



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Biokull: langvarig karbonlagring

Adam O'Toole, Avdeling biogeokjemi og jordkvalitet

Divisjon Mijlø-og Naturressurser

Mære Webinar «Jordkarbonets hemmeligheter – hvor står vi? 03.06.2020



# Hva er biokull?

*“Biokull er en heterogen materiale som har >50% karboninnhold som er biologisk/kjemisk stabilt. Den er produsert ved ren brennende pyrolyseteknologi fra bærekraftig biomasse og kan brukes til en rekke anvendelser innenfor miljøteknikk og landbruk “*

*[oversatt fra engelsk] s.6*

European Biochar Certificate, 2017



# Biokull – en naturlig andel i jordsmonnet

Boreal skog



1-5%

Temperert  
landbruksjord



5-45%

*Terra preta* - Brazil



<35%



13% av moldinnhold globalt  
(55 studier, Reisser et al. 2016)

...av mold innhold i forskjellige økosystemer stemmer fra biokull

Kilder:1. C.Zimczik and C. Masiello, 2007. Controls on black carbon storage in soils . Global biogeochemical cycles, Vol. 21, GB3005

2.Mao, et al. 2012. Abundant and Stable Char Residues in Soils: Implications for Soil Fertility and Carbon Sequestration. *Environmental Science and Technology* 46: 9571–76.

Ohlson et al. 2009. "The Charcoal Carbon Pool in Boreal Forest Soils." *Nature* 2 (September). Nature Publishing Group: 1–4.

Reisser, M., Purves, R. S., Schmidt, M. W. I. & Abiven, S.(2016) Pyrogenic carbon in soils: a literature-based inventory and a global estimation of its content in soil organic carbon and stocks. *Front. Earth Sci.* 4.

## Skogen



## Halmbrenning i landbruk



Foto: Våler og Åsnes  
landbrukskontoret

# Hva er hemmeligheten til fruktbarheten i Terra Preta jord?

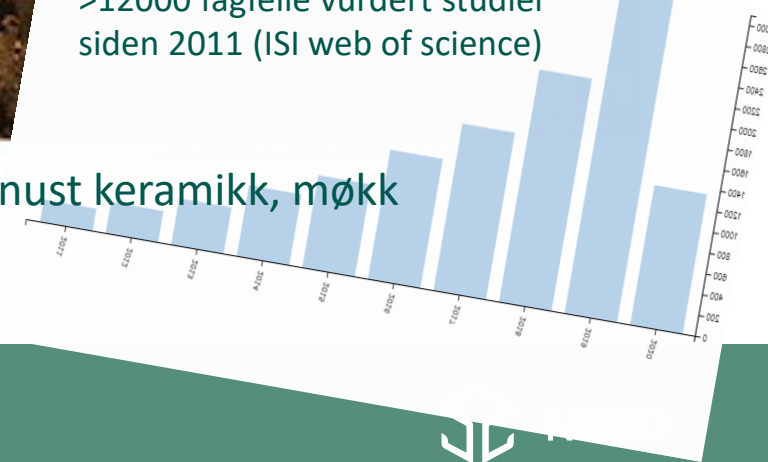


Økt C, P, Ca, Mn, pH  
Økt mikrobielle biomasse  
Økt Kationutbyttekapasitet



Jord, Biokull, aske, kompost, matavfall, bein, knust keramikk, møkk  
+ jordbiologi + tid

>12000 fagfelle vurdert studier siden 2011 (ISI web of science)





halm



treflis



Høns- og hestemøkk



Kjøttbein mel



Pyrolyse (>400°C)



