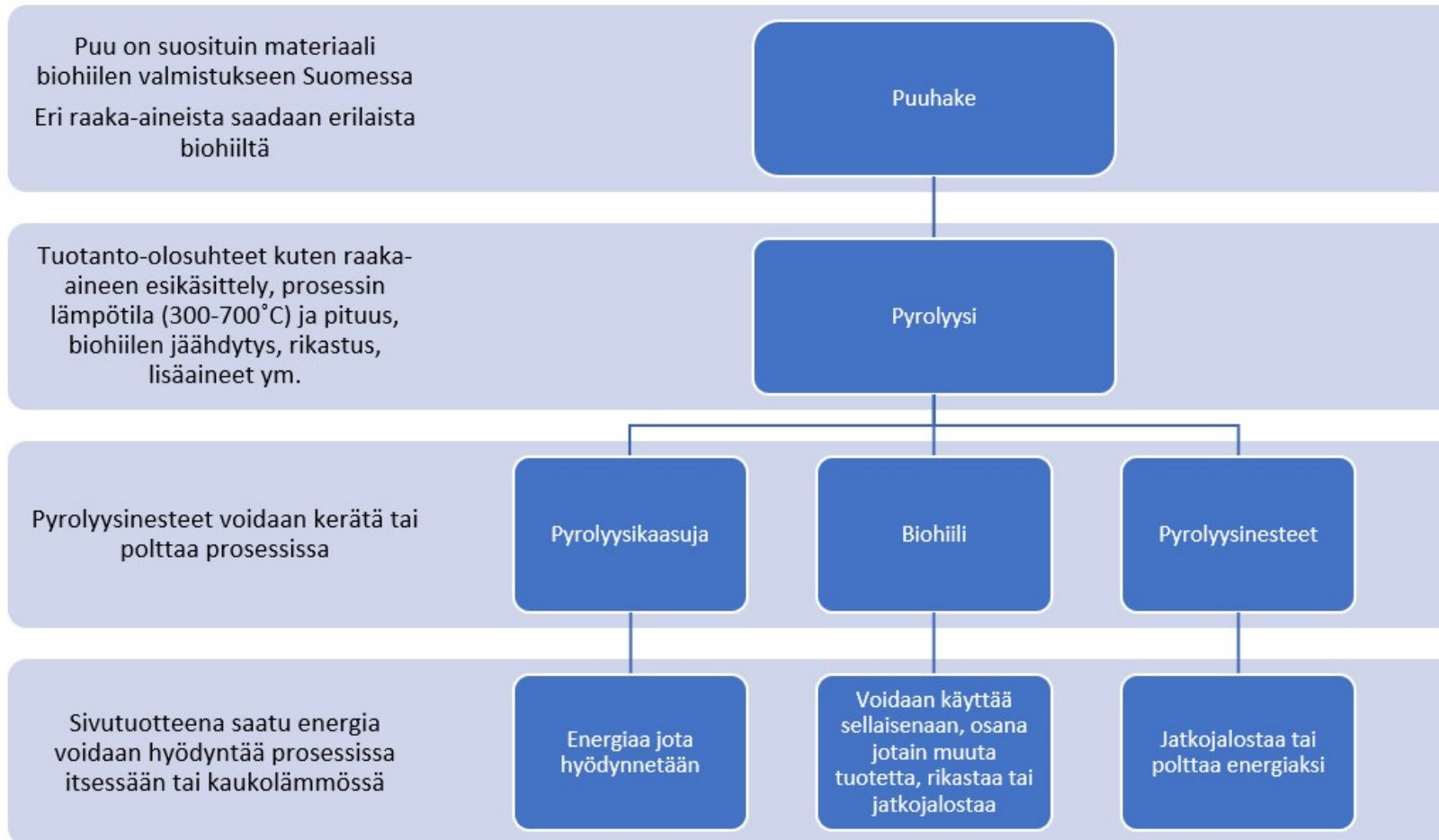
P
Y
R
O
L
Y
Y
S
I



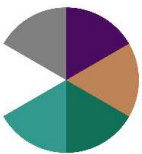
- Biochar
- Oil
- Gas
- Vood Winegar



Biohiilen valmistus



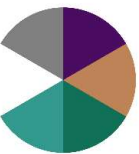
Kuva: Esko Salo



Biohiilen valmistus

Erilaisia biomassan käsittelyprosesseja voidaan myös yhdistää:

- 1) Samasta biomassasta voidaan fraktioida osa (bio)kaasun tuotantoon ja pyrolysoida osa biohiileksi
- 2) Tai biokaasun mädätysjäännöksen kuivajae voidaan pyrolysoida (HSY, GASUM ja HAMK testaavat)
 - Ravinteiden talteenotto tehokasta
 - Mädätysjäänteiden mahdolliset haitta-aineet poistuvat tai vähenevät
 - Tilavuus pienenee
- 3) Biohiili voidaan kierrättää takaisin biokaasun tuotantoon



Miten biohiilen valmistaminen eroaa muista energiantuottomuodoista?



