

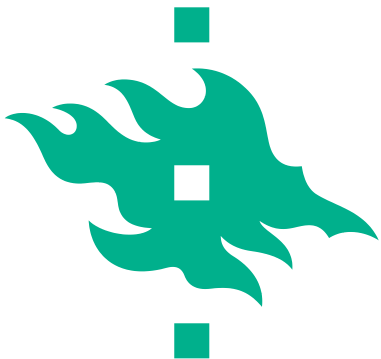


Biohiilien pysyvyys maaperässä

Priit Tammeorg

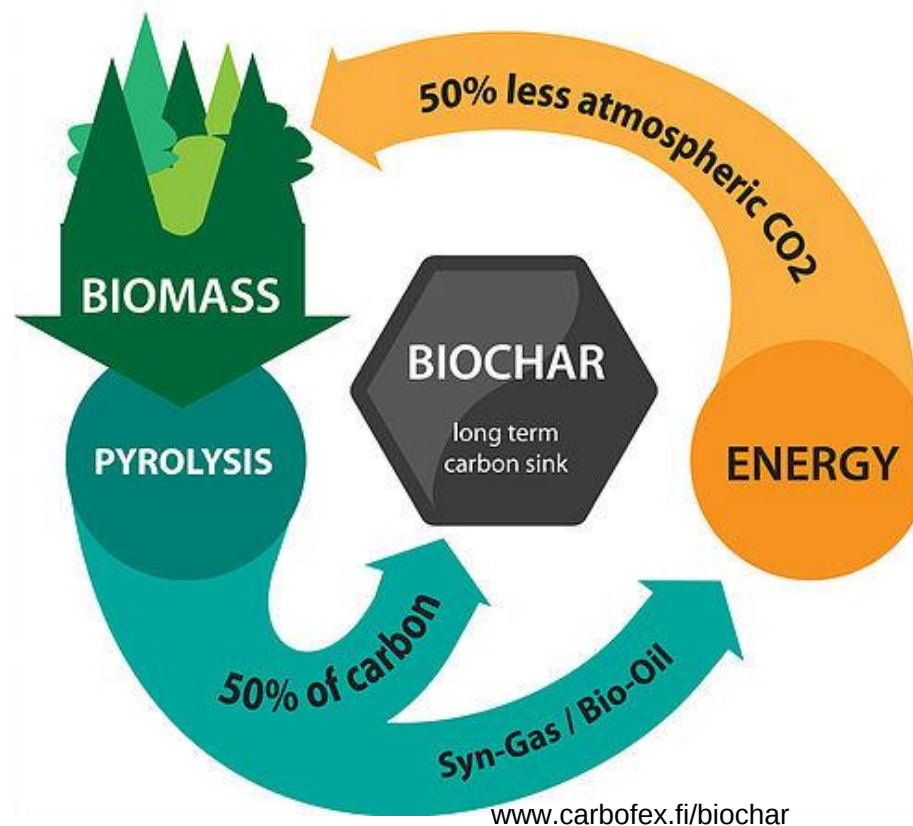
ja AgriChar tutkimusryhmä

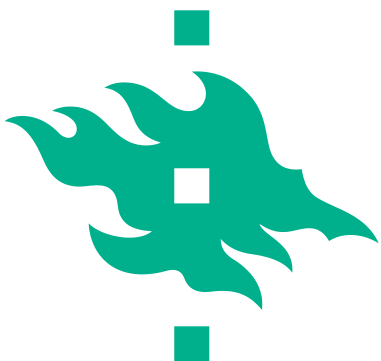




Biohiilet (BH): kasvibiomassojen kuivatislauksella (pyrolyysillä) syntyneet hiilirikkaat materiaalit, **käyttö pitkäaikaisena hiilinieluna**

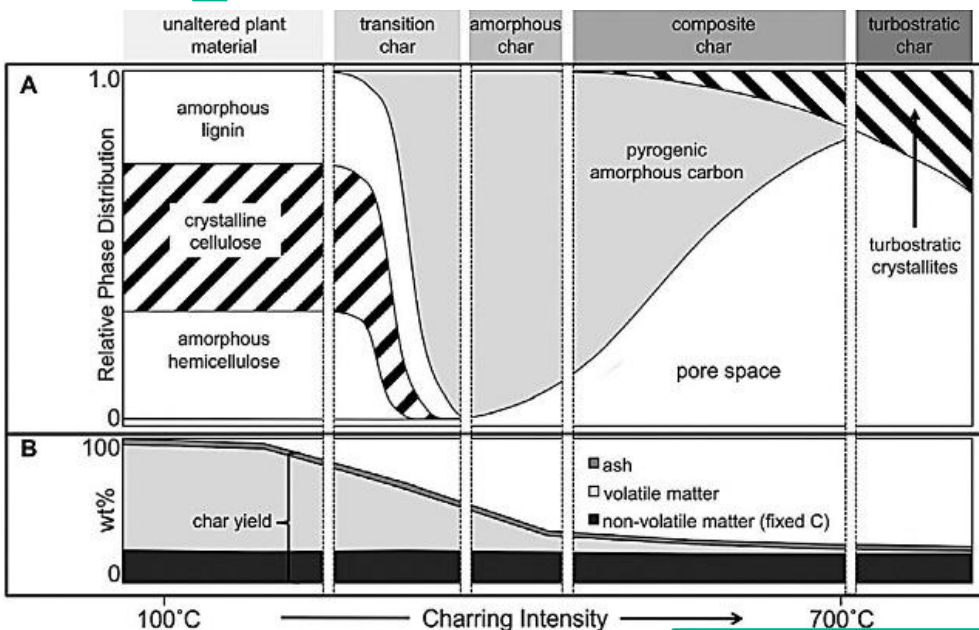
- Pyrolyysissä syntyy myös tisleitä, kaasuja sekä lämpöenergiaa
- **Hydrohiilet/märkähiilet ovat eri aineet (Hydrochars):** märkähiiltämällä tuotetut kiinteät massat
 - Alhaisempi hiilipitoisuus, aromaattisuus->vähemmän pysyviä



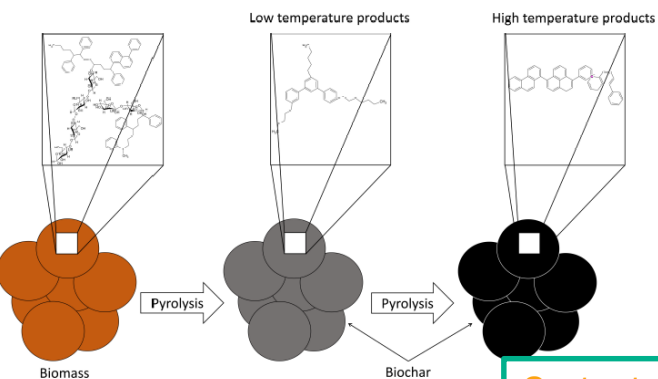


Pyrolyysi:

Biomassasta poistuu muut aineet, hiili muuttuu aromaattiseksi



Keiluweit et al. 2010



Conte et al. 2021

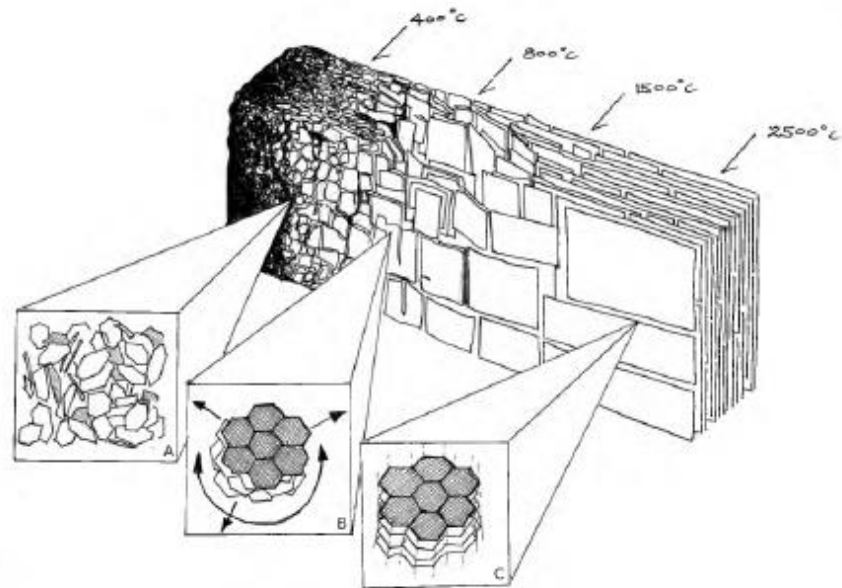
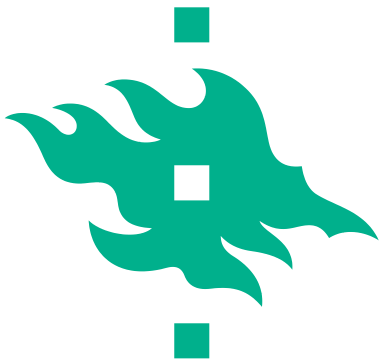