Bioenergi



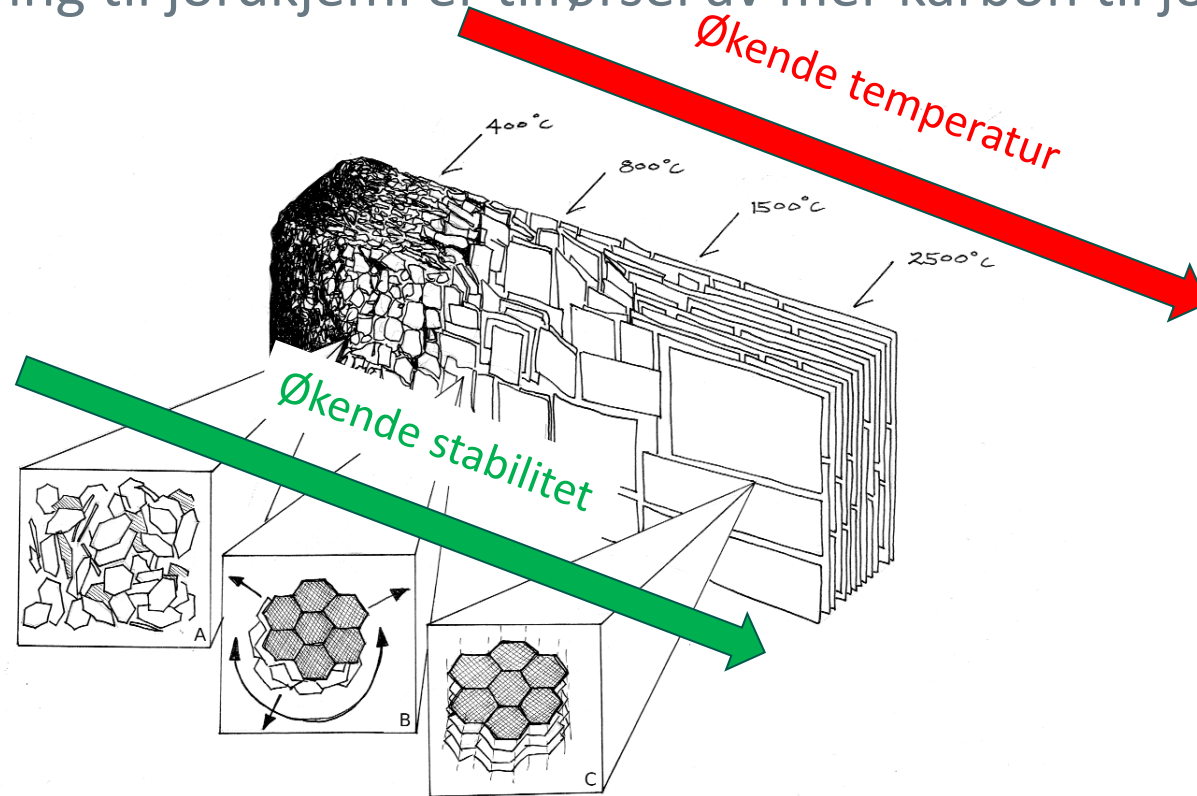
Biokull (ca. 20-30%)



# Jordkjemiske endringer?

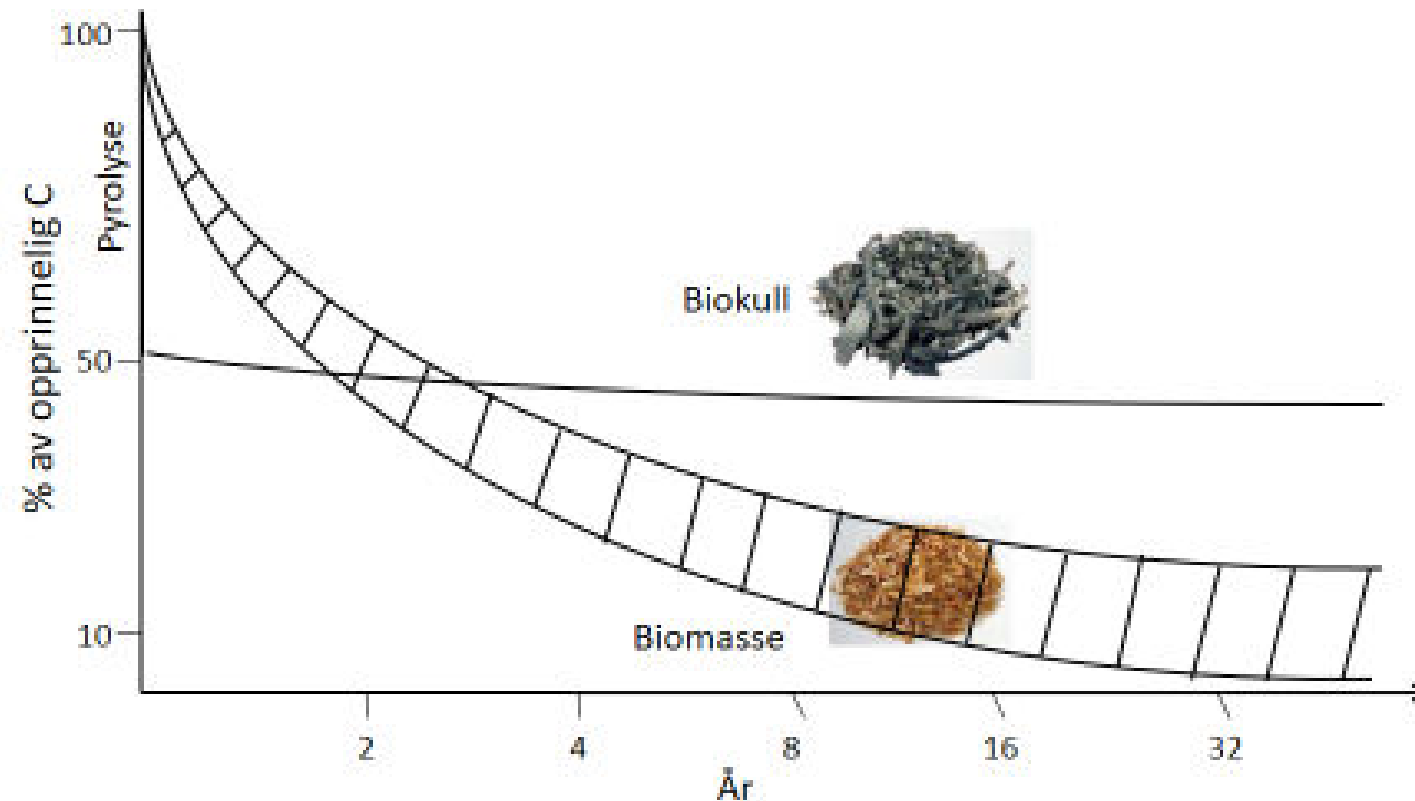
- Biokull største endring til jordkjemie er tilførsel av mer karbon til jorda