Hiilineutraaleja
esim.

Uusituva energia

Tuuli-

Vesi-

Aurinkoenergia

Hiilinegatiivista

Biomassan
konversio hiilen
talteenotolla
(Pyrolysointi,
jossa syntyy
biohiiltä)

Hiiliposiitivista

Fossiilisten
polttoaineiden
käyttö

Öljy

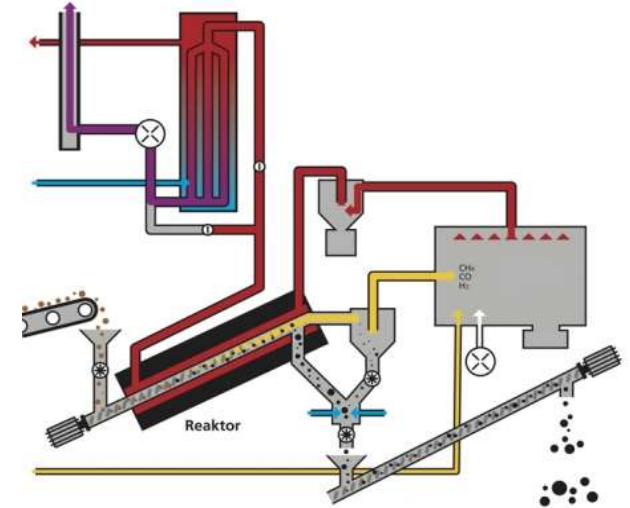
Kivihiili

Maakaasu



Biohiilen valmistus

- Biohiilen valmistus periaatteessa yksinkertainen prosessi
 - Kontiki-avoastiat, maakuoppa, "flame curtain", tervahauta, kytö...
 - Kaupallisen mittakaavan pyrolyysilaitokset
- Kaupallisessa mittakaavassa prosessin optimointi haastavaa:
 - Tuotteen tasalaatuisuus
 - Lämmön jakauma prosessissa
 - Kaasujen virtaus ym
- Perustuu joku panostyyppiseen pyrolyysiin = "retortti" tai jatkuvaan prosessiin, usein materiaali syötetään prosessin läpi ruuvikuljettimen avulla
- Jatkuvien prosessien laitteet ovat teknisesti vaativia, pitkälle automatisoituja laitteita, joilla raaka-aineesta kaasuntuvat sivutuotteet saadaan erotettua pyrolyysikaasuna, -tisleenä ja –öljynä. Taloudellisuus syntyy raaka-aineen paremmasta hyödyntämisestä ja vähäisestä työvoimatarpeesta.
- **Toistaiseksi vain muutamia kaupallisia toimijoita**



Kuva: Jarkko Nummela



Kuva: Annakaisa Elo



Pyrolysoitavan lähtömateriaalin esikäsittelyt

Käytettävän pyrolyysimenetelmän vaatimusten mukaan

Kuivaus

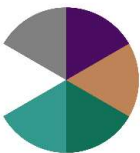
- Pyrolysoitava biomassa ei saa olla liian kostea, kosteusprosentti <20 toivottavaa
- Veden poisto kuluttaa turhaan pyrolyysin energiaa
- Syntyy vesihöyryä, joka voi vaikuttaa prosessiin
- Kuivaus esim. pyrolyysin hukkalämmöllä
- Etenkin lietteiden pyrolyysissä kuivaus tärkeää, koska lähtöbiomassan kosteus ja volyyymi on suuri

Homogenisointi

- Useimmilla tekniikoilla pyrolysointi onnistuu parhaiten kun biomassa on tasalaatuista (kokojakauma sama)
 - Mm. massan syöttö ja eteneminen jatkuvatoimisessa systeemissä
 - Lämpötilan siirtyminen pyrolysoitavassa massassa
 - Pyrolyysireaktio ei etene ison (Ø 10cm) kappaleen sisäosiin
- Voidaan murskata, hakettaa, seuloa, pelletöidä ym.