Figure 5.1 Biochar carbon structure relative to highest treatment temperature. Inset (a): Increased degree of aromatic carbon, highly disordered in amorphous mass. Inset (b): Growing sheets of turbostratic aromatic carbon. Inset (c): Structure becomes graphitic with order in the third direction

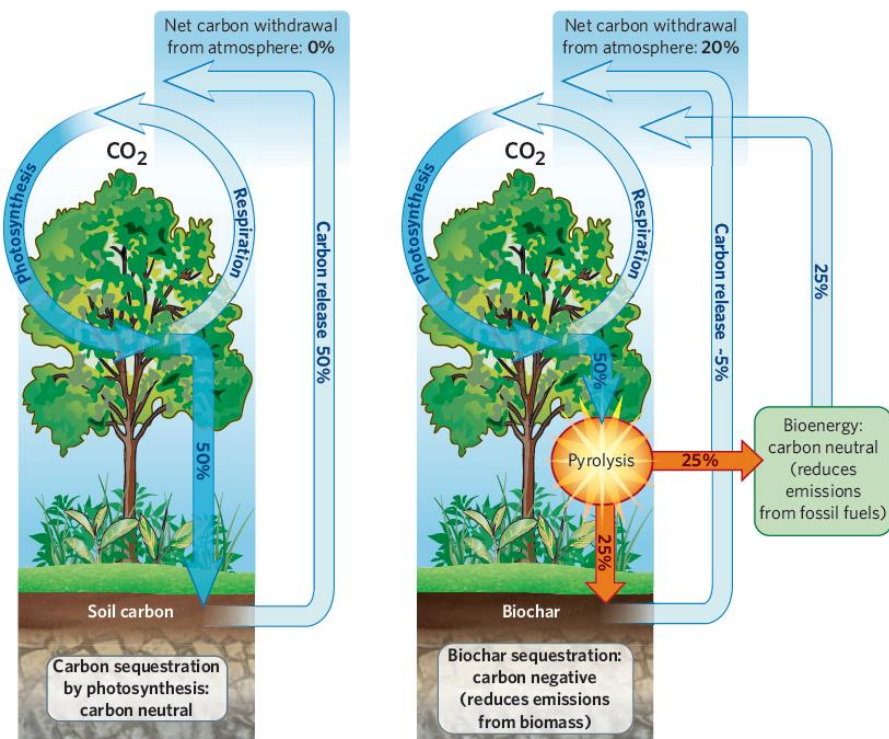
Chia et al. 2015



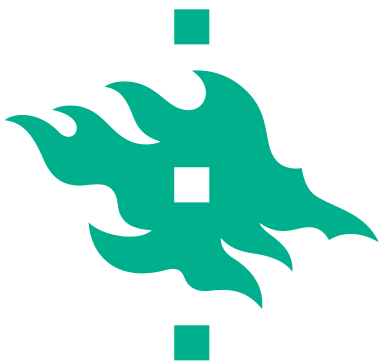
Biohiilien hiilinielu johtuu pysyvyydestä:

Maahan lisättynä kestää hajotusta

- Biomassaan yhteyttämisellä sidottu CO₂ palaa muutaman vuoden kuluttua ilmakehään
- Biohiilen muodossa n. 20% hiilestä sidottu maahan vuosisadoiksi
- **Hiilensidonta ... 1.8 Gt C v⁻¹**
(Woolf et al. 2010, 2016)
- **Vaihtoehtoiset orgaanista hiiltä maahan lisäävät menetelmät max ... 1.5 Gt C vuodessa**



Lehmann 2007



Biohiiliä on lisätty maahan jo vuosituhsansia

- **Esimerkkejä:**

- ***Terra preta tummat maat*** Amazoniassa (3000 v sitten; Smith 1980)
- ***Kytö*** Suomessa ja naapurimaissa (1460 v sitten; Ahokas 2012).

- **Näissä enemmän hiiltä, korkeampi maan pH, ravinteet ja vedenpidätyskyky**

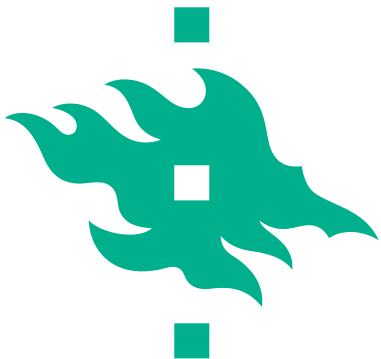
- **Korkeammat sadot**



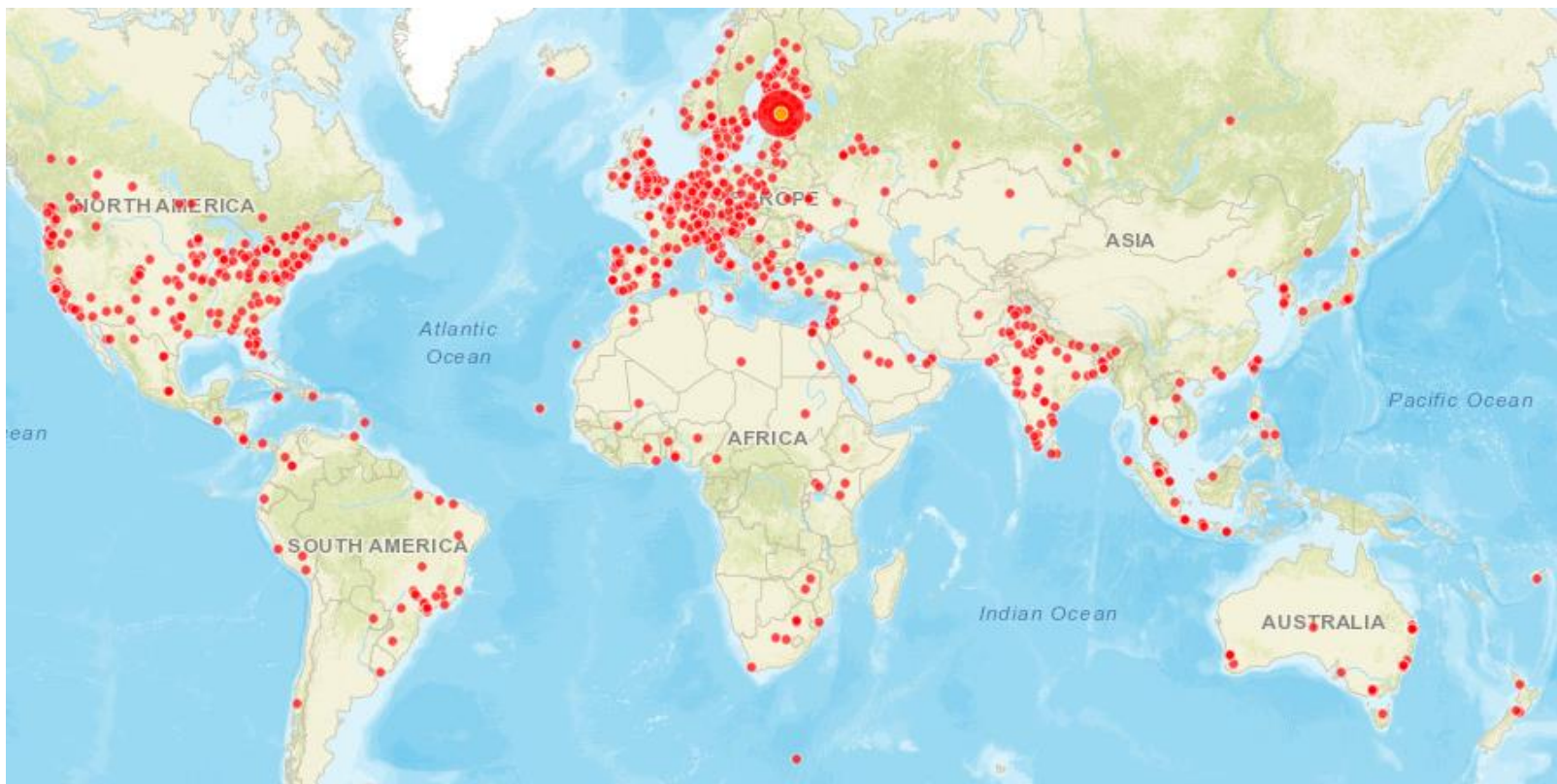
A nutrient-poor *Oxisol* transformed into fertile *terra preta*. Photos: Bruno Glaser.