Organisk struktur  
forandrer seg med  
pyrolyse



Downie et al, 2008

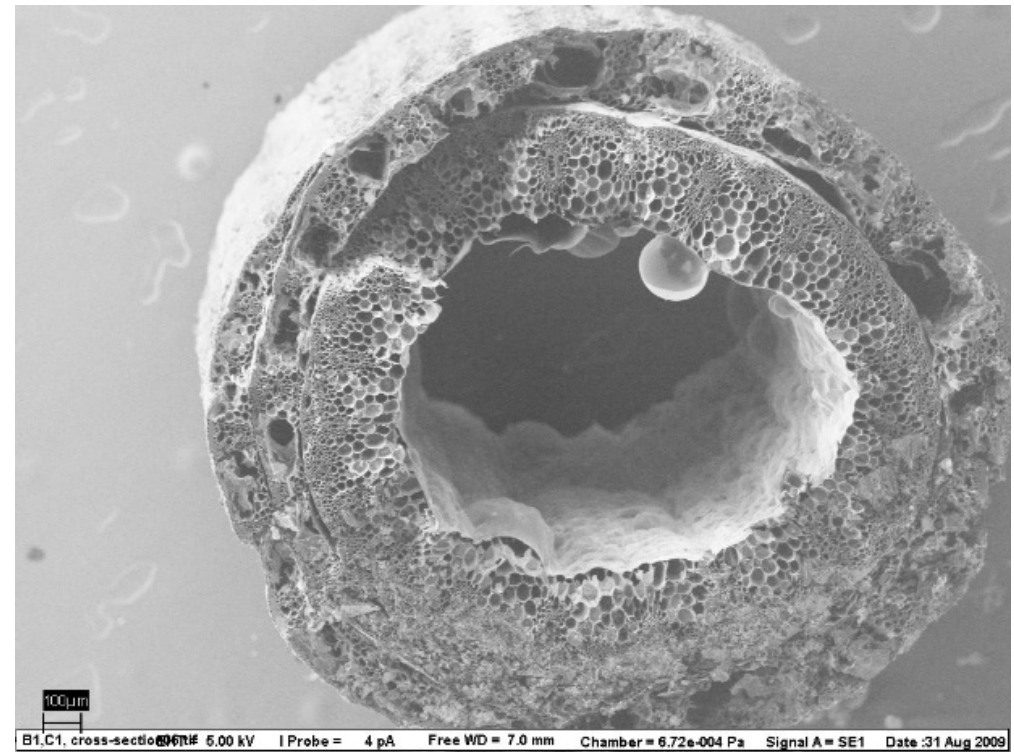
- 1) Forkullet biomasse er 60 ganger mer stabilt i jord enn planterester (Budai, Rasse et al., 2016).
- 2) Gjns. oppholdstid >100 år på felt in Norge (Rasse et al., 2017)





## Andre egenskaper

- Høy pH
- Stor overflate
- Porøs / holde vann / næringsstoffer
- Lett og kan siktes lett i ulike kornstørrelse for ulike formål (fra stor lump trekull til fin pulver)



## Røtter vokser ofte inn i biokull makroporer på lett etter vann og næring





# Biokull forskning i NIBIO...

Biokull + bioest = forbedret organisk gjødsel



Mer balansert  $\text{NO}_3$  og  $\text{NH}_4$   
Innhold i biokull + bioest  
blanding



Bilder: Adam O'Toole



KARBONVEKST

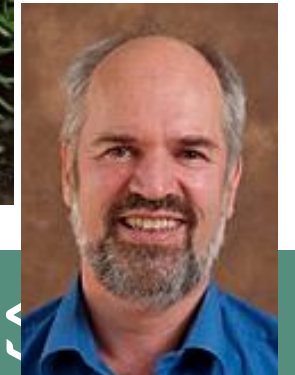
# Biokull i gjødselprodukter



Til landbruk



Til skogbruk



Bilder: Adam O'Toole  
Seek Fertilizers (CN)  
Morten Günther

# Biokull tilsetning til dyrefor



↑ Dyrehelse?