Kuvat: Maritta Kymäläinen, Annakaisa Elo



Biohiilen valmistus koti/maatilamittakaavassa: Pyrolyysi avoastioissa, "Flame curtain" Kon-Tiki, Nortiki, Kotikaski

- Perinteinen valmistustapa
- Sopii hyvin kotitalous/maatilamittakaavan tuotantoon
- Sopii monenlaisille lähtömateriaaleille (risut, oksat, harvennustähteet, vaikkapa ruoko)
- Käytössä etenkin kehitysmaissa
- Ei vaadi kalliita erikoitekniikoita
- Astian mittasuhteet kuitenkin tärkeät
- Perustuu liekkien alle syntyvään hapettomaan tilaan, jossa hiiltyminen tapahtuu. Palavat savukaasut kuluttavat hapen pintakerroksesta
- Työläs ja hidas mutta edullinen ja yksinkertainen toteuttaa ja käyttää



Kuvat: Annakaisa Elo



Muita pienen mittakaavan pyrolyysiyksiköitä :

- Markkinoilla joitan erilaisia vaihtoehtoja 5000€ - 100 000€
- Useimmat retortteja, hidaspYROLYYSIYKSIKÖITÄ
- Voidaan käyttää erilaisia sivuvirtoja maa- ja metsätaloudesta
- Voidaan valmistaa jopa kaupallisen laatuista biohiiltä
- Usein tarkoituksena parantaa sivu- ja jätevirtojen käsittelyä polttamisen sijaan
- Kehitysmaihin suunniteltu erilaisia yksinkertaisia malleja mm biohiiltä tuottava ”puuhella” Keniassa
- Maatilamittakaavan lämmön ja hiilen tuotanto:
 - Biomacon

<https://biochar.international/guides/biochar-reactor-to-meet-needs/>



<https://roi-equipment.com/envirosaver-350/>



<http://www.biochar.info>



<https://www.biomacon.com/>



Kaupallinen biohiilen tuotanto

Panostyyppinen pyrolyysiuuni (retortti):

- Huono lämmönkäyttöhyötysuhde, lämpö hyödynnetään vaihtelevasti omassa prosessissa
- Pyrolyysin sivutuotteiden hyödyntäminen heikkoa
- Kaasujen ja nesteiden hallinta voi ongelmallista
- Tuhkaa ja muista ei-toivottuja- sivutuotteita voi kertyä valmistettavaan biohiileen.
- Yksikkökoko rajoittaa lämmön siirtyminen materiaaliin
- Usein yksinkertainen ja ”robusti”
- Nk. hidas pyrolyysi
- Biolanilla omaa retorttiin perustuvaa biohiilen tuotantoa Virossa



SuperChar Kiln (Carbon Gold, www.carbongold.com)



Jatkuva prosessi – ruuvipohjaiset pyrolyysiuunit

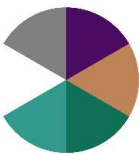
- Biomassa kuljetetaan pyrolyysiyksikön läpi ruuvikuljettimella
- Usein monimutkaisia, hyvin kontrolloituja ja automaattisia laitoksia

Pyreg GMBH, pyrolyysilaitteiden ja hiilen toimittaja

- Hidas pyrolyysi (carbonization)
- Pitkälle kontrolloitu tuotantoprosessi
- Ylijäämälämpö voidaan käyttää biomassan kuivaukseen ja kaukolämpöön
- Lämmitys pyrolyysikaasuilla
- Voi käyttää joustavasti erilaisia lähtömateriaaleja: hake, pelletit, puutarhajäte, kuivattu yhdyskuntaliete.
- Useita kaupallisia kohteita:
 - Tukholman kaupunki käyttää puutarhajätteille; lämpö johdetaan kaupungin kaukolämpöverkkoon
 - Lundin kaupunki ostanut 2 Pyreg-yksikköä, hiiltä paikallisista maataloussivuvirroista (olki, kuoret)



Kuva Annakaisa Elo



Jatkuvatoiminen pyrolyysiyksikkö: Carbofex, Tampere Hiedanranta



Kuva: Annakaisa Elo

Laitos käyttää prosessissaan n. 30% raaka-aineesta kuivatuslauksessa vapautuvasta kaasusta, loput 70% on hyödynnettävissä esimerkiksi kaukolämpötuotantoon.