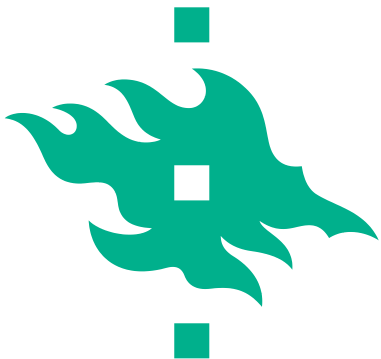
➡ **Saammeko aikaan uutta *terra pretaa*?**



Hiilensidonta ja ympäristöhyödyt inspiroivat tutkimusta ja kehitystyötä maailmanlaajuisesti



Visitors from 103 countries in past 5 years

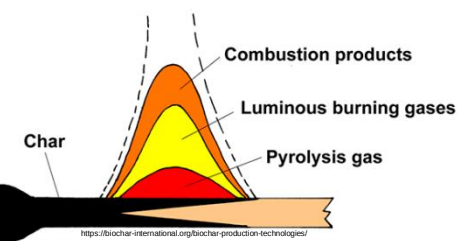


Biohiilien tuotanto: liekin alhainen pyrolyysi/ panosretortit/jatkuvatoimiset

Cheap flame-curtain pyrolysis: Kon-Tiki



ProAgria työpaja Liperissa 2019



Panosretortit



Tammeorg

Carbofex Oy in Tampere: largest factory in Europe



Biomass Pyrolysis Technology // Biochar production equipment

NO.1 facility in Europe

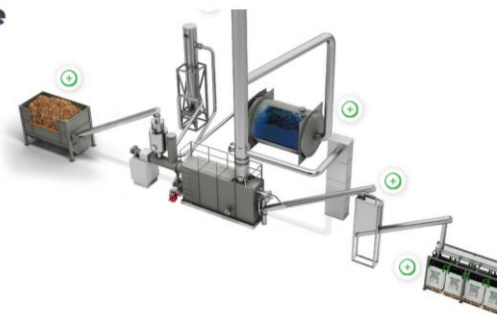
Our demo plant in Hiedanranta has been in operation since 2017. This specific unit carbonizes up to 500 kg of wood chips per hour, turning it into 140 kg of biochar.

With an optional electrostatic oil separator, the system can produce 100 liters of high-quality pyrolysis oil.

The facility can produce 700 tons of biochar and 600 tons of oil per year.

Hiedanranta runs a 1 MW district heating plant as part of a municipal heating network.

Due to high demand and lack of competitive industry level facilities, Europe's largest pyrolysis plants production sells out for over a year in advance.

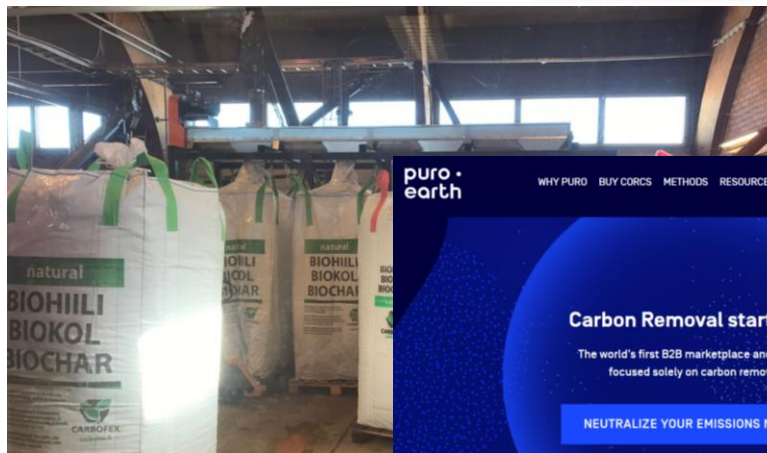


FULLY OPERATING FACILITY FROM

1.25M€

Download a brochure

Contact for a quote



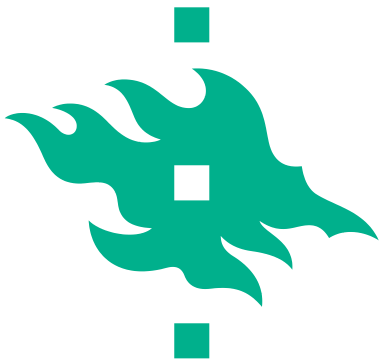
puro
earth

WHY PURO BUY CORCS METHODS RESOURCES OUR PARTN

Carbon Removal starts here

The world's first B2B marketplace and standard focused solely on carbon removals.

NEUTRALIZE YOUR EMISSIONS NOW →



Biohiilet ovat erilaisia: ainakin **EBC** ja **IBI** sertifiointi

- **Class I (Feed), II (AgroBio), III (Agro), IV (Material)**

- 1. Raaka-aineet

- Lista sallituista

- 2. Kemialliset ominaisuudet

- C 35-95%
- O/C < 0.4
- H/C_{org} < 0.7

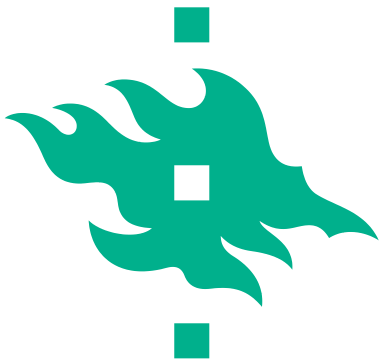
- 3. Haitta-aineet

- Raskasmetallit

- PAH < 4 (I & II)/ 6 (III)/ 30 (IV) g t⁻¹
- PCB < 0.2 g t⁻¹



Tamperen Carbofex OY
Euroopan suurin EBC
AgroBio biohiilen tuottaja!



Seuraava vaihe: minkälaisia vaikutuksia biohiilet saavat aikaiseksi?

- IBI Biochar classification tool**

Carbon storage classes

5	$sBC_{+100} \geq 600 \text{ g kg}^{-1}$
4	$500 \text{ g kg}^{-1} \leq sBC_{+100} < 600 \text{ g kg}^{-1}$
3	$400 \text{ g kg}^{-1} \leq sBC_{+100} < 500 \text{ g kg}^{-1}$
2	$300 \text{ g kg}^{-1} \leq sBC_{+100} < 400 \text{ g kg}^{-1}$
1	$sBC_{+100} < 300 \text{ g kg}^{-1}$

Liming classes

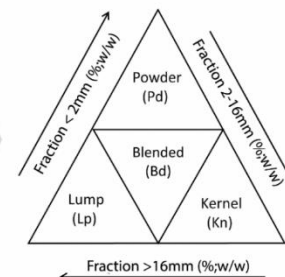
3	$\text{CaCO}_3\text{-eq} \geq 20\%$
2	$10\% \leq \text{CaCO}_3\text{-eq} < 20\%$
1	$1\% \leq \text{CaCO}_3\text{-eq} < 10\%$
0	$\text{CaCO}_3\text{-eq} < 1\%$

