

# Biokul som jordforbedringsmiddel på grovsand

Bedre udbyttepotentiale, jordstruktur og langtidslagring af CO<sub>2</sub> på JB1-jorde er ting som biokul kan hjælpe med. Nu skal nyt forskningsprojekt være med til at undersøge potentialet.







Af Carsten Tilbæk Petersen, lektor ved Institut for Plante- og Miljøvidenskab ved KU, med flere

Biokul fremstillet af biomasse kan langtidslagres i jord og derved mindske landbrugets udledning af CO<sub>2</sub> til atmosfæren. Hidtidige erfaringer tyder desuden på, at biokul har et væsentligt potentiale som jordforbedringsmiddel på grovsand. Et nyt forskningsprojekt kaldet BioAdapt (se faktaboks 1) skal bidrage til at klarlægge potentialet med forskellige typer af biokul.

Grovsandet jord (JB1) udgør cirka 24 procent af et klassificeret areal på 3,5 millioner hektar i Danmark, og jordtypen er udbredt i Syd- og Vestjylland. Kvaliteten som landbrugsjord er typisk meget dårlig, først og fremmest fordi underjordens vandholdende evne fra naturens hånd er meget lav.

I tilgift yder jorden stor mekanisk modstand mod rodvækst i dybden, og enårige afgrøder opnår derfor sjældent en effektiv roddybde på mere end cirka 50 centimeter uanset planternes genetiske potentiale. Selvom det almindeligvis regner meget i Vestdanmark, kan jorden ikke lagre tilstrækkeligt meget af regnvandet i planternes rodzone. Der opstår derfor perioder med vandmangel i næsten alle vækstsæsoner, og kunstvanding er ofte nødvendig.

Flere afgrøder med højt udbyttepotentiale må fravælges under sådanne betingelser. Forventningen er, at problemerne vil vokse yderligere i fremtidens klima med mere ustadig nedbør og højere fordampningspres i vækstsæsonen. Overjordens kvalitet er nogenlunde god på grund af dens højere indhold af humus.

Der er gennem tiden gjort mange forsøg på at forbedre rodvækst og vandholdende evne på denne jordtype, men overordnet set har bestræbelserne ikke været succesfulde. I midten af 1900-tallet blev meget af denne aktivitet gennemført i regi af Hedeselskabets Forskningsvirksomhed, der senere skiftede navn til Hedeselskabets Forsøgsvirksomhed.

Erfaringer herfra viser, at et indhold på mindst to procent organisk stof (humus) eller seks procent ler eller en kombination deraf kan sikre rodudviklingen i sandet underjord. JB1-underjorden ligger oftest klart under denne grænse.

### Bedre vandholdende evne og større roddybde med biokul

Hidtidige erfaringer knytter sig især til en enkelt grovsandet jord og nogle få typer af biokul (se faktaboks 2). Jorden er fra Jyndevad Forsøgsstation i Sønderjylland og indeholder mellem 70 og 80 procent grovsand, hovedparten i størrelsesintervallet fra 0,2 til 0,5 millimeter.

De undersøgte typer af biokul er lavet henholdsvis på det daværende Dansk Olie og Naturgas' (nu Ørstedes) Pyroneer forgasningsanlæg ved Kalundborg (typerne 1 og 2) og på et andet forsøgsanlæg ved Danmarks Tekniske Universitet (type 3). Type 1 er lavet af ren hvedehalm, mens type 2 er lavet af en blanding af råmaterialer bestående af cirka 42 procent spildevandsslam, 28 procent hvedehalm og 30 procent sheanøddeskaller.

Ellers har fremstillingsprocessen været ens og er foregået ved en

#### Artiklens forfattere

- Fra KU: Carsten T. Petersen, Dorette Müller-Stöver, Esben W. Bruun og Efstathios Diamantopoulos.
- Fra DTU: Ulrik B. Henriksen, Zsuzsa Sárossy og Giulia Ravenni.
- Fra AU: Anne Winding og Rumakanta Sapkota.
- Fra Seges: Annette V. Vestergaard.