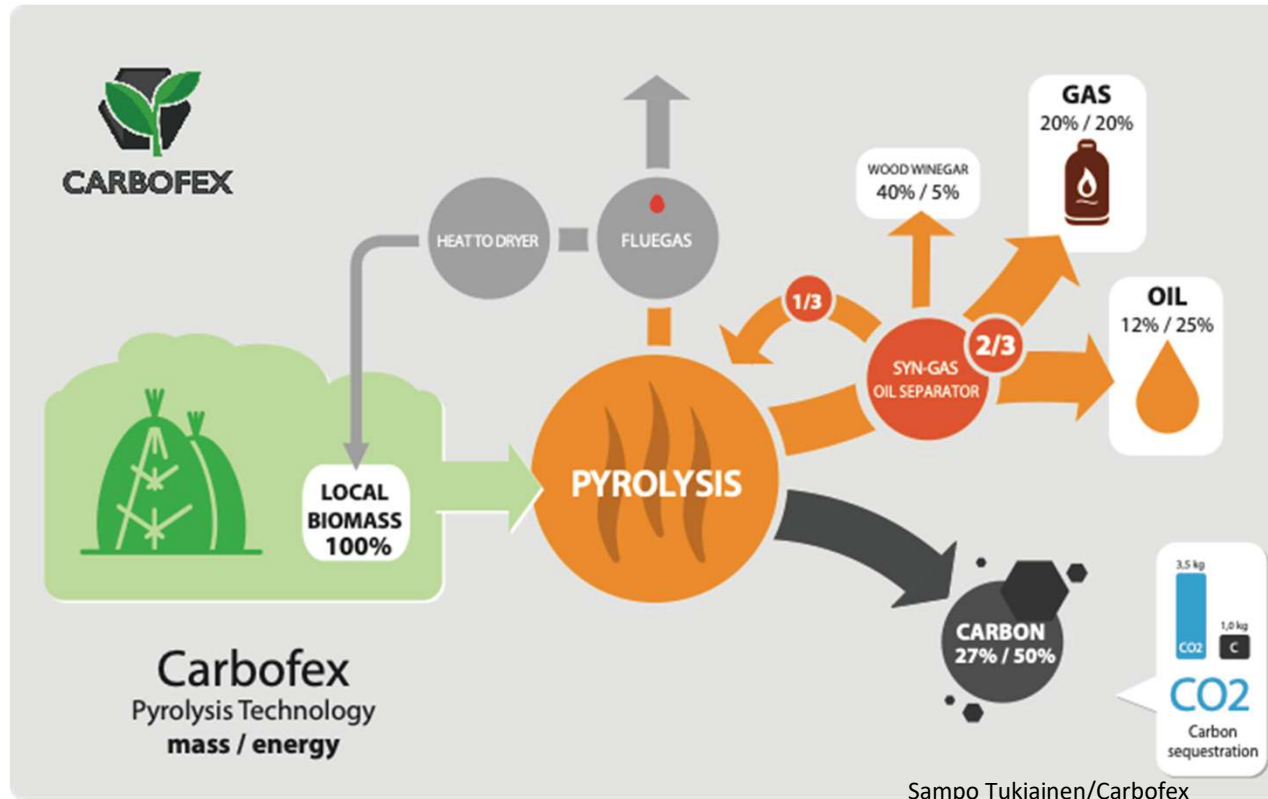
Carbofex-pyrolysilaitos tuottaa bioraaka-aineesta:

- 25-30% biohiiltä (50% kokoenergiasta)
- 12% pyrolyysiöljyä (25% kokonaisenergiasta)
- 20% pyrolyysikaasua (20 kokonaisenergiasta)
- 0-50% hyödynnettävissä olevaa lämpöä.

Tuottaa hakkeesta biohiiltä ja samalla *hiilinegatiivista* lämpöenergiaa kaukolämpöverkkoon



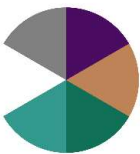
Carbofex Oy, Tampere Hiedanranta



HIILIDIOKSIDINEGATIIVINEN TUOTANTO

Laitos tuottaa jopa 700 tonnia biohiiltä, 1 MW lämpöä ja sitoo n. 2500 tonnia hiilidioksidia vuodessa

Carbofex Hiedanrannan laitoksen kapasiteetti on 400-500 kg puuhaketta tunnissa, tuottaen 100-140 kg biohiiltä. Tämän lisäksi elektrostaattinen öljyneroitaja tuottaa 90-100 litraa korkealuokkaista pyrolyysiöljyä/bioöljyä. Laitoksen vuosituotanto 700 tonnia biohiiltä sekä 600 tonnia öljyä vuodessa.



Biohiilen tuotannossa ja käytössä huomioitavia seikkoja

Euroopan kemikaaliviraston (ECHA) REACH-asetus:

Biohiili luokitellaan REACH -kemikaaliasetuksen piiriin. Eurooppalaisen biohiilivalmistajan pitää ilmoittaa biohiilentuotannostaan Euroopan kemikaalivirastolle, joka päättää tarvitseeko valmistaja REACH rekisteröintiä vai ei

Ruokavirasto (ent. Evira)

Biohiilivalmistajan on otettava huomioon lannoitevalmisteita koskeva lainsäädäntö ja sen asettamat raja-arvot. Nykyisen Ruokaviraston ylläpitämässä tyyppinimiluettelossa biohiili luokitellaan kategoriaan ”kasviperäinen kasvualustahiili”

Euroopassa tai Suomessa valmistettuun biohiileen voi hankkia ”**European Biochar Certificate**” (EBC). Linkki sertifikaattiin:

<http://www.european-biochar.org/biochar/media/doc/ebc-guidelines.pdf>

Eurooppalainen biohiilisertifikaatti on *vapaaehtoinen* biohiilen laatu- ja ympäristöjärjestelmä ja sitä päivitetään ja parannetaan aktiivisesti. Järjestelmällä pyritään valvomaan, että biohiili ja sen valmistus on laadukasta ja tehty ympäristön kannalta kestävästä raaka-aineista