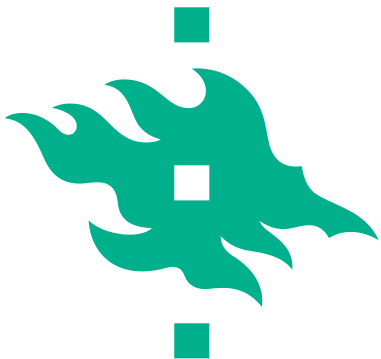
Fertilizer classes

4	Fertilizer value 4 nutrients
3	Fertilizer value 3 nutrients
2	Fertilizer value 2 nutrients
1	Fertilizer value 1 nutrient
0	Avail. $\text{P}_2\text{O}_5 < 1.00\%$ + avail. $\text{K}_2\text{O} < 0.55\%$ + avail. $\text{S} < 0.15\%$ + avail. $\text{MgO} < 0.35\%$

General classification based on corn needs

Particle size classes



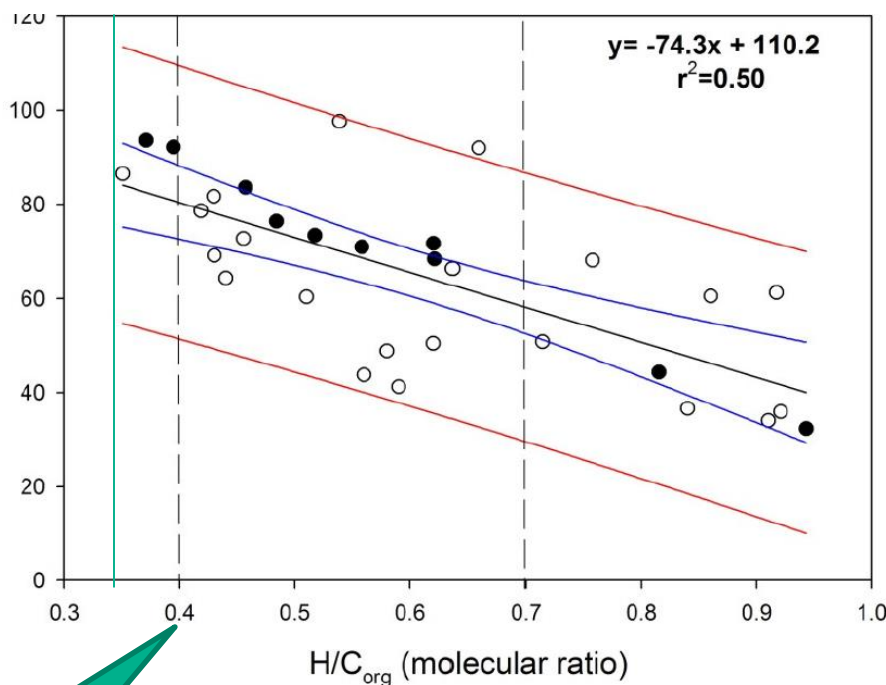


Pysyvyyden vaikuttaa sekä **BH** ominaisuudet että **ympäristöolot** arviointiin mittauksia sekä mallinnuksia

menetelmien vertailu
Leng et al. 2019

- H/C_{org} ja O/C helppoja, korreloi aromaattisuuden kanssa hyvin
- NMR, BPCA kalliimpia ja monimutkaisempia

100 v jälkeen maasta löytyvän biohiilen hiilen %, 2-poolinen malli



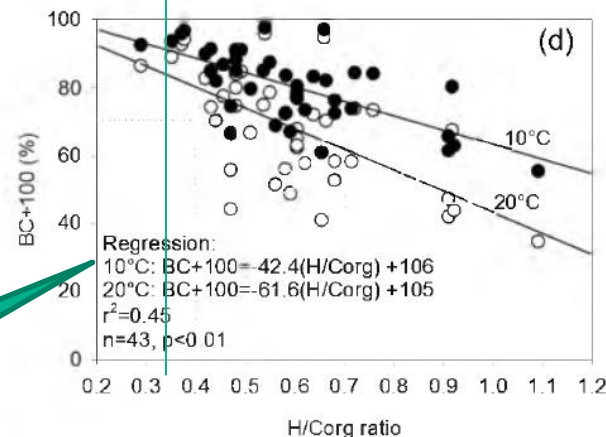
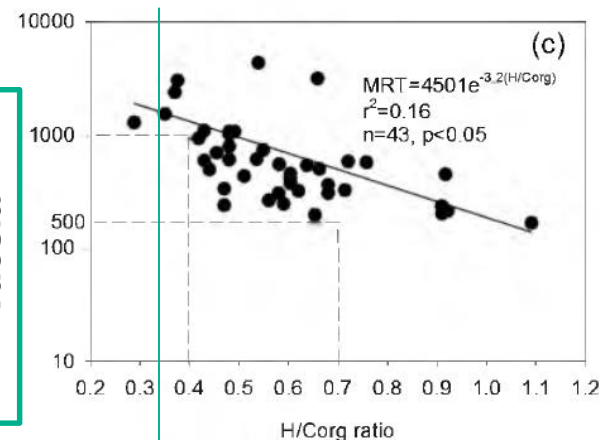
Ainakin 70%
hiilestä maassa
100 v jälkeen

TO
VERSITET
SINKI

Priit Tammeorg

Budai et al. 2013

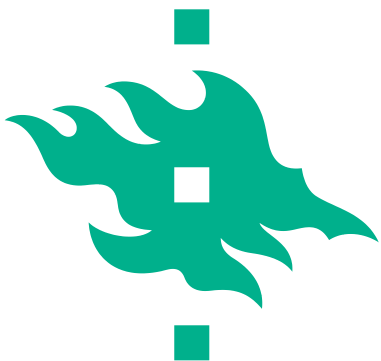
Keskimääräinen
viipymäärä,
vuosia



Yhtälöiden avulla
pystyy arvioimaan
kyseisen BH
pysyvyyden

www.helsinki.fi

Lehmann et al. 2015



Pysyvyyden vaikuttaa sekä **BH** ominaisuudet että **ympäristöolot** arviointiin mittauksia sekä mallinnuksia

menetelmien vertailu
Leng et al. 2019

- Muhituskokeiden perusteella mallinnus
- Pisin 8,5 v: **raiheinä-BH pysyisi pellossa 4000 v**

Kuzyakov et al. 2014

Suurin osa BH hiilestä aromaattisia ja pysyviä, muhituskoe labrassa

5 v jälkeen nopeampi lasku kiinalaisessa 9-v kentäkokeessa

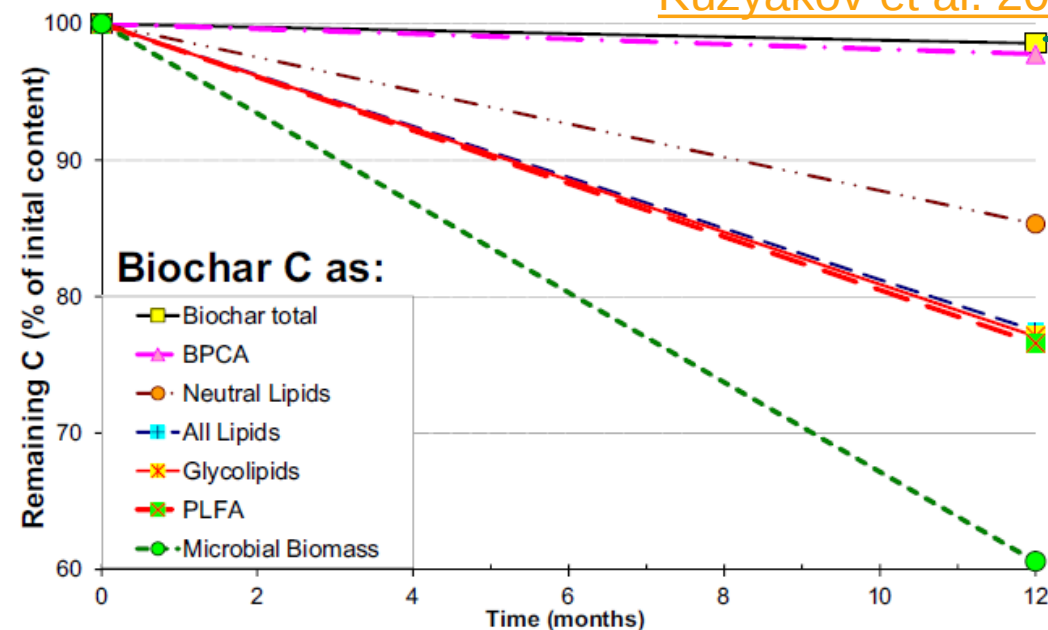
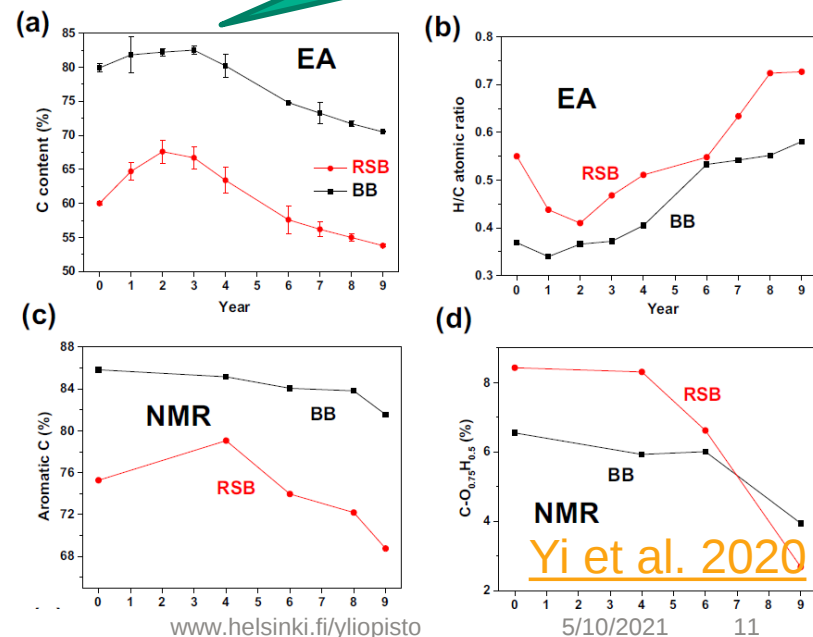
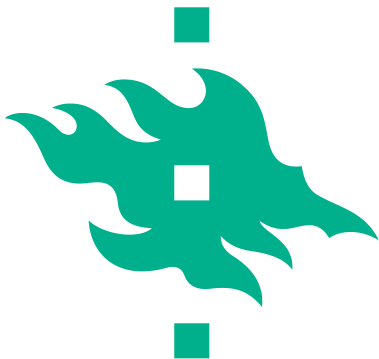