Laboratoriemålinger på biokul af type 1 er blevet efterprøvet i udendørs målinger i cirka 150 centimeter høje kar, som giver mulighed for mere naturlig jordstrukturobygning, rodvækst, vandtilførsel og afvanding. Der blev dyrket vårbyg i karrene i et etårigt forsøg. Privatfoto.

maksimumtemperatur på 700-750 grader celsius. Type 3 er fremstillet af hvedehalm, men i en hurtigere proces og ved en maksimumtemperatur på cirka 525 grader celsius. De nævnte typer af biokul blev for nogle få år siden betragtet som uundgåelige biprodukter i forbindelse med produktionen af biobrændsler (se faktaboks 2).

I dag er fokus til dels flyttet fra produktion af bioenergi til kulstoflagring, hvilket kræver en tuning af fremstillingsprocessen, så der bliver lagt mere vægt på et højt udbytte af stabilt biokul. Samtidig skal biokullet være velegnet som grundforbedringsmiddel. Netop det bliver der lagt stor vægt på i BioAdapt-projektet.

Alle de tre typer biokul fremstår visuelt som et fint og ensartet, sort pulver. Ved måling af fordeling af partikelstørrelser (Figur 1a), viser det sig, at mens typerne 1 og 2 er næsten ens og meget finkornede, er type 3 lidt mere grovkornet. Det ser ikke ud til, at udgangsmaterialet har stor betydning for partikelstørrelserne, der måles hos typerne 1 og 2.

## Resultater af laboratoriemålinger

Når biokul bliver blandet sammen med underjorden, sker der en ændring, hvor store drænbare porer effektivt bliver til mindre porer, der bedre kan holde på vandet. Laboratoriemålinger tyder på, at typerne 1 og 2 øger underjordens kapacitet for plantetilgængeligt vand med helt op mod 3,6 volumenprocent pr. vægtprocent tilført biokul i intervallet fra nul til fire vægtprocent (Figur 1b; Petersen et al., 2016).

Jord, der er tilsat tre procent biokul af typerne 1 eller 2, ser dermed ud til at kunne tilbageholde cirka dobbelt så meget plantetilgængeligt vand som jord uden biokul. Med den lidt mere grovkor-

nede type 3 var forøgelsen kun cirka 58 procent af, hvad der blev opnået med de mere finkornede typer (Figur 1b), selvom det stadig må betegnes som en stor effekt.

Et af hovedformålene med BioAdapt er at undersøge mere grundigt end tidligere, hvordan biokul med forskellig partikelstørrelsesfordeling påvirker den vandholdende evne i forskellige grovsandede jorde, og om man kan opnå en endnu større effekt end tidligere set, hvis biokullet er nøjagtigt tilpasset jordtypen.

Samtidig har vi set, at iblanding af biokul typisk gør jordens volumenvægt mindre. Det betyder, at ikke alle de tilførte biokulpartikler lægger sig i eksisterende hulrum i jorden. Nogle må udvide det eksisterende skelet af grove sandpartikler, ellers ville volumenvægten nemlig vokse.

Vi har i overensstemmelse hermed kunnet måle, at jorden bliver lettere at komprimere (Petersen et al., 2016), og formodningen er, at det vil gavne rodvæksten. Når rødder skal vokse i den grovsandede jord, skal jordpartikler nemlig skubbes til side, og næromgivelserne skal pakkes for at give plads. Effekter af biokul på jordens mekaniske egenskaber og roduvikling indgår også i BioAdapt-projektet.

## Forsøg i kar

Ovennævnte laboratoriemålinger på biokul af type 1 er blevet bekræftet af udendørs målinger i cirka 150 centimeter høje kar, som giver mulighed for mere naturlig jordstrukturobygning, rodvækst, vandtilførsel og afvanding. Der blev dyrket vårbyg i karrene i et etårigt forsøg.