↓ Redusert CH<sub>4</sub>?

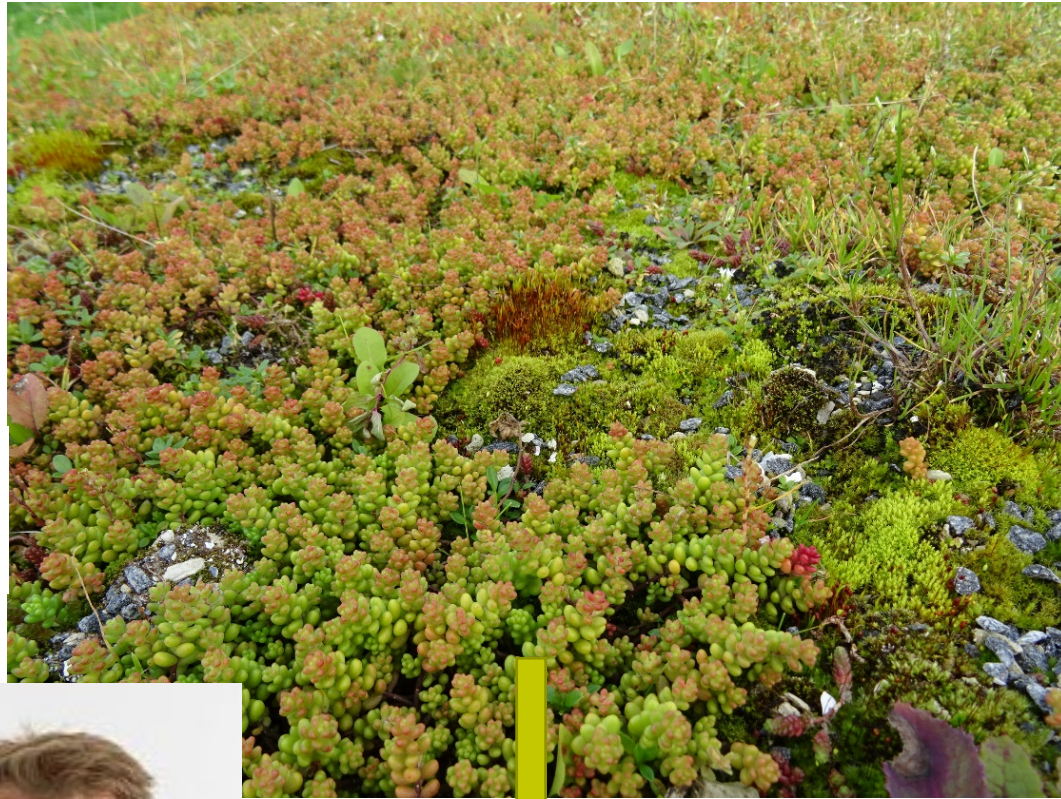


# Gratis karbonlagring via møkk + jordfauna



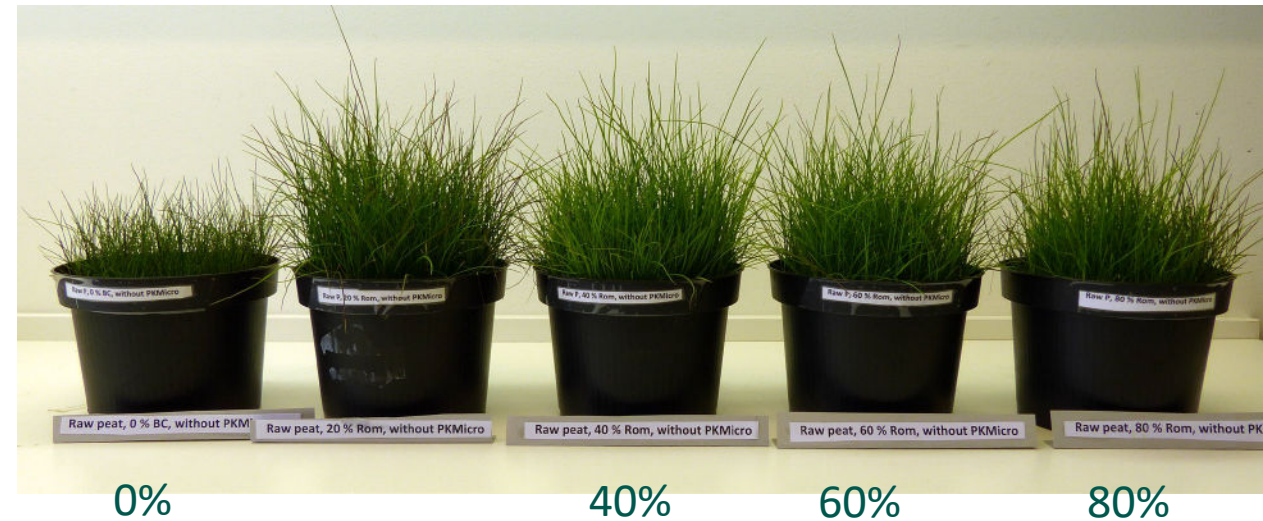
Ref: Stephen Joseph, Doug Pow,  
Kathy Dawson m.flere 2015