Fig. 6. The percentage of C remaining by decomposition of individual biochar compounds during one year of incubation under optimal conditions. The values are presented as relative data (from 100% of each compound class at time 0) because of the compounds have very different content in the initial biochar. The points present average values for soil and loess and were calculated assuming the same decomposition rate during 3.5 years.

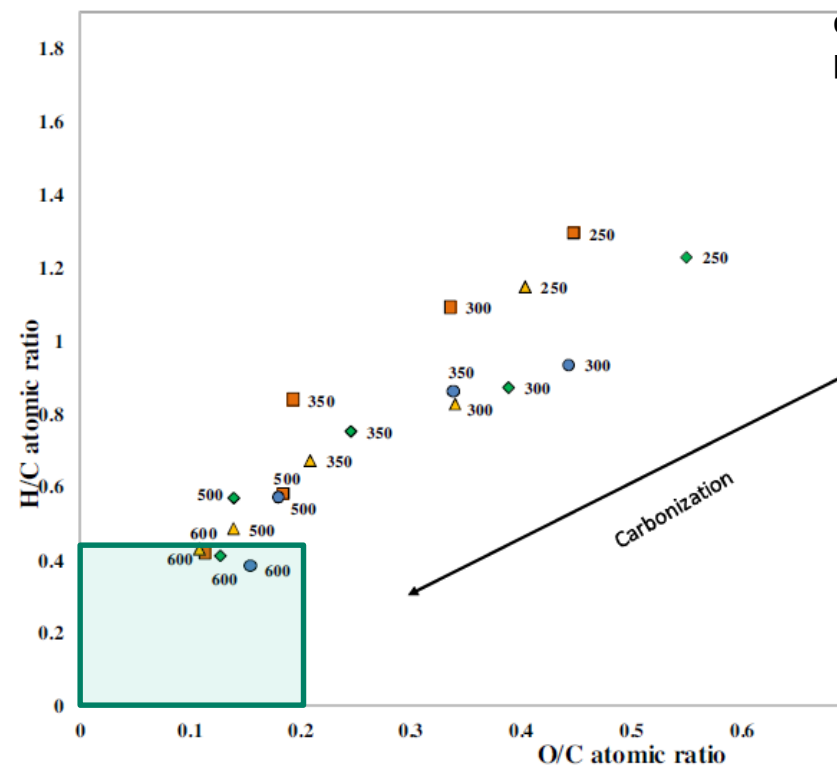


Yi et al. 2020



Pyrolyysin lämpötila $>500\text{ }^{\circ}\text{C}$: korkea aromaattisuus

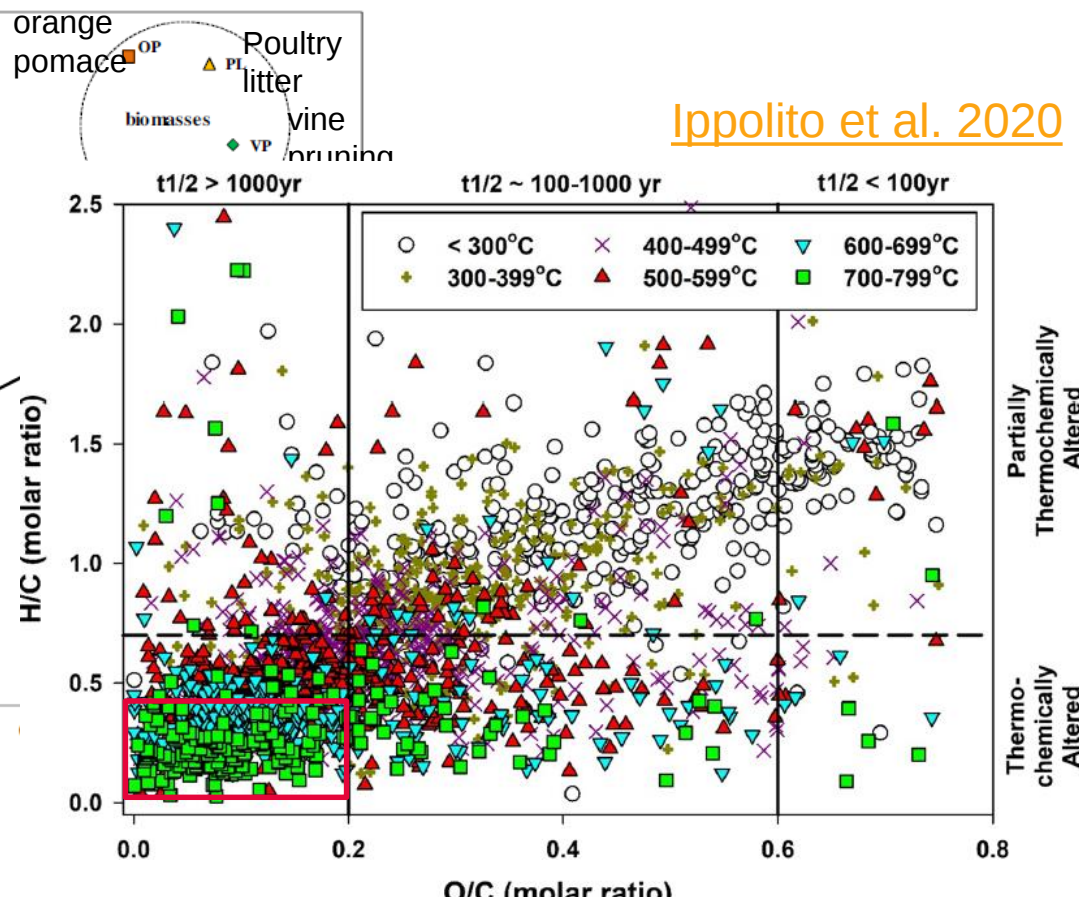
raaka-aineen vaikutus pienempi

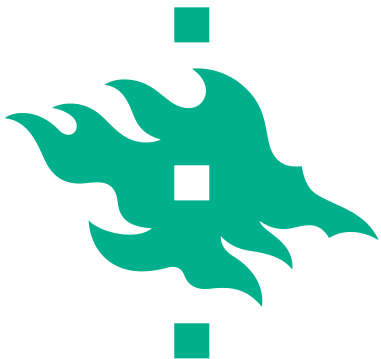


[Tag et al. 2016](#)

Priit Tammeorg

HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI





Pyrolyysiympäristö (kaasu) vaikuttaa myös BH pysyvyyteen

- CO₂-kaasun käyttö pyrolyysissä tuottaa n. 1.5 x pysyvämpiä biohiiliä kun N₂ kaasu
- Pyrolyysissä käytetyn kaasun vaikutus BH pysyvyyteen suurempi korkeammassa lämpötilassa
 - 700 °C vrt 300 °C.



