

Er biokul en løsning til langvarig kulstoflagring?

Henrik Ingermann Petersen* & Hamed Sanei**

*Professor, Afdelingen for Geoenergi og Lagring,
Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS),
København

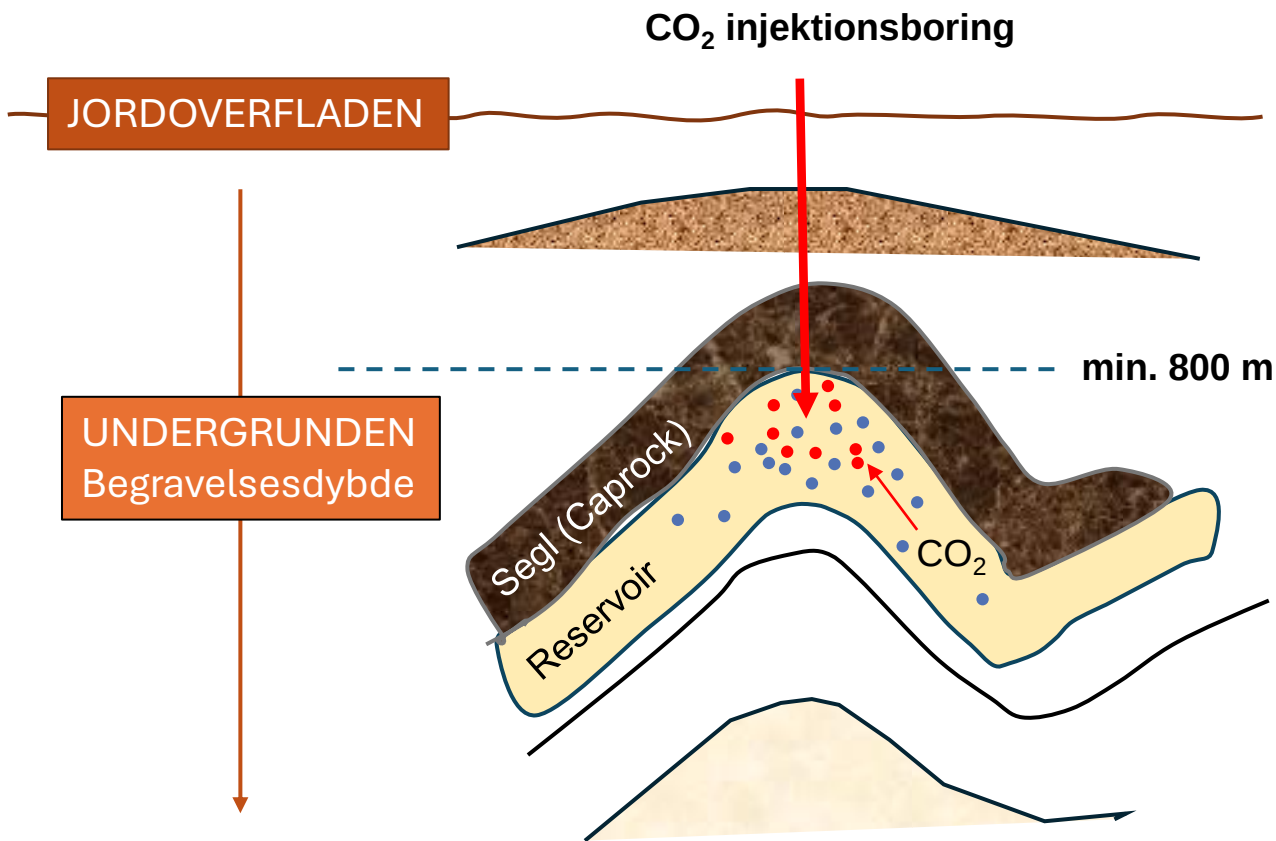
**Professor, Afdelingen for Geovidenskab, Aarhus
Universitet, Aarhus



Biokul: Nøglerolle i Danmarks målsætning om at reducere CO₂ udledningen og blive klimaneutral i 2045 – tænk på pyrolyse i Den Grønne Trepert

CO₂ - Carbon Capture and Storage (CCS)

Carbon Dioxide Removal (CDR)



Biokul – pyrolyse af biomasse til "trækul"



Biokul?



Eggleston and Lima (2015)

Biokul:

International Biochar Initiative (IBI): "Et fast materiale opnået ved termokemisk omdannelse af biomasse i et iltbegrænset miljø" (*pyrolyse*)