# Biokull som vekstmedia i grønttak og torvredusert hagejord



~5-10% Vol 👍

Bilder: Hans Martin Hanslin og Pierre-Adrien Rivier



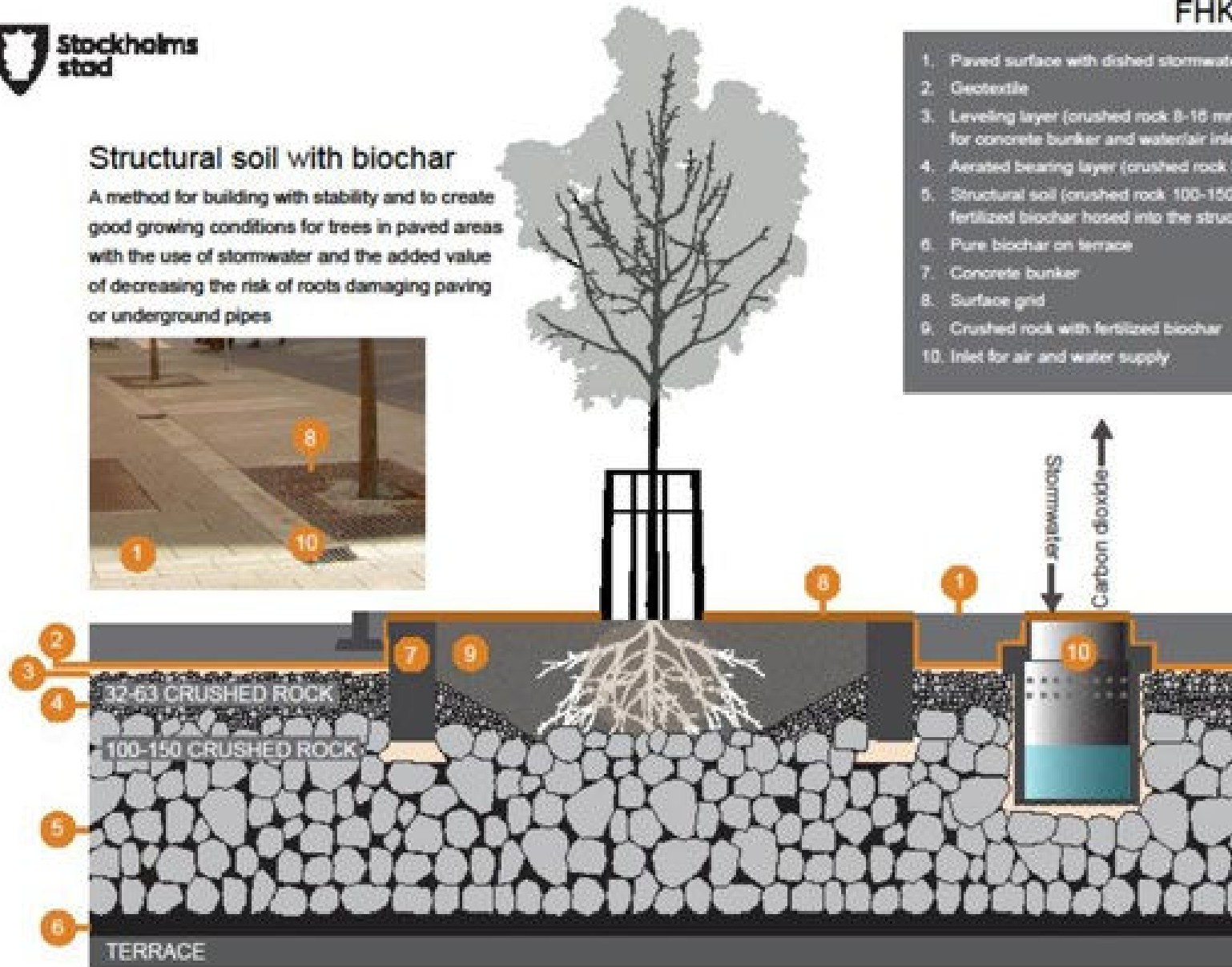
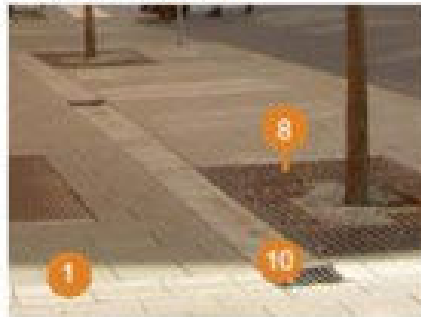
20% 👍