Chemical Engineering Journal 411 (2021) 128441

Contents lists available at ScienceDirect

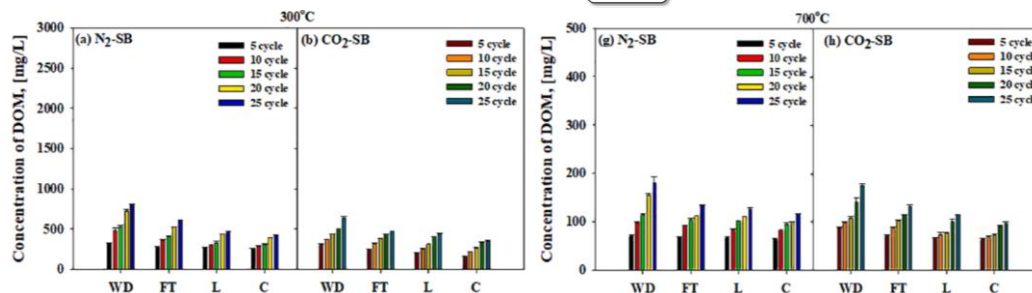
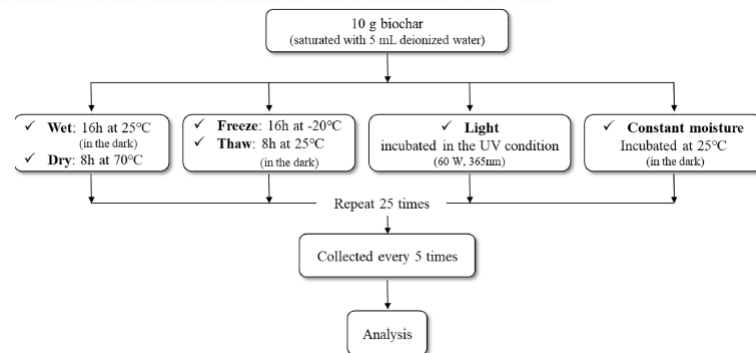
Chemical Engineering Journal

journal homepage: www.elsevier.com/locate/cej

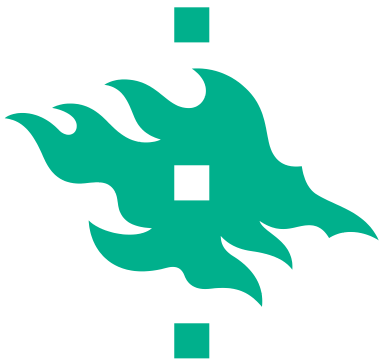


Interaction of biochar stability and abiotic aging: Influences of pyrolysis reaction medium and temperature

Hye-Bin Kim^a, Jong-Gook Kim^a, Taesun Kim^a, Daniel S. Alessi^b, Kitae Baek^{a,*}



Sahapuro-BH liukoisen hiilen pitoisuus ikääntymisen jälkeen eri lämpötiloissa ja pyrolyysikaasuissa
WD: wet-dry aging, FT: freeze-thaw aging, L: UV light aging, and C: constant moisture.



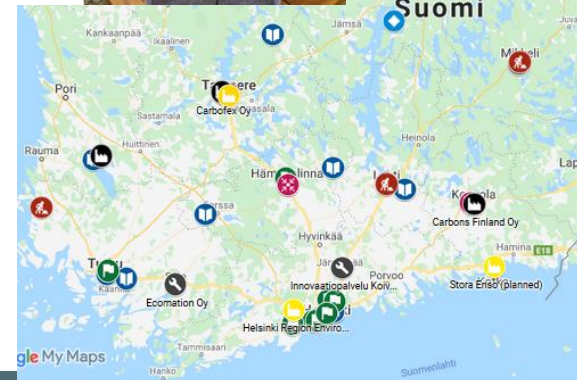
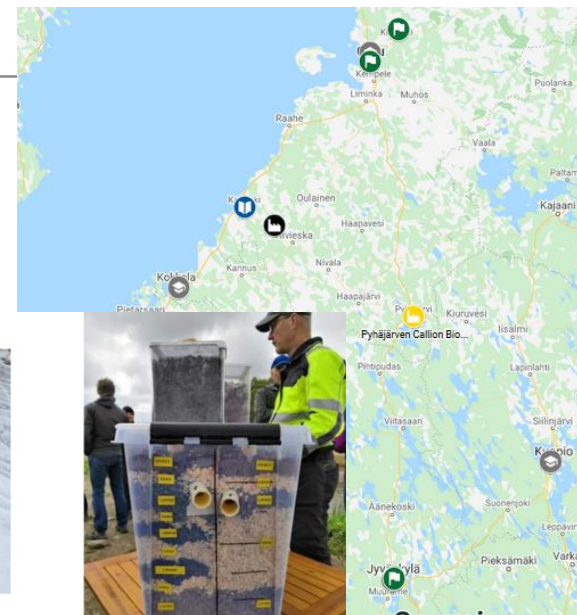
Biohiilikohteita ja kokeiluja ympäri Suomen

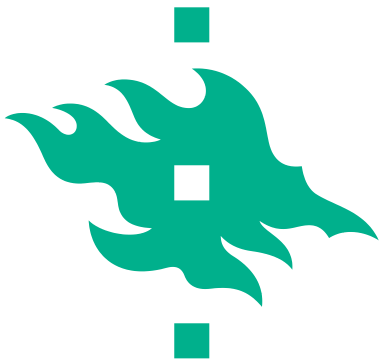
- Suurin osa pienen mittakaavan pilottikokeita liittyen vesien puhdistukseen
- hankkeita menossa kaikissa suurimmissa kaupungeissa vuodesta 2016

Ks. Suomen Biohiilikartta:

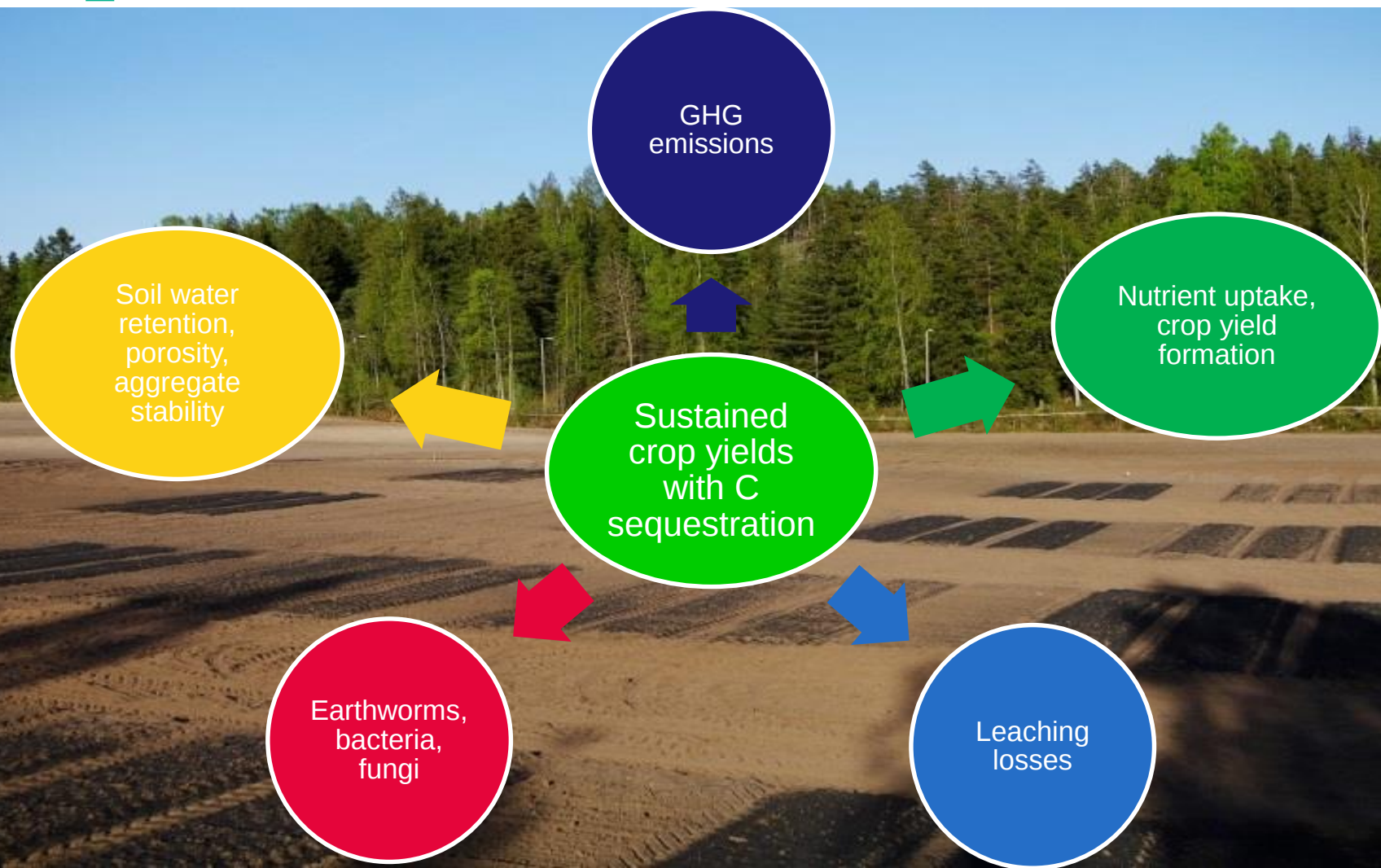
<https://www.suomenbiohiili.fi/biohiilikartta/>