➤ Organisk petrole (asfalte) ville nåtå: Biokul = Inertinit

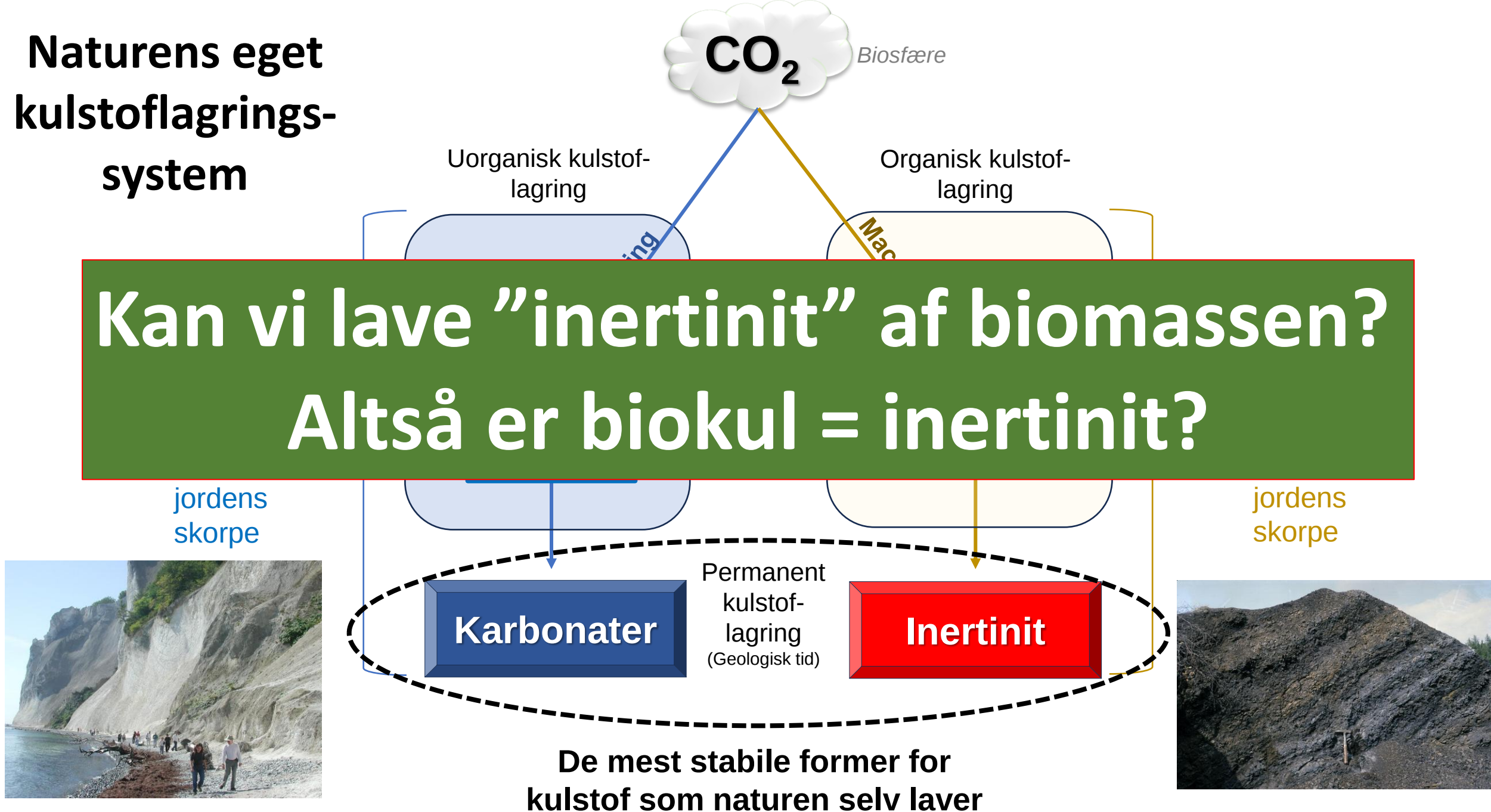
Nøglespørgsmålet er: Er biokul stabilt? Altså er det unedbrydeligt?

Grøn Trepert:

Lagring af biokul produceret ved pyrolyse skønnes at kunne bidrage med et CO₂-optag på 0.3 mio. ton CO₂ i 2030, potentielt op til 0.6 mio. ton CO₂ i 2030

(land- og skovbrugssektoren: reduktionsmål på 55-65% i 2030 i forhold til 1990)