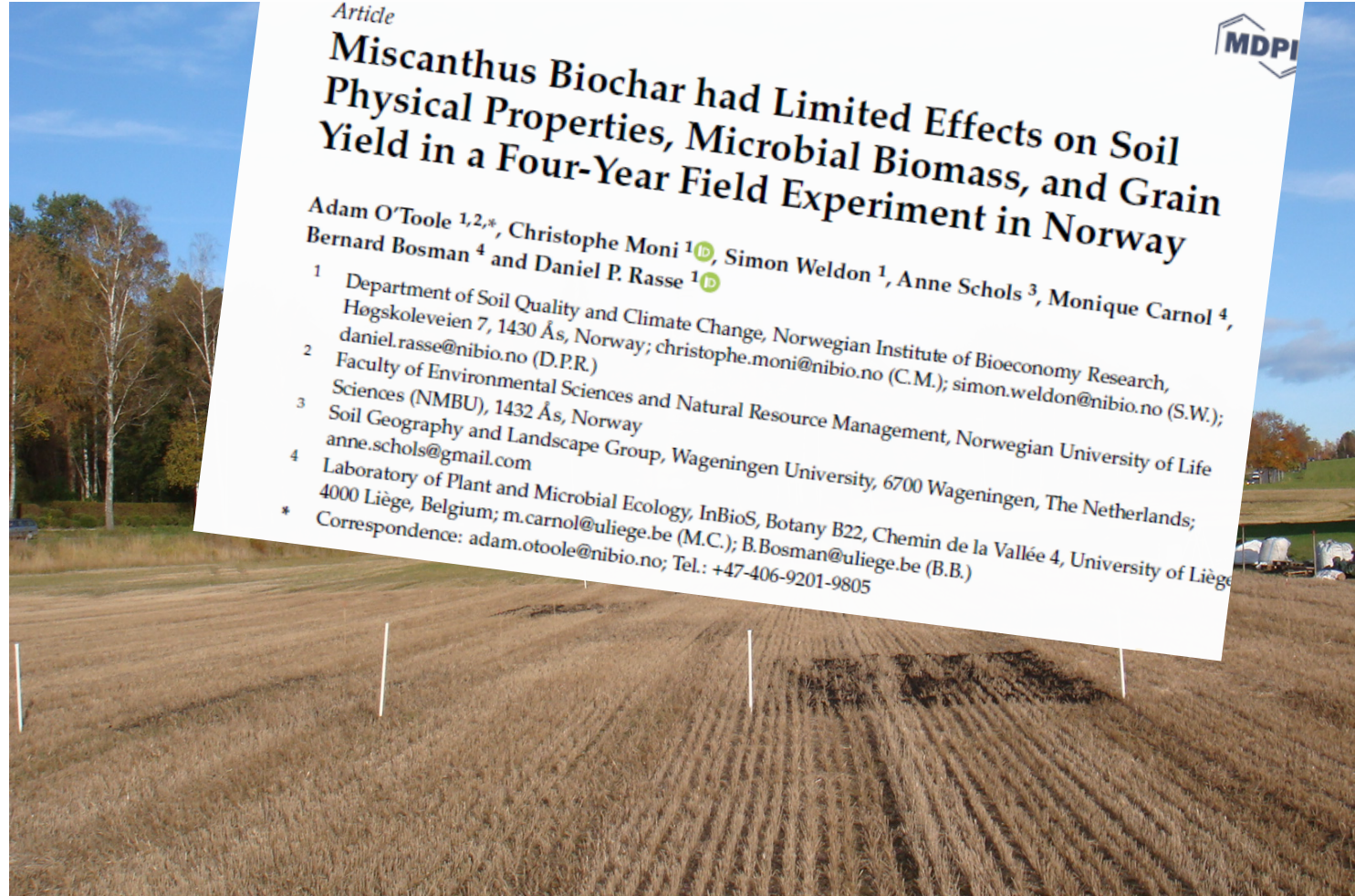
### Structural soil with biochar

A method for building with stability and to create good growing conditions for trees in paved areas with the use of stormwater and the added value of decreasing the risk of roots damaging paving or underground pipes



1. Paved surface with dished stormwater gutters
2. Geotextile
3. Leveling layer (crushed rock 8-16 mm) – also used for concrete bunker and water/air inlet.
4. Aerated bearing layer (crushed rock 32-63 mm)
5. Structural soil (crushed rock 100-150 mm) with fertilized biochar holed into the structural volume
6. Pure biochar on terrace
7. Concrete bunker
8. Surface grid
9. Crushed rock with fertilized biochar
10. Inlet for air and water supply

# Hva om avlingseffekt?



Article

## Miscanthus Biochar had Limited Effects on Soil Physical Properties, Microbial Biomass, and Grain Yield in a Four-Year Field Experiment in Norway

Adam O'Toole <sup>1,2,\*</sup>, Christophe Moni <sup>1</sup>, Simon Weldon <sup>1</sup>, Anne Schols <sup>3</sup>, Monique Carnol <sup>4</sup>, Bernard Bosman <sup>4</sup> and Daniel P. Rasse <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Soil Quality and Climate Change, Norwegian Institute of Bioeconomy Research, Høgskoleveien 7, 1430 Ås, Norway; christophe.moni@nibio.no (C.M.); simon.weldon@nibio.no (S.W.); daniel.rasse@nibio.no (D.P.R.)