### Faktaboks 1

#### Forskningsprojektet BioAdapt

BioAdapt er en forkortelse af projektets engelsksprogede titel: "Biochar as a tool for climate adaptation in crop production on coarse sandy soil". Forfatterne har modtaget støtte fra Miljø- og Fødevarerministeriets særlige klimapulje for 2020 under GUDP-programmet. Projektperioden er 1-1-2021 til 31-12-2023.

### Faktaboks 2

#### Biokul og CO<sub>2</sub>-fangst

Biokul kaldes også biochar. Biokul fremstilles af biomasse som for eksempel halm, træflis eller gyllefibre ved hjælp af pyrolyse. Pyrolyse er en termisk omsætning af biologisk materiale uden tilførsel af ilt. Resultatet af pyrolysen er foruden biokul også biobrændsler i form af syntesegas samt bioolie.

Biokullet binder kulstof i forbindelser, som er svært nedbrydelige. Derved fjernes CO<sub>2</sub> fra atmosfæren for mange år ud i fremtiden.





Erfaringer viser, at et indhold på mindst to procent organisk stof (humus) eller seks procent ler eller en kombination deraf kan sikre rodudviklingen i sandet underjord. JB1-underjorden ligger oftest klart under denne grænse. Arkivfoto: Helge Plougmann Nielsen.

Rodvækst i underjorden blev forøget meget markant ved tilførsel af et til to procent biokul (Figur 2), og kerneudbyttet blev forøget med op til 22 procent (Bruun et al., 2014). Målinger efter høst viste, at underjordens kapacitet for plantetilgængeligt vand i dybdeintervallet 30-80 centimeter var øget med gennemsnitligt 2,7 volumenprocent pr. procent tilsat biokul fra en værdi på gennemsnitlig 6,1 procent uden tilførsel af biokul.

Hvis man omregner til markskala og tilfører to procent biokul til laget, svarer det til, at jorden kan lagre ekstra 270 kubikmeter plantetilgængeligt vand pr. hektar eller ekstra 27 millimeter. Bli- ver jorden samtidig gjort rodledende, som de foreløbige resultater tyder på, så den effektive roddeybde øges fra 50 til for eksempel 80 centimeter, vil den samlede kapacitet for plantetilgængeligt vand i rodzonen (rodzonekapaciteten) for planter med tilstrækkelig genetisk potentiale for dyb rodudvikling kunne øges fra 60 millimeter til cirka 108 millimeter (se faktaboks 3). Derved bliver behovet for kunstvandning reduceret betragteligt.

Selvom målte effekter på kapaciteten for plantetilgængeligt vand var store i disse karforsøg, var de mindre end dem, vi fandt med samme type af biokul i laboratorieforsøgene (se ovenfor), og det kan tyde på, at laboratorieforsøgene i nogen grad overvurderer effekterne. I BioAdapt-projektet vil vi bestemme jordens vandholdende evne med forbedret måleteknik i laboratoriet og bagefter verificere effekterne af de mest lovende typer på basis af karforsøg.