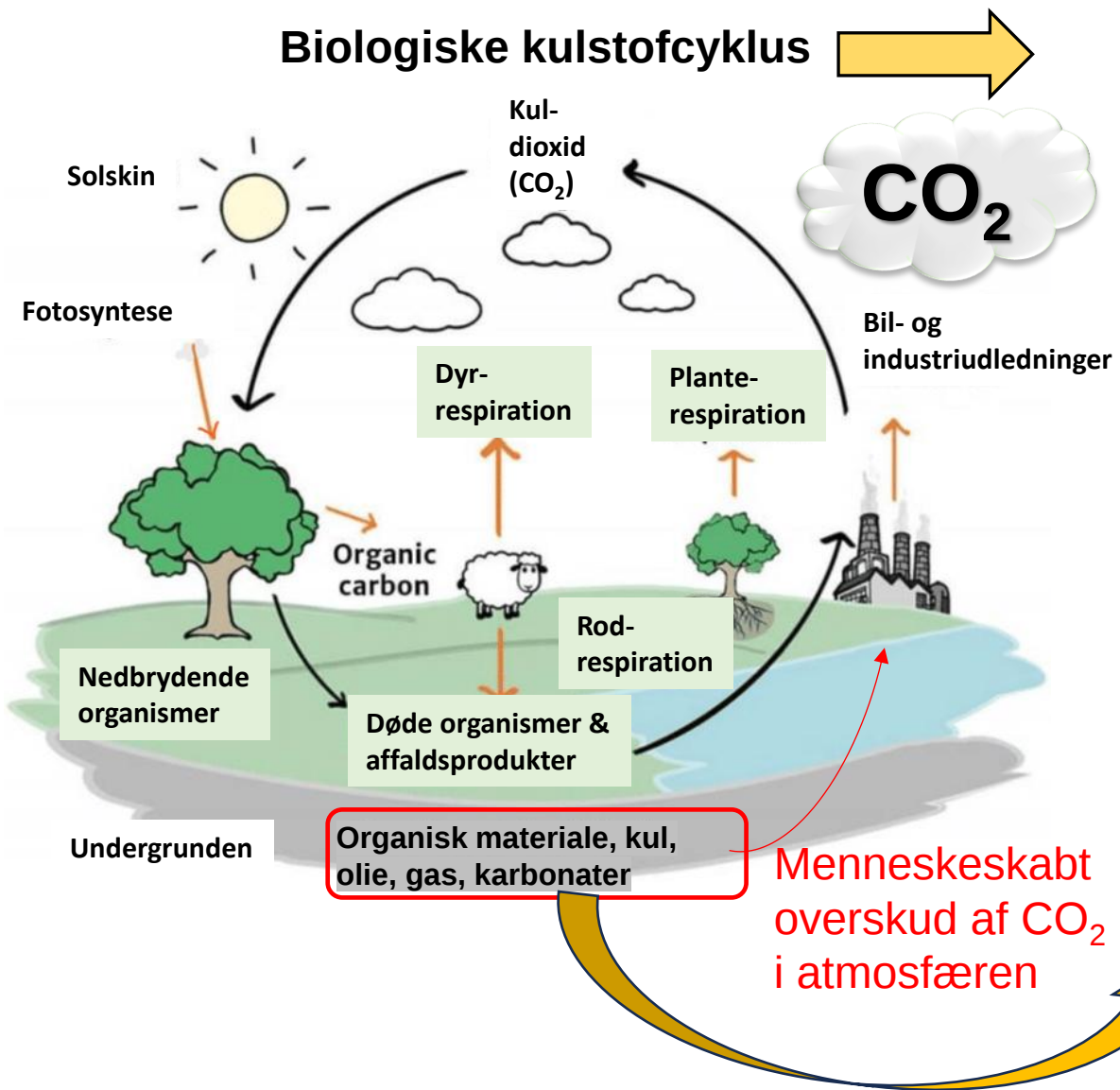
Naturens eget kulstoflagrings- system



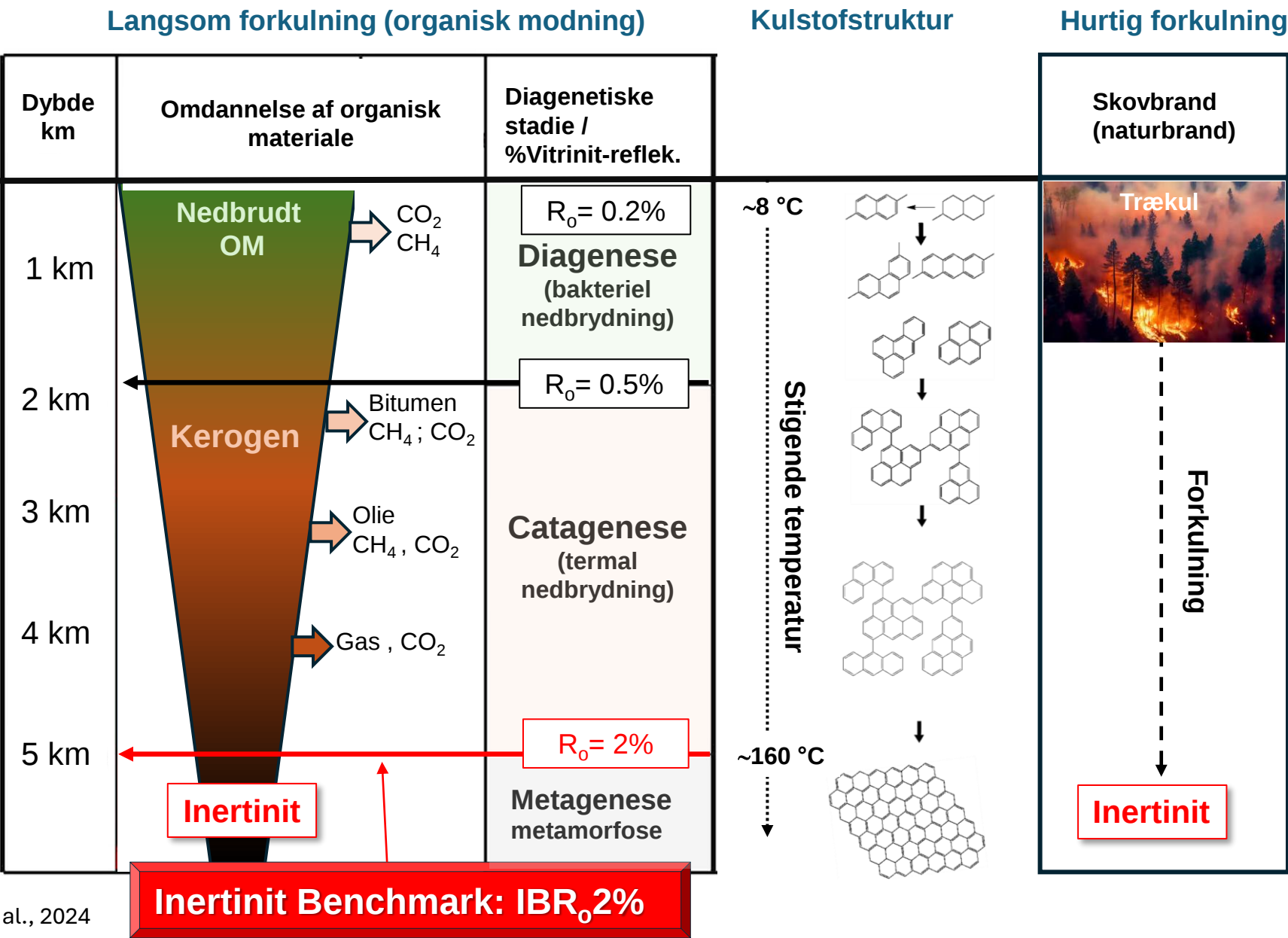
Kulstofcyklus

Naturens CO₂ fjernelses- & lagringssystem

Biologiske kulstofcyklus



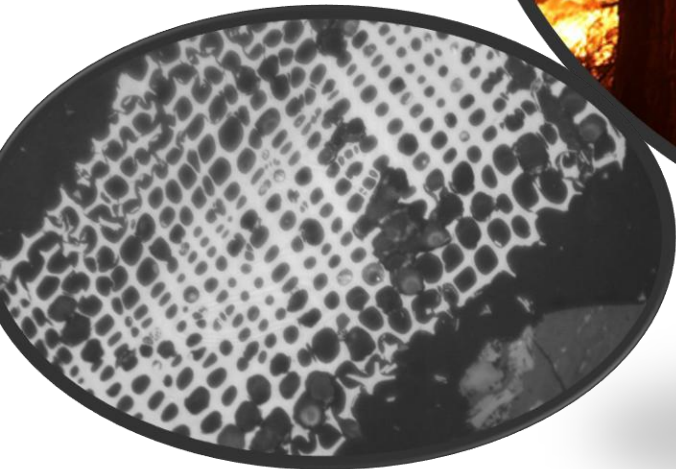
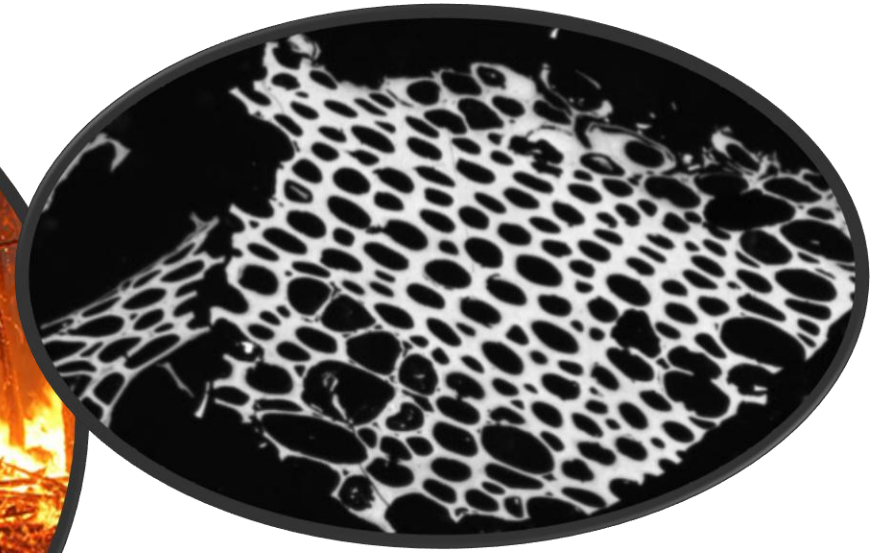
Den geologiske kulstofcyklus