<sup>2</sup> Faculty of Environmental Sciences and Natural Resource Management, Norwegian University of Life Sciences (NMBU), 1432 Ås, Norway

<sup>3</sup> Soil Geography and Landscape Group, Wageningen University, 6700 Wageningen, The Netherlands; anne.schols@gmail.com

<sup>4</sup> Laboratory of Plant and Microbial Ecology, InBioS, Botany B22, Chemin de la Vallée 4, University of Liège 4000 Liège, Belgium; m.carnol@uliege.be (M.C.); B.Bosman@uliege.be (B.B.)

\* Correspondence: adam.otoole@nibio.no; Tel.: +47-406-9201-9805

# Biokull feltforsøk i Norge

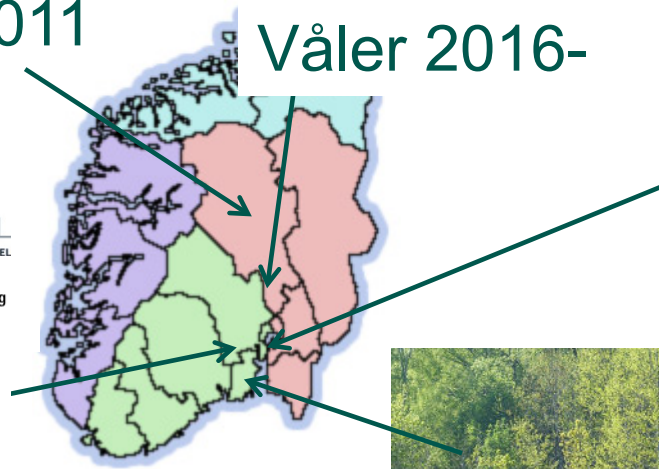


Ås 2010-2014



Sel 2011

Våler 2016-



Notodden 2010



Åsgardstrand, Vestfold 2018-19

Så etter mange år med forskning hvor langt har vi kommet ved å komme nærmere jordkvalitet som nærmer det som er i terra preta? Hva er anbefalt praksis i dag?



Credit: Jim Richardson/National Geographic Creative

# Svaret ligger i at vi må se på kombinasjoner av biokull med andre materialer og interaksjoner med jordbiologi/temperatur/tid

- Leire
- Kompost
- Husdyrgjødsel/biorest
- Fiskeslam
- Aske
- mikroorganismer
- Makrofauna



# Hvor CO<sub>2</sub> reduksjoner er det knyttet til bruk av biokull?

	CO <sub>2</sub> -ekv t <sup>-1</sup> råstoff	CO <sub>2</sub> -ekv t <sup>-1</sup> biokull produsert	Land	Referanser
	-	2,7	Chile	Muñoz mfl., 2017
	1	3	UK	Hammond mfl., 2011
	1,1	3,3		McCarl mfl., 2009
	0,8	2,4	USA	Roberts mfl., 2010
<b>GJ. snitt</b>	<b>1</b>	<b>3</b>		(Livsløpsanalyse studier)

# Potensial for biokull produksjon i Norge utfra tilgjengelig råstoff

Råstoff	M fm <sup>3</sup>	Mt (0.4 x fm <sup>3</sup> )	Biomasse tilgjengelig for biokull produksjon (Mt) (forutsettes maks 50% utnyttelse av råstoff)	Potensial Biokull produksjon (Mt) (ca. 30% utbytte fra biomasse)
GROT <sup>1</sup>	3,7	1,48	0,74	0,22
Bark <sup>1</sup>	0,47	0,19	0,095	0,03
Sagflis <sup>1</sup>	0,4	0,16	0,08	0,02
Hestemøkk med kutteflis <sup>β</sup>		0,5	0,25	0,08
Halm*		0,93	0,4	0,12
<sup>1</sup> Sum fra skogråstoff			<b>1,17 Mt biomasse</b>	<b>0,35 Mt biokull</b>
<b>Totalt</b>			<b>1,57 Mt biomasse</b>	<b>0,47 Mt biokull</b>

\*Tilgjengelighet av halm (som tar hensyn til alternativ (2014))