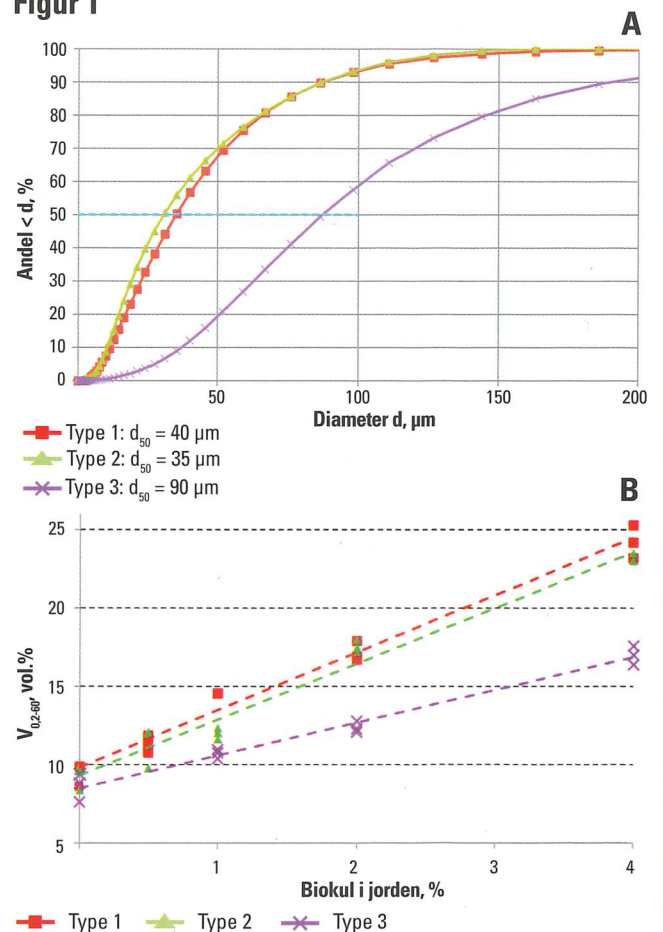
I et andet forsøg, hvor vårbyg blev dyrket i mindre kar med henholdsvis lerjord og humusfattig grovsand (underjord) tilsat en procent finkornet biokul, blev der i sandjorden målt en dramatisk forøgelse af såvel rod- som skudvækst, mens der ikke blev fundet positive effekter på plantevæksten i lerjorden (Hansen et al., 2016).

Helt nye forsøg med majs dyrket i mindre kar har vist markant hurtigere rodnedtrængning i grovsandet underjord, når denne var iblandet biokul, hvilket bliver tolket som en effekt af mindre mekanisk modstand (Ahmed et al., 2020).

## Bedre gødningsudnyttelse

Med større rodzonekapacitet bliver dyrkningssikkerheden også øget for de fleste plantearter, og dermed bliver der større sikkerhed

Figur 1



(A) viser partikelstørrelsesfordelingen af 3 typer af biokul. Ca. halvdelen af partiklerne hos type1 er mindre end 40  $\mu\text{m}$  i diameter ( $d_{50} \gg 40 \mu\text{m}$ ), osv. (B) viser hvilke effekter typerne har på volumenandelen af porer i jorden med ækvivalentdiameter i intervallet 0,2 - 60  $\mu\text{m}$  ( $V_{0,2-60}$ ). Denne bruges normalt som udtryk for jordens kapacitet for plantetilgængeligt vand. Typerne 1 og 2 har omtrent samme effekt på  $V_{0,2-60}$  (ca. 3,6 vol% per % tilsat biokul), mens type 3 har mindre effekt (ca. 2,1 vol% per % tilsat biokul). Modificeret efter Petersen et al., 2016.





Blanding af underjord og biokul i karforsøgene. Privatfoto.

for, at afgrøderne kan udnytte den tilførte gødning.

Mindre nitrat bliver efterladt i rodzonen efter høst i år med nedbørsunderskud, og mindre nitrat forlader rodzonen i selve vækstsæsonen år med overskudsnedbør. Det vil samlet set føre til mindre kvælstofudvaskning.

### Mindskning af CO<sub>2</sub>-udledninger med biokul

Mens nedmuldning af halm og andre planterester generelt har en begrænset effekt på jordens kulstofbinding, fordi langt det meste nedbrydes i løbet af få år, er det antagelsen, at kulstofbinding med biokul vil vare i mindst 100 år og sandsynligvis meget længere (Wang et al., 2016). I en jord, der på én gang bliver tilført 100 ton biokul pr. hektar, er bindingen på lang sigt på cirka 63 ton kulstof pr. hektar.