Biohiili Suomessa:

- Esimerkkejä yrityksistä:



CARBONS



CARBOFEX

- Biolan, <https://www.biolan.fi/>
- Carbofex, <https://www.carbofex.fi/>
- Carbons Finland, <https://carbons.fi/>



Biohiilisovellukset



[This Photo](#) by Unknown Author is licensed under [CC BY](#)



[This Photo](#) by Unknown Author is licensed under [CC BY-NC](#)

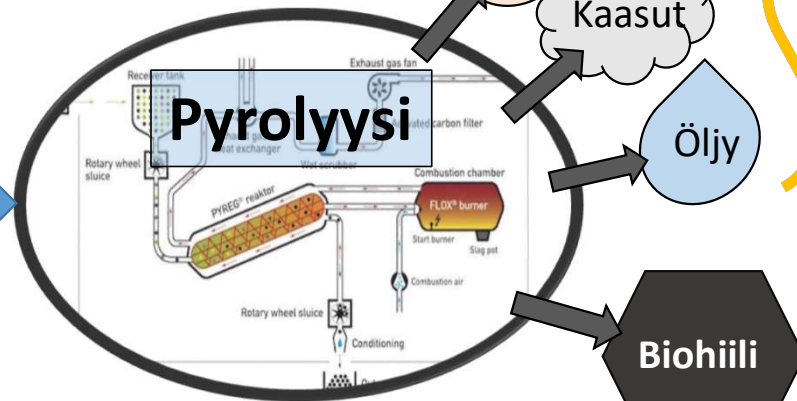


[This Photo](#) by Unknown Author is licensed under [CC BY](#)

Biohiilen mahdollisuudet

- Tuotannon raaka-aineiksi soveltuvat monenlaiset biomassat (sivuvirrat ja jätteet), "From Waste to Value",
- Pyrolyysituotteilla liki rajattomasti sovelluksia, biohiili arvokas tuote (400 – 600 €/m³)

- Puu (myös purku/jäte)
- Puutarhajäte
- Viljan, pähkinänkuori
- Olki ym. maatalousjäte
- Lietteet ja lannat
- Paperi/selluteollisuuden sivuvirrat, 0-kuitu jne.



- Energian tuotanto ja varastointi
- Biojalostustuotteet

- Maaperänparannus, kasvualustat
- Suodatus: vedet ja kaasut
- Pilaantuneiden maiden ja vesien puhdistus
- Kompostointi
- Biokaasuntuotanto
- Rehulisäaine
- Kuivikkeet (eläinsuojat)
- Kosmetiikka
- Rakennusmateriaalit

- Suotovedet
- Virtsa
- Elintarviketehtaiden jätevedet
- Biokaasutuotannon rejektivesi



Biohiilellä monia käyttökohteita mm. koska:

Parantaa maaperän laatua

- Lisää maaperän kosteutta ja vedenpidätyskykyä
- Lisää kationin/anioninvaihtokykyä (jopa 50%)
- Lisää mikrobiaktiivisuutta
- Sitoo ravinteita ja vapauttaa niitä hitaasti kasvien käyttöön, estää ravinnevalumia ja hävikkiä
- Tasapainottaa pH:ta
- Vähentää maaperän tiivistymistä
- Sitoo maaperän haitta-aineita (kasvinsuojeluaineet, glyfosaatti, raskasmetallit), PIMA
- Pysyvä hiilen muoto toimii hiilinieluna



[This Photo](#) by Unknown Author is licensed under [CC BY-SA](#)

Parantaa veden laatua

- Suodattaa/pidättää/absorboi:
 - Ravinteet/raskasmetallit/hiilivedyt ym orgaaniset yhdisteet
- Valtava pinta-ala, pidättää vettä jopa 5 x oman massansa
- Korvaa aktiivihien veden puhdistuksessa



Miksi biohiilen käyttö kiinnostaa?

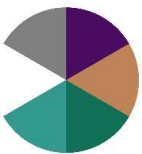
- Vastaa moniin (etenkin ilmastonmuutoksesta aiheutuviin) ongelmiin:
- CO₂ -nielu
- Kuivuus, kykenee pidättämään vettä
 - Mahdollistaa kasvillisuuden aavikoilla, metsitysprojektit mm. St1
- Hulevesien hallinta: kykenee pidättämään ja suodattamaan vettä, vähentää ravinteiden huuhtoutumia
- Parantuneet kasvuolosuhteet vaikeissa olosuhteissa (tropiikki, köyhä maaperä)
- Voidaan valmistaa paikallisesti, saatavilla olevista biomassoista, alueellinen omavaraisuus
- Pilaantuneiden maiden ja vesien puhdistus, kaivosten ennallistaminen
- Vähentää kasvihuonekaasupäästöjä sitomalla mm. N₂O tai CH₄

KESTÄVÄN KEHITYKSEN TAVOITTEET



#Agenda2030

#GlobalGoals



Biohiilen monet mahdollisuudet

- 55 tunnistettua käyttökohdetta <https://www.biochar-journal.org/en/ct/2>
 - Voidaan käyttää mm. aktiivihiilen valmistukseen, lääketieteessä, kosmetiikkateollisuudessa, rakennusmateriaaleissa ja nanoteknologiassa.