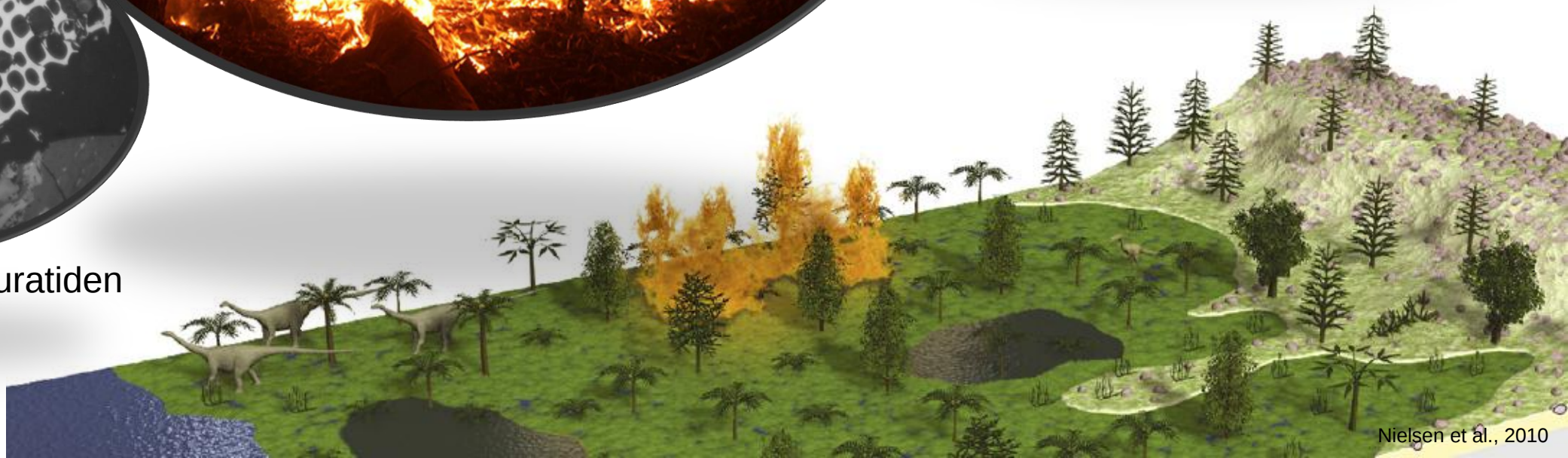
Omgå den langsomme forkulning

Naturlige skovbrande – Forkulning

Trækul (fusinit) fra sankthansbål 2024

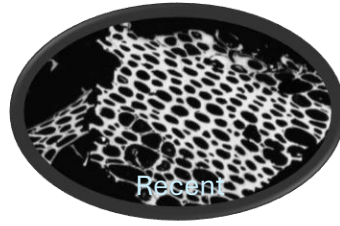
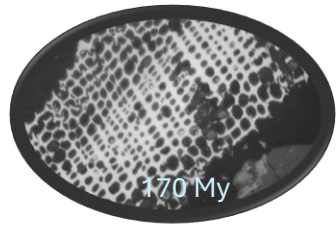


Trækul (fusinit) fra Juratiden
~170 millioner år



Nielsen et al., 2010

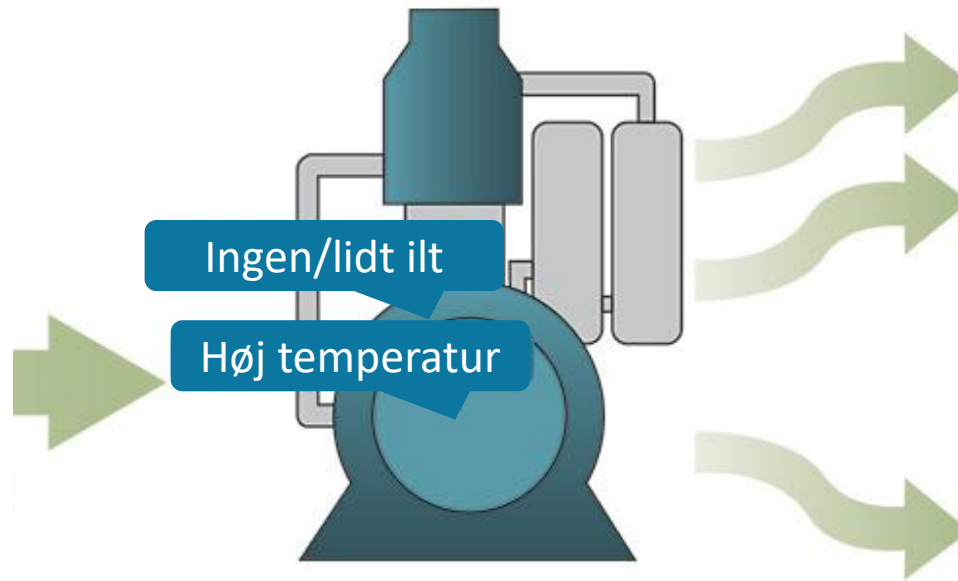
Pyrolyse: Biokul – Fremstillet trækul (fusinit)