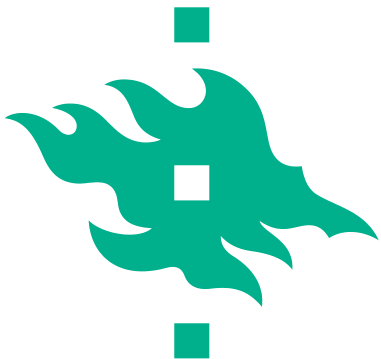
Pysyvyys, teho yli vuosien:
Jälkiseuranta ja -viestintä
tärkeä: mikä toimi, mikä ei?





AgriChar ryhmän kenttäkokeet Helsingissä vuodesta 2010 kaikkien Suomen eniten viljeltyjen viljelykasvien kanssa





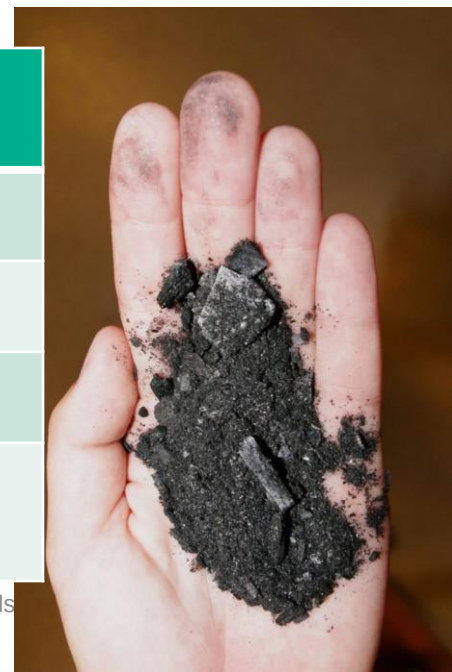
Havupuubiohiilet (ei-aktivoitu)

lisätty 2010 (Viljava Stagnosol)
tai 2011 (ravinneriukka Umbrisol)

Preseco OY,
nyk. Carbofex Oy

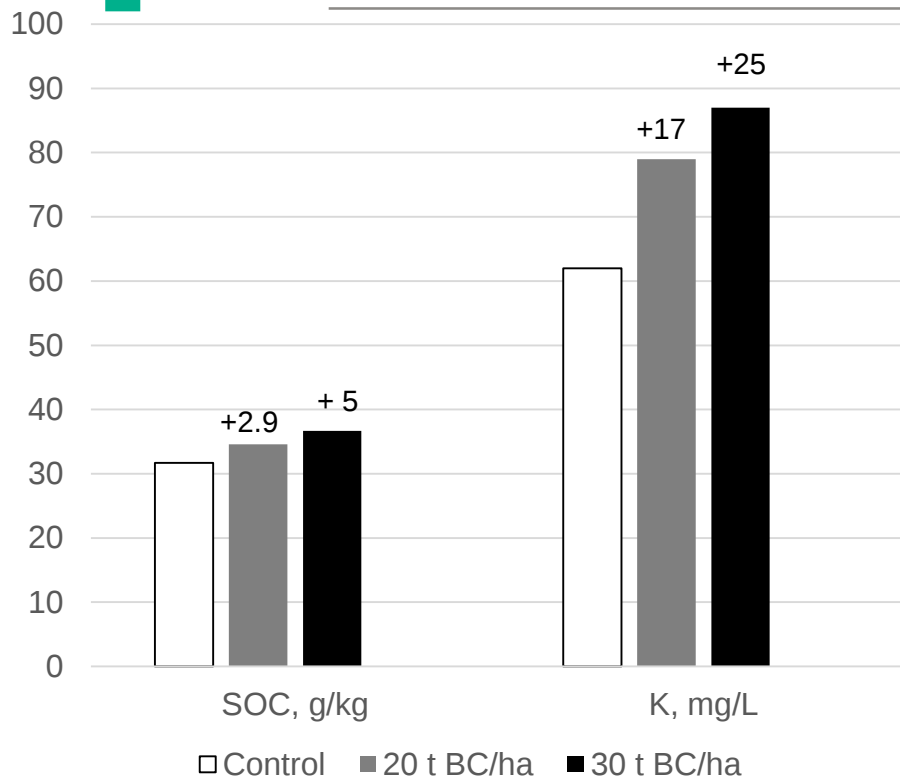
- **Pyrolyysi lpt 550 °C** (10-15 min)
- **> 88% partikkeleista < 5 mm**
- **Kostutettiin ennen lisäystä** (20-33%)

Ominaisuus	Stagnosol	Umbrisol
Raaka-aine	Kuusen ja männyn hake	Kuusihake
SSA, m ² g ⁻¹	34	265
C, % ka / H/C _{org}	87	88 / 0,34
Merkittäviä määriä ravinteita biohiilissä	K, Ca, Mg, Fe, Mn, Al	





Biohiilet nostivat maaperän C ja K pitoisuutta, samoin vedenpidätyskykyä



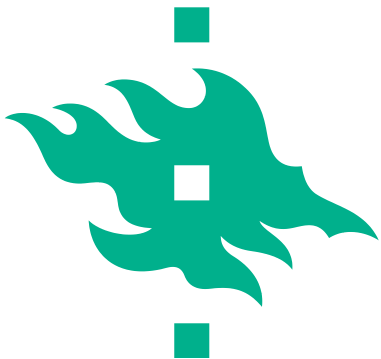
5 & 10 t/ha n.s.