This Photo by Unknown Author is licensed under CC BY-SA



Kuva Draper K. 2016

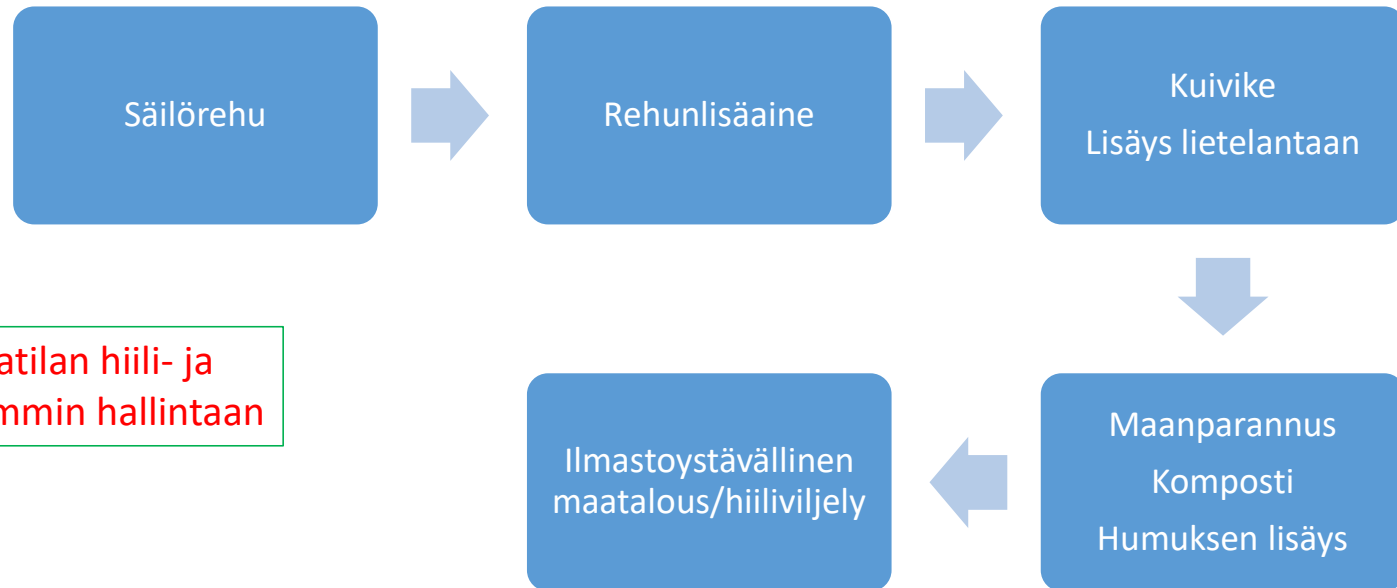


This Photo by Unknown Author is licensed under CC BY-NC-ND



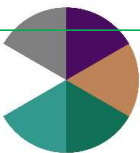
Biohiili maatilalla: voidaan integroida tuotantoketjuun eri vaiheissa

-tai optimaalisesti samaa biohiiltä voidaan kierrättää läpi koko tuotantoketjun



Biohiilen avulla maatilan hiili- ja ravinnekierto paremmin hallintaan

- 1 % biohiiltä säilörehussa sitoo haitallisia yhdisteitä
- Biohiilen lisäys rehuun lisää eläinterveyttä ja voi vähentää lehmän metaanipäästöjä <30% (jopa 50 %)
- Kuivikkeessa sitoo kosteutta, vähentää NH_3 ja CH_4 päästöjä ja hajuja, sitoo ravinteita, parantaa sorkkaterveyttä
- Lietelantaan lisättynä vähentää ravinnehukkaa, NH_3 ja CH_4 päästöjä ja hajuja. Myös lantaa ja muita maatilan sivuvirtoja voidaan pyrolysoida. Parempaa lannoitetta kasveille. Pyrolyysinesteitä voidaan käyttää lietelannan käsittelyyn
- Parantaa lannan kompostoitumista ja sitoo kompostin ravinteita, kasvihuonekaasupäästöjä ja hajuja, parempaa kompostituotetta
- Parantaa maaperän rakennetta ja mikrobilajistoa