Biomasse

Pyrolyse enhed

Produkter



Syn-gas

Bio-olie

Biokul



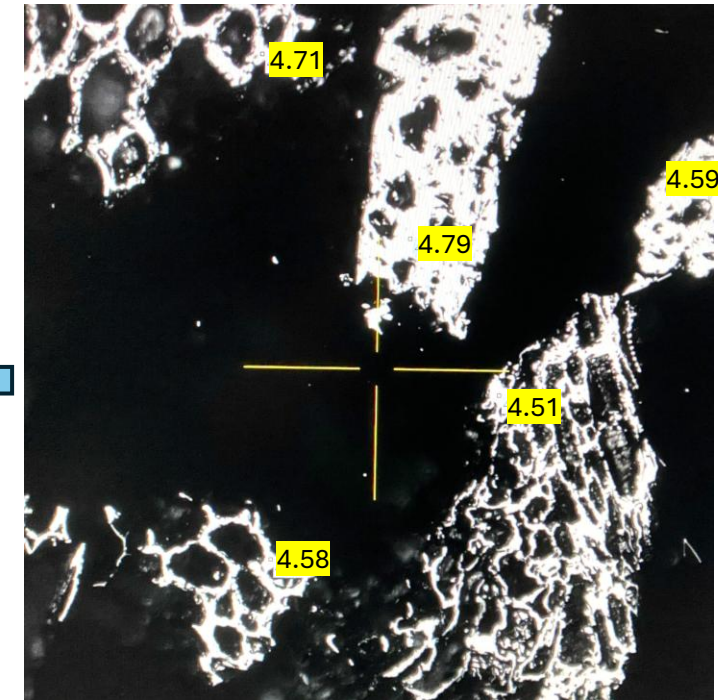
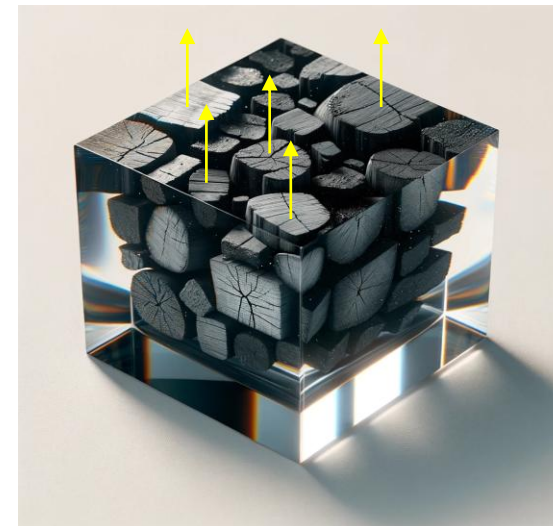
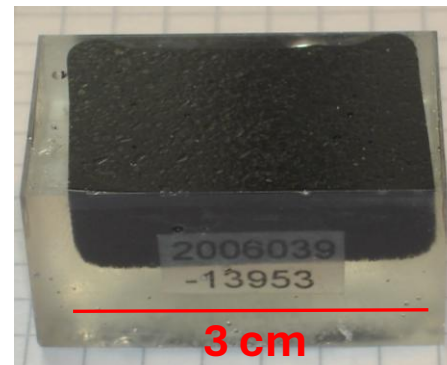
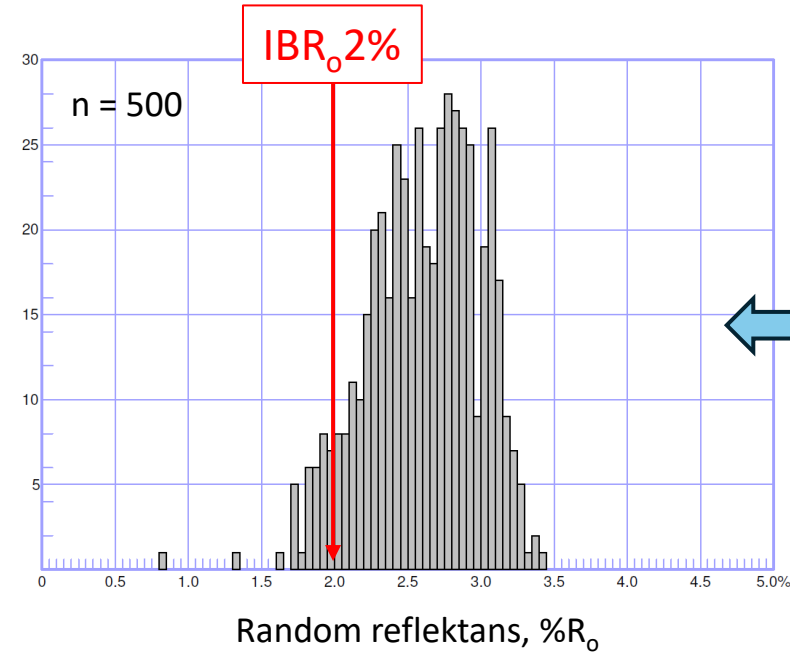
Temperatur > 550-600 °C