**Vaikutukset riippuvaisia
lisäysmääristä- ja
laimenivat vuosien saatossa**

- Ei-merkitseviä muutoksia:**

pH, Viljavuus-Ca, -P, -Mg, -S, kok. N

- Korkea lähtökohtainen maaperän C (3,2-3,4%) ja pH (6.5)**
- BH kulkeutuminen syvempiin maakerrokseen (näytteet 0-20 cm)**
- Jyrsintä, äestys, kyntö**



Pitkä-aikais lannoitusvaikutuksia P, K, S, Cu ja Fe suhteen

BH vaikutus kasvien biomassan ravinnepitoisuuksiin yli vuosien, Stagnosol

Agriculture, Ecosystems and Environment 316 (2021) 107454



Agriculture, Ecosystems and Environment

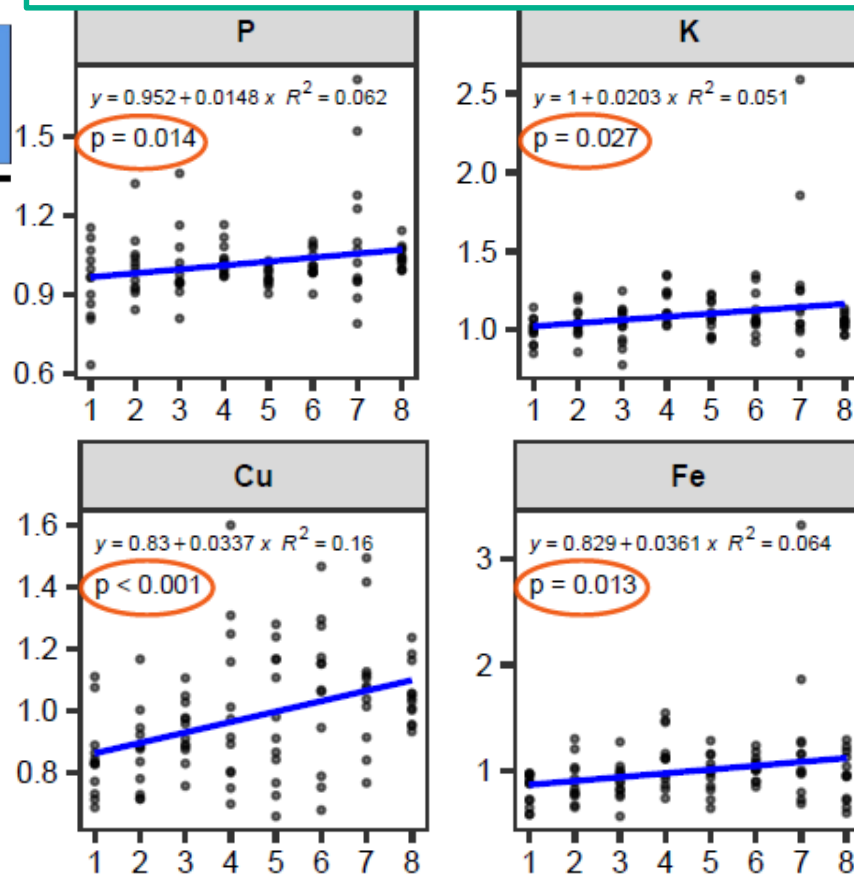
journal homepage: www.elsevier.com/locate/agee

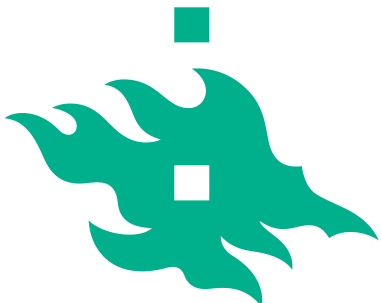


Long-term effects of softwood biochar on soil physical properties, greenhouse gas emissions and crop nutrient uptake in two contrasting boreal soils

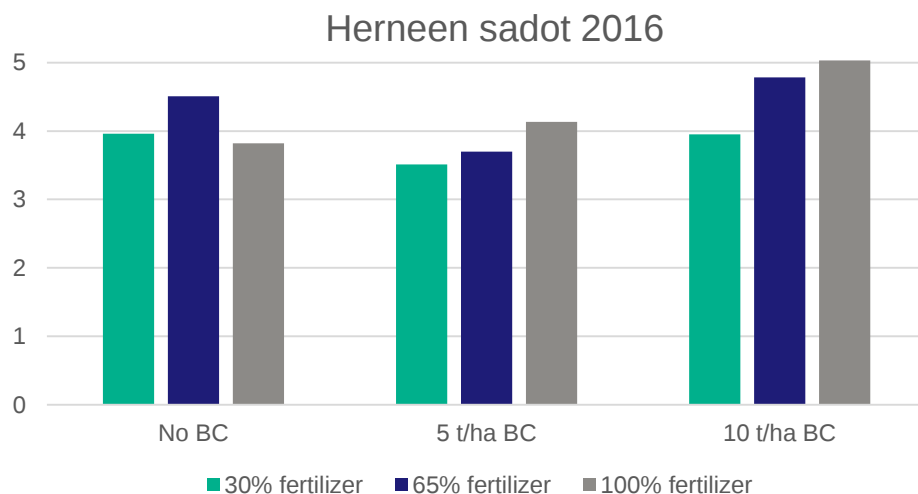
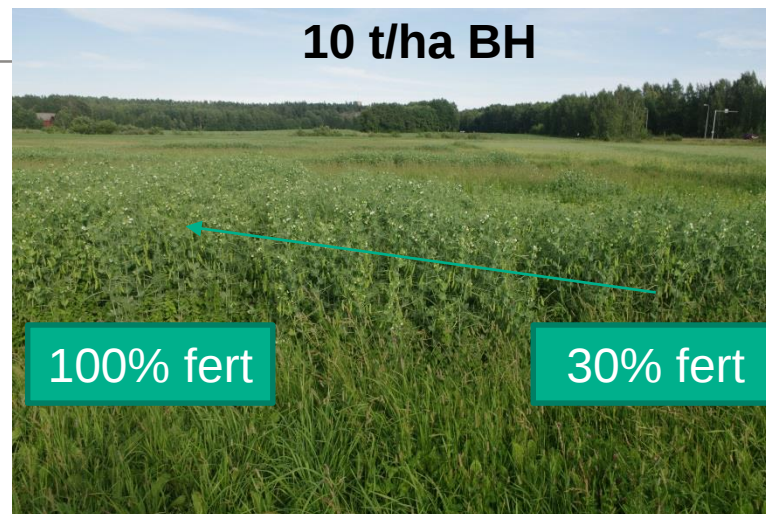
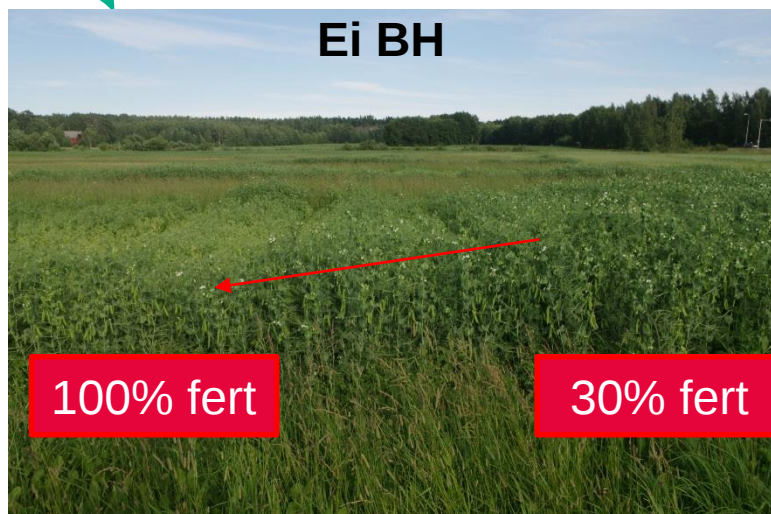
Subin Kalu^{a,b,*}, Asko Simojoki^c, Kristiina Karhu^b, Priit Tammeorg^a

- BH omat ravinteet
- Yhdysvaikutukset maaperän ravinteiden kanssa





Vaikutukset riippuvat myös esikasveista: parhaat tulokset 7. kasvukautena herneen kanssa nurmen jälkeen



N-sidonta? Mikrobiologia?

**Mielenkiintoisia trendejä
(+33%), mutta satoerot
ei tilastollisesti
merkitseviä**



Puupohjaiset biohiilet turvallisia hiilensidontaan

H/C_{org} alle 0,4 niin säilyy maassa 500+ v

- Pysyvyyden vaikuttaa sekä **BH ominaisuudet** että **ympäristöolot**
- Maahan lisää hiiltä ja kaliumia
 - Biohiili liikkuu vuosien saatossa syvempiin maankerrokseen
- Edesauttaa ravinteiden ottoa pitkässä juoksussa
- Multavilla mailla ei merkitseviä sadonlisäyksiä odotettavissa



PI Priit Tammeorg: Sustainable biochar systems, closing nutrient cycles

Subin Kalu: biochar & nutrient cycles

Jure Zrim: Effects of biochars and other soil amendments on soil biota

Mina Kiani: Recycling P from waterbodies

MSc students: Suvi Tikka, Annukka Kukkola, Tuuli Markkanen, Topi Kopakkala