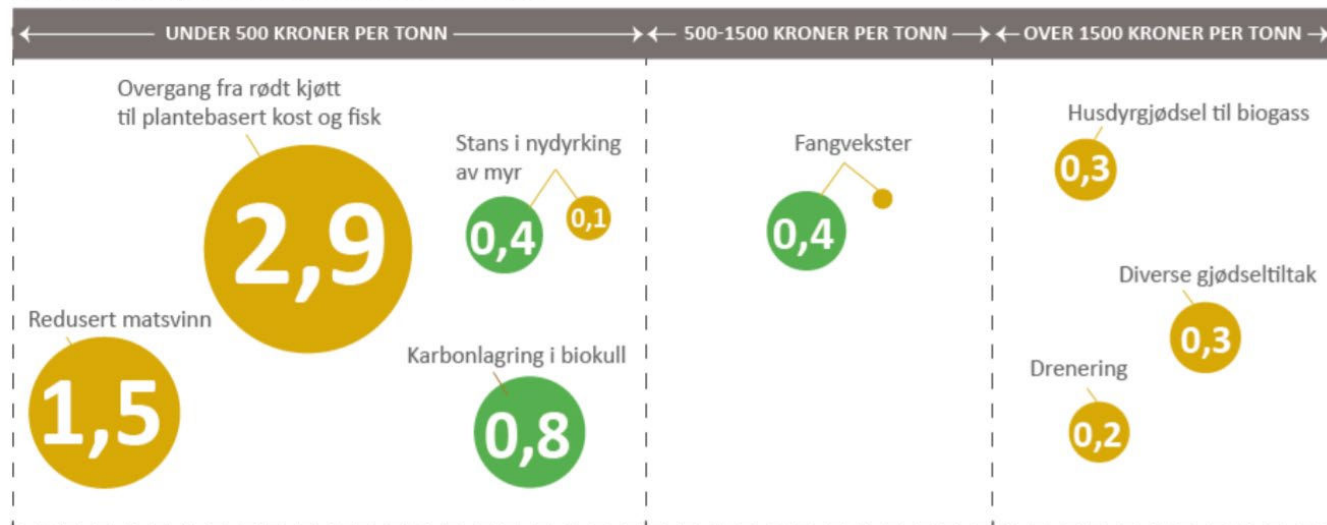
<sup>β</sup>Hestemøkk mengde basert forutt 35kg/døgn avføring (35% TS) x 125 000 hester i Norge (Vik og Farstad, 2012; Hofstad, 2018)

Ca. 1 M t CO<sub>2</sub> per år  
 Eller 2 ganger landbrukets årlige klimakutt mål

# Men var er faktisk gjennomførbart?

## JORDBRUK

Reduksjonspotensial i millioner tonn



Klimakur 2030 antar  
At vi nå ca. 8% av biokull  
potensialet ved 2030

Klimakur 2030 rapport

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Utslippsreduksjon (mill. tonn CO <sub>2</sub> -ekv.)	-	0,015	0,030	0,045	0,060	0,075	0,090	0,105	0,120	0,135	0,150
Utslippsreduksjon 2021-2030	0,83 millioner tonn CO <sub>2</sub> -ekvivalenter										
Kostnadskategori	< 500 kr/tonn CO <sub>2</sub> -ekv										



# Hva vet vi?

- Karbonlagrings effekt oppnås med reaktor temp  $>400$  d C
- Lavere reaktor temp biokull vil ha større reaktivitet / CEC
- Høyere reaktor temp biokull vil ha enda mer bestandig karbon
- Man trenger ganske store mengde for å oppnå jordfyskiske endringer  $>2$  t/daa

# Hva trenger vi mer kunnskap om?

- Flere Livsløpsanalyse av biokull-energisystemer i ulike scenarioer
- Anvendt forskning i bruk av biokull i nye produkter – f.eks. dyrefôr, gjødselprodukter med biokull
- Optimalisering av pyrolyseprosessen og for-/etterbehandling for å produsere biokull på en slik måte at man kan forutsi sluttegenskaper og virkning for ulike anvendelser.
- Testing av karbonstabilitet av biokull basert på ulike råstoffvalg (avløpsslam, fiskeslam, treverk, halm)
- Videreføring av arbeid for kvantifisering av biokull i jord, og langtidsforsøk for måling av karbonstabilitet
- Trenger mer kunnskap om effekt av biokull fôr på dyrehelse
- Samspill med jordbiologi og andre jordkarbon tiltak f.eks. fangvekster



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Takk for oppmerksomheten !

Forskning fra «Carbo-fertil» prosjekt finansiert av NFR Bionær Lavutslipp 2030, og KarbonVekst prosjekt, finansiert av Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri

Flere spørsmål om biokull? Ta kontakt med Adam O'Toole via epost [adam.otoole@nibio.no](mailto:adam.otoole@nibio.no) eller telefon: 9201 9805.

Mer info på [www.nibio.no/carbo-fertil](http://www.nibio.no/carbo-fertil)



The Research Council  
of Norway



Forskningsmidlene  
for jordbruk og matindustri