Random reflektans-målinger - %R_o

Primær relation mellem reflektansen og den maksimale opvarmningstemperatur

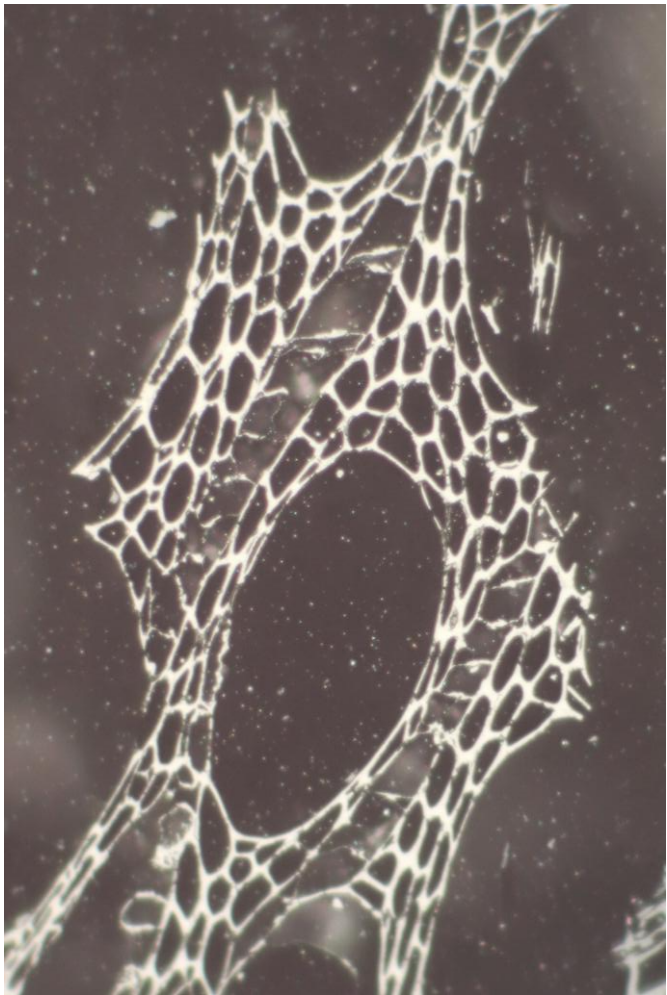


Reflektionsmikroskop

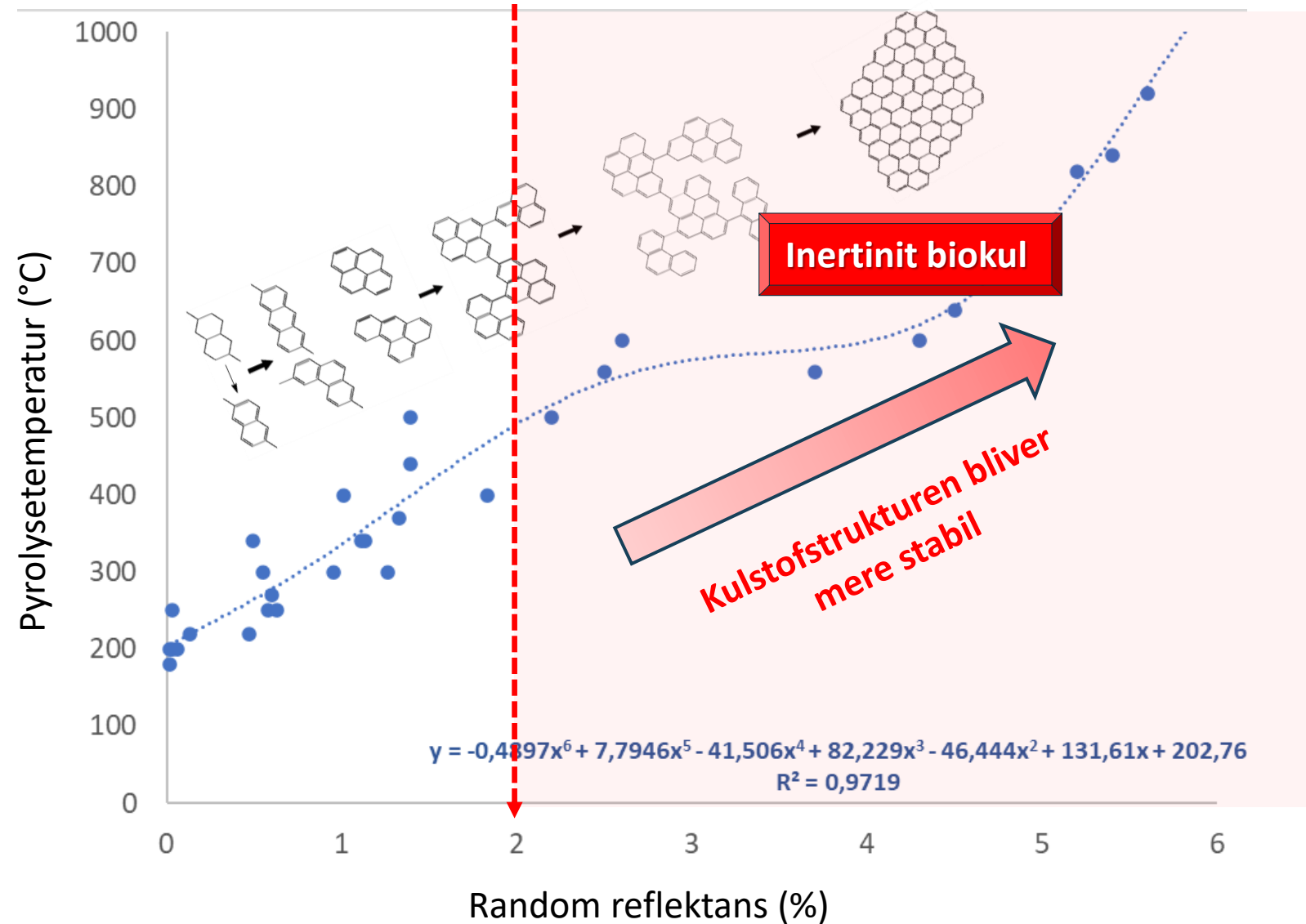


Pyrolyse-temperatur og %R_o

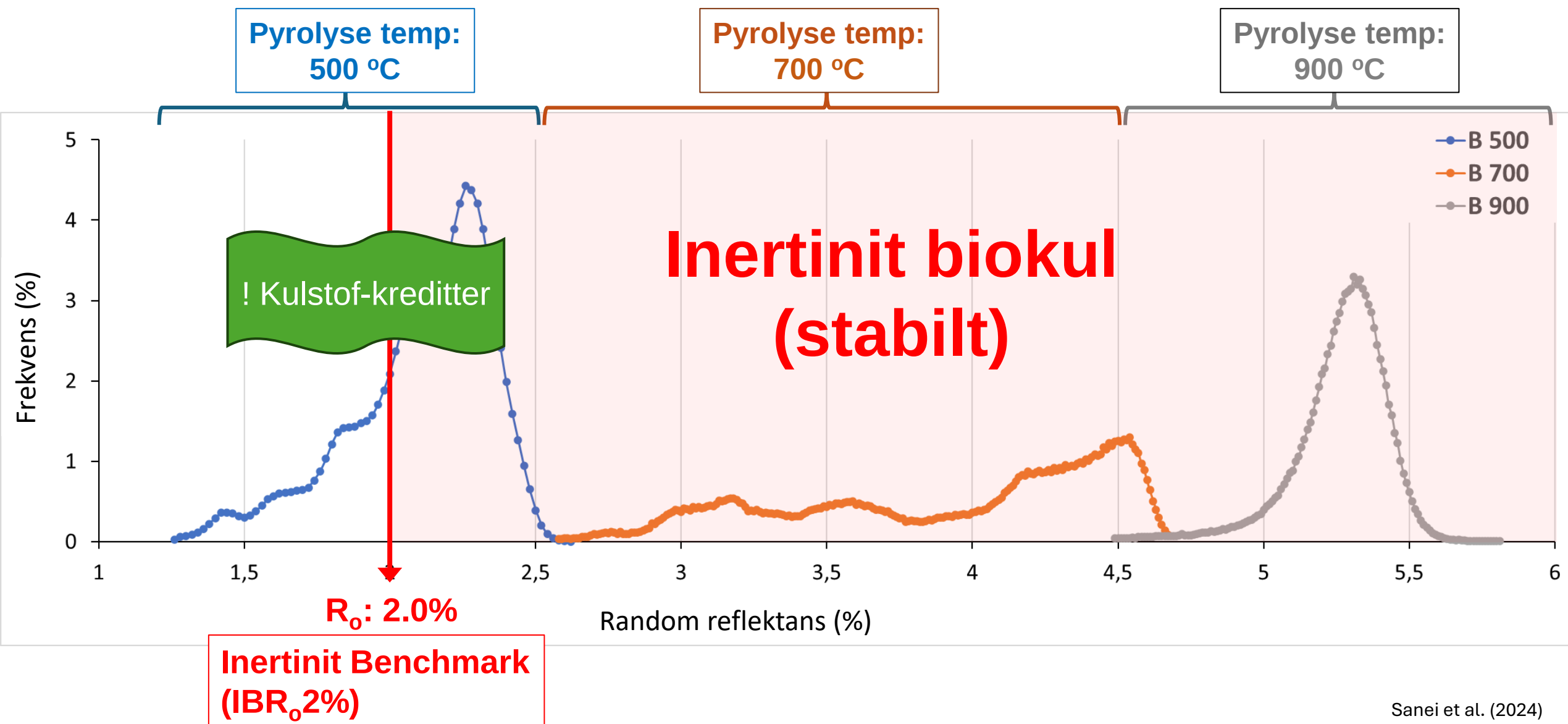
~76% af de industri-biokul vi har undersøgt består af ren inertinit