Biohiili hule- ja valumavesien käsittelyssä

- Veden suodattaminen
 - Hulevesien luonnonmukainen käsittely
 - Pelloilta valuvien vesien suodatus, ravinteiden pyydystäminen biohiileen ja niiden palauttaminen pelloille
 - Virtaavien pienvesien suodatus
 - Biohiilellä voidaan sitoa sekä ravinteita että haitta-aineita hulevesistä
- Veden pidättäminen
 - Biohiili toimii myös vesivarastona, kastekiteenä (Biolanin biohiilimulta!)
 - Sitoo vettä jopa 5 x oman tilavuutensa verran
 - Vapauttaa tämän veden kasvillisuuden ja mikrobiston käyttöön hitaasti
 - Tasaa sademäärien/kastelun epätasaisuutta



This Photo by Unknown Author is licensed under [CC BY-ND](#)

This Photo by Unknown Author is licensed under [CC BY-SA](#)

Biokaasuntuotanto & biohiili

Biohiili voi tehostaa biokaasuprosessia ja biokaasuntuottoa

- Mädätysprosessin tehostaminen biohiililisäyksellä:
 - Paljon tutkimusnäyttöä, että biohiililisä tehostaa prosessia ja metaanintuottoa (>30%) → Oletus: tukee mikrobitoimintaa prosessin aikana → parantaa metaanintuottoa
 - Hiililisästä saatu kuitenkin *ristiriitaisia tutkimustuloksia* → pääsyy: biohiilen laadulla suuri merkitys → hiilen laatu ja määrä vaativat testausta ja optimointia kullekin prosessille/syötteelle sopivaksi

Mädätysprosessin aikana:

- Biohiililisäys voi estää/laimentaa/absorboida reaktiota inhiboivia aineita
 - Mahdollistaa ”vaikeiden” syötteiden käytön mädätyksessä ja nopeuttaa näiden prosessia
 - Ammoniuminhibitio
 - Absorboi kationinvaihtajana ammoniumioneja
 - Tuo suotuisat olot mikrobeille (”mikroilmasto” huokosten sisällä)
 - Parantaa hiili-typpisuhdetta
 - Muut inhiboivat aineet (fenoli, furaani ym)
 - Toimii aktiivihiihen tavoin, inhiboi toksisuutta
 - Puskuroi pH:ta
 - Mahdollistaa suotuisien mikrobien toimintaa
 - Katalysoi prosessia vaikka syötessä olisikin inhiboivia substraatteja



Kuva: Annakaisa Elo

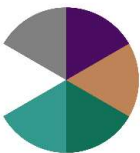


Biohiili ja mädätyksen lopputuotteet:

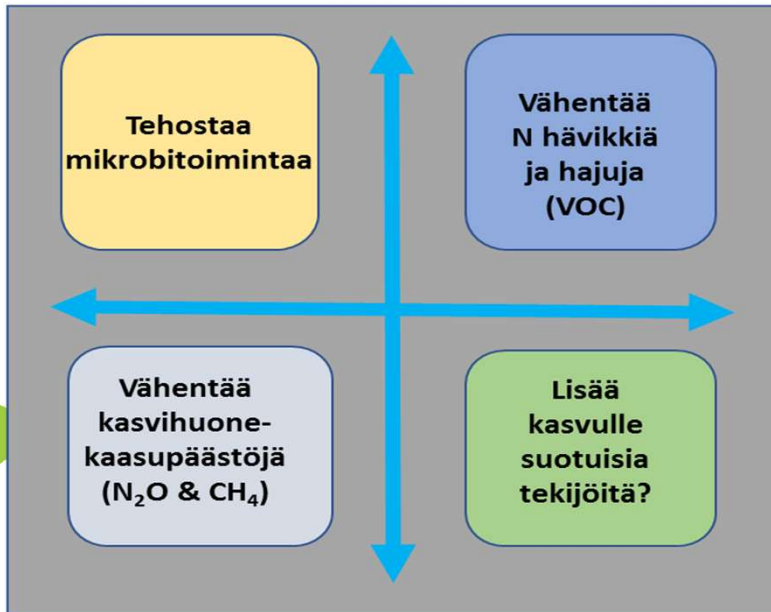
- Biohiiltä voi käyttää tuotetun biokaasun puhdistamiseen, H₂S strippaukseen
- Mädätysjäännöksen ravinteet voidaan sitoa biohiileen
 - Parempi lannoiteteuote kuin pelkkä mädätysjäännös, lannoitteet sitoutuvat hiileen ja vapautuvat hitaammin ja ovat paremmin kasvien käytettävissä
 - Lannoitevaikutus pidempiaikainen kuin pelkällä mädätysjäännöksellä ja biohiili+mädätysjäännöksellä saatu parempia satotuloksia
- Kiinteää mädätysjäännöstä voidaan pyrolysoida biohiileksi ja käyttää maanparanteena/lannoitteena →
 - parempi ja pysyvämpi lannoiteteuote kuin "raaka" mädätysjäännös, lietteen ravinteet sitoutuvat biohiileen, toimii maanparannusaineena
 - Biohiili voidaan kierrättää takaisin biokaasuprosessiin