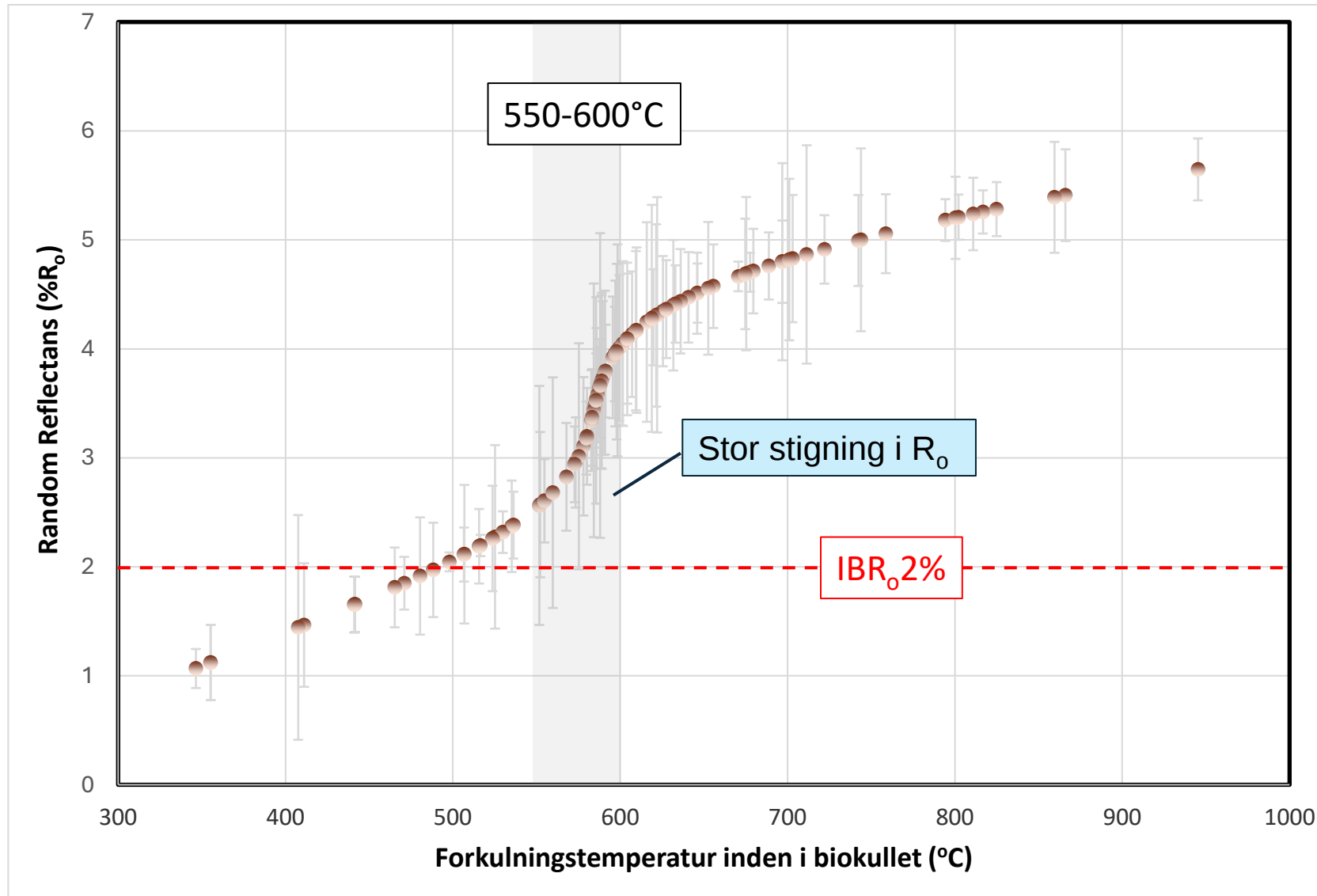
Inertinit Benchmark: IBR₀2%



Fordeling af random reflektans (%R_o) i bambus-biokul produceret ved 500, 700, og 900 °C (opvarmningsrate på 10 °C/min)



Forkulningstemperatur vs. gennemsnitsreflektansen (R_o)



Beregning af forkulningstemperaturen (CT): $CT (^{\circ}C) = -0.4897 Ro^6 + 7.7946 Ro^5 - 441.506 Ro^4 + 82.229 Ro^3 - 46.444 Ro^2 + 131.61 Ro + 202.76$
 $R^2 = 0.98$

Forkulningstemperatur: hvorfor reflektansfordelingen er vigtig

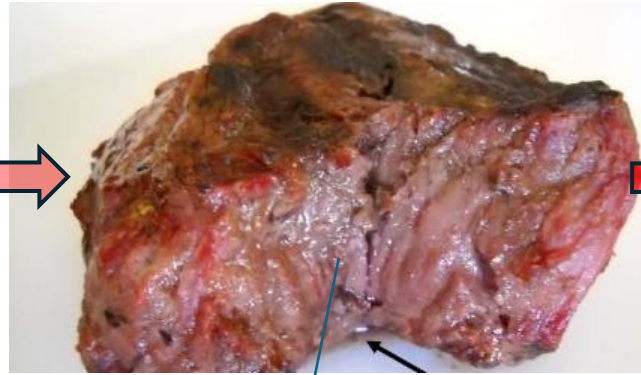
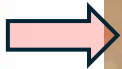
R_o fordelingen giver de forskellige kulstoffraktioner – altså inertinit biokul versus ikke-inertinit biokul

Biomasse

320 °C; $R_o = 0.9\%$

400 °C; $R_o = 1.4\%$

500 °C; $R_o = 2.05\%$



ikke varmepåvirket inden i

delvis varmepåvirket

biokul på
overfladen

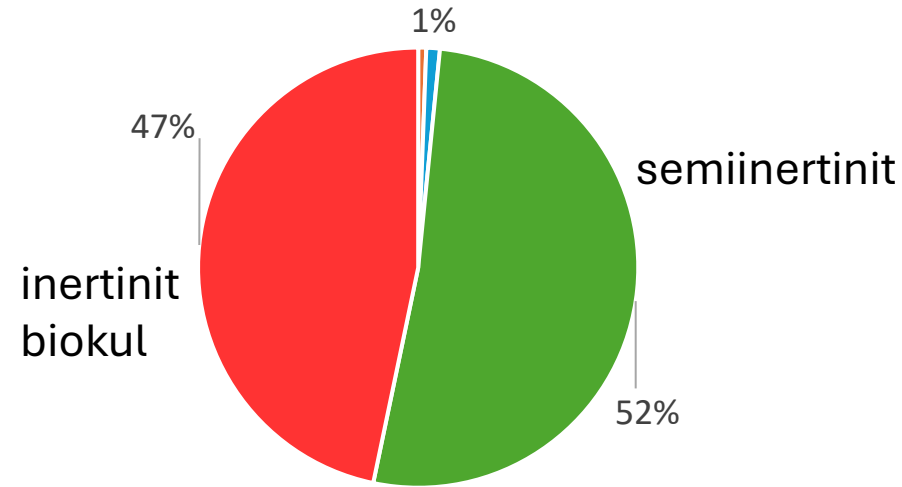
indre del
utilstrækkelig
forkullet

inertinit biokul:
hele R_o fordelingen $> 2\%$ ($IBR_o 2\%$)

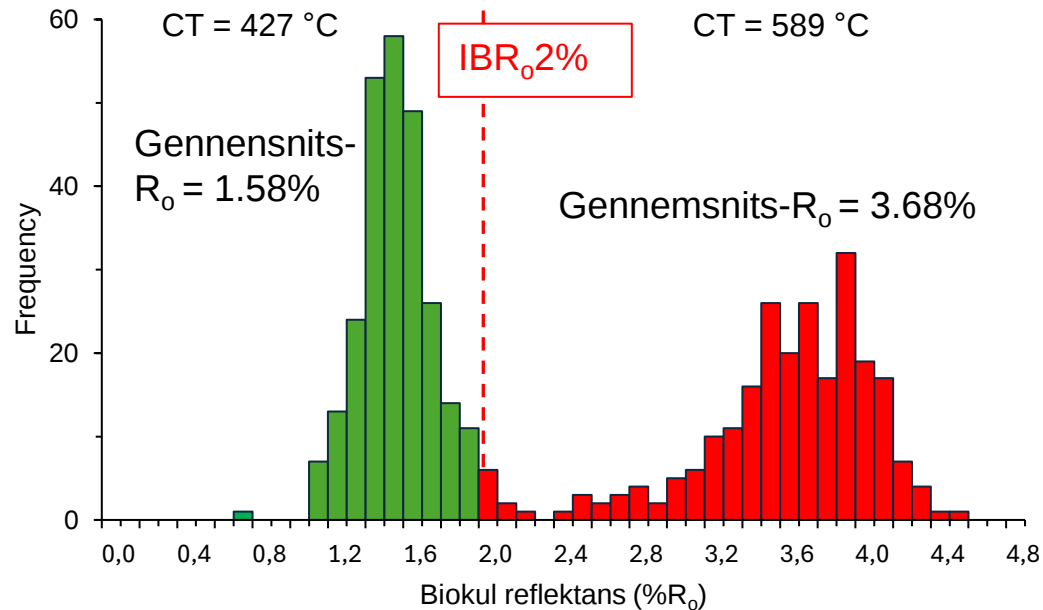


100% inertinit biokul

Utilstrækkelig pyrolysering: kvantificering af kulstof-fraktionerne



Biokul, 850 °C



Konklusion



26. februar

"Kraniebrud" Radio4 26. februar 2024

ER BIOKUL NØGLEN TIL AT LØSE LANDSBRUGETS CO2-UDLEDNING?

Det kræver 600 grader at lave god biokul. Så måske er der ikke noget at sige til, at det er hot topic i forskerkredse. Det viser sig nemlig, at biokul kan lagre kulstof i op imod 100.000.000 ...

49 min

Er biokul en løsning til langvarig kulstoflagring?

Kan vi lave "inertinit" af biomassen?

Altså er biokul = inertinit?

JA!

- Biomassen skal pyrolyseres ved temperaturer $>550-600\text{ }^{\circ}\text{C}$
- *Hele* reflektansfordelingen skal $>2\%$ (Inertinit Benchmark)
- Vores forskning viser, at ca. 90-100% af kulstoffet i biokullet er inert, og er i princippet unedbrydeligt i millioner af år, dvs langt over de 100-1000 år som f.eks. IPCC opererer med

Fremtiden? Biokul er klimaets og miljøets schweizerkniv

Holde på
vandet i dårlige
jorde

Behandle
spildevand

Absorbere
tungmetaller

Forbedre
jordkvaliteten

Øge mængden
af afgrøder

Tilsættes
byggematerialer

Reducere og
eliminere PFAS



INNO-CCUS

Carbon capture,
utilisation and storage

Tak for at lytte med! en



**Funded by the
European Union**

NextGenerationEU