Kuva Annakaisa Elo



Biohiili kompostoinnissa



- Biohiili tehostaa kompostin vedenpidätyskykyä ja estää kuivumista
- Lisää huokoisuuden kautta kompostin ilmastumista
- Toimii täyteaineena ja alentaa kompostin tiheyttä
- Toimii mikrobien elinympäristönä
- Sitoo ravinteita ja tasaa C/N suhdetta
- Toimii puskurina ja tasapainottaa pH:ta
- Keskimäärin 90% vähennys CH₄ päästöissä
- Parantaa typen kiertoa kompostissa, N₂O päästöt vähenevät, vähentää yleensäkin typpihävikkiä
- Biohiilen avulla tuotetun kompostin kationinvaihtokyky (CEC) sekä mikrobien määrä ja niiden laatusuhde on parempi

Yksinkertainen ja tehokas tapa rikastaa tai aktivoida biohiili ravinteilla, erinomainen kasvualusta

- HSY:n hankkeet Ämmässuon jätteidenkäsittelyalueella
- LUKEn kokeet mm. minkinlannalla



Tekniset sovellukset

Biohiiltä voidaan käyttää erilaisiin teknisiin sovelluksiin:

- Rakentaminen:
 - Eristäminen
 - Sementtiin ja betoniin sekoittaminen
 - Keveys
 - Hiekan korvaaminen
- Tekninen musta (pinnoitteet)
- Biomuovit
- Akkujen raaka-aine, sähköä varastoiva talo
- Asfaltin raaka-aine
- Toimii hiilinieluna myös rakenteisiin sijoitettuna

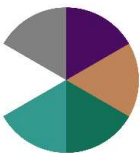


Biohiilen käytön ja sovelluksen haasteita

- Biohiilen kysyntä suurempaa kuin tarjonta, saatavuusongelmat
- Toistaiseksi vähän kaupallisia tuottajia
- Hinta liian korkea useisiin sovelluksiin
- Valmistustekniikka ei ole vakiintunutta, tuotantolaitokset vielä innovaatiovaiheessa tai pilottimittakaavaisia
- *Biohiilen tuotantoa vaikea saada kannattavaksi, uutta yritystoimintaa ei synny*
- Etenkin puusta raaka-aineena yhä enemmän kilpailua energiatuotannon ja biojalostamojen kanssa
- Vääristynyt kilpailutilanne tuo markkinoille vääriä lupauksia sekä huonolaatuista biohiiltä



This Photo by Unknown Author is licensed under [CC BY-SA](#)



Hiilikompensaatio – kasvava ala

Suomessa Puro –huutokauppapaikka (Fortumin spin off), <https://puro.earth/>

- (Lähi) tulevaisuudessa hiilen sidonta esim. metsiin tai maaperään voi olla merkittävä tulonlähde maatalousyrittäjille
- Hiilensidontaa voidaan ostaa ja myydä erilaisilla markkina-alustoilla.
- Biohiili hiilikompensaation välineenä (PyCCS = Pyrolytic Carbon Capture & Storage)
 - Biohiilipohjaiset materiaalit rakentamisessa, asfaltin täytteenä ym



This Photo by Unknown Author is licensed under [CC BY-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



This Photo by Unknown Author is licensed under [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



This Photo by Unknown Author is licensed under [CC BY-SA-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



Lähteet:

Draper K: The Biochar Displacement Strategy, the Biochar Journal 2016, Arbaz, Switzerland.
ISSN 2297-1114 www.biochar-journal.org/en/ct/85 Version of 27 th November 2016
Accessed: 28.09.2020

<https://biochar.international/guides/biochar-reactor-to-meet-needs/>

<https://biochar-us.org/biochar-slows-climate-change>

http://nordregio.org/sustainable_cities/stockholm-biochar-project/

<https://puro.earth/>

<https://www.suomenbiohiili.fi/>

<http://www.ithaka-journal.net/55-anwendungen-von-pflanzenkohle?lang=en>

<http://www.ithaka-institut.org/en/ct/94-Cascading-use-of-biochar-in-animal-farming>

Lehmann J. Bioenergy in Black. Front Ecol Environ 2007; 5(7): 381–387

Minx ym 2017: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa5ee5>

Schmidt HP: The use of biochar as building material, the Biochar Journal 2014, Arbaz, Switzerland.
ISSN 2297-1114 www.biochar-journal.org/en/ct/3 Version of 12 th May 2014. Accessed: 28.09.2020