Det sker under antagelse af, at kulstofindholdet i biokul er 70 procent og at 90 procent af kulstoffet er blevet stabiliseret i pyrolyseprocessen (Wang et al. 2016). Havde jorden i forvejen et indhold af humus (58 procent kulstof) i pløjelaget (30 centimeter tykt, volumenvægt=1,5 ton pr. kubikmeter) på tre procent og praktisk taget ikke noget organisk bundet kulstof derunder, vil tilførslen af

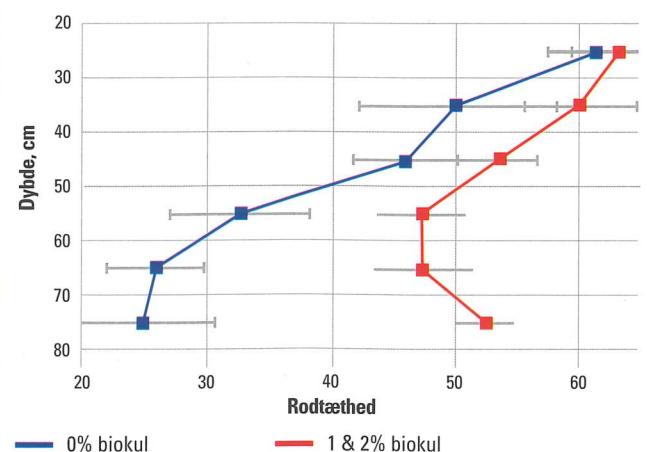
biokul øge jordens kulstoflagring med cirka  $63/78 = 81$  procent. En kulstofbinding på 63 ton svarer til, at der er trukket i alt 231 ton CO<sub>2</sub> ud af atmosfæren.

Her er det værd at bemærke, at der under produktionen af biokul dannes biobrændsler, som kan fortrænge fossile brændstoffer og derved yderligere forbedre klimaregnskabet (se faktaboks 2).

### Projektets formål

Overordnet skal BioAdapt-projektet bidrage til at forbedre udnyt-

Figur 2



Maksimal rødtæthed hos vårbyg dyrket i store kar (gennemsnit og standardfejl) som funktion af profildybde i intervallet 20-80 cm. Data for jord uden biokul (0 % biokul) samt gennemsnit for jord med 1 og 2 % biokul (1 & 2 % biokul). Rødtætheden er målt ved at inddele karrets tværsnitsareal i felter á 5x5 cm og derpå bestemme, hvor stor en andel af felterne der indeholder synlige rødder.

Kilde: Modificeret efter Bruun et al., 2014.

### Faktaboks 3

#### Beregningseksempel vedrørende effekt på rodzonekapacitet

Forudsætninger og beregninger: Før jordforbedring med biokul: Et 30 cm tykt pløjelag øverst med en kapacitet for plantetilgængeligt vand, AWC = 16%; derunder humusfattig underjord med AWC = 6,1%. Den effektive roddebde er 50 cm. Jorden kan lagre i alt  $0,16 \cdot 30 \text{ cm} + 0,061 \cdot 20 \text{ cm} = 60 \text{ mm}$  plantetilgængeligt vand i rodzonen. Efter jordforbedring med biokul: Der iblandes 2% biokul i jordlaget fra 30 til 80 cm dybde. Underjordens AWC øges med  $2 \cdot 2,7\%$  og ender på i alt knap 12%. Den effektive roddebde øges til 80 cm. Hvis planterne der dyrkes har tilstrækkelig genetisk potential for dyb rodudvikling kan jorden nu lagre i alt  $0,16 \cdot 30 \text{ cm} + 0,12 \cdot 50 \text{ cm} = 108 \text{ mm}$  plantetilgængeligt vand i rodzonen.



telsen af vand- og næringsstofressourcer samt høstudbytte på grovsandet jord. Det vil gøre afgrødeproduktionen mere robust over for forventede klimaændringer samt bidrage til at modvirke disse klimaændringer ved at binde mere kulstof i joden. Tilførslen af biokul til jord, som er irreversibel, må ikke give miljømæssige problemer.

Vi vil derfor optimere pyrolyseprocessen til generering af biokul fra halm og træaffald med det formål dels at få et højt udbytte af biokul, som er miljømæssigt uskadeligt og modstandsdygtigt over for mikrobiel nedbrydning i jord, og dels at gøre materialet optimalt til jordforbedring.

Vi vil måle biokullets effekter på fysiske og kemiske jordkvalitetsparametre. I karforsøg vil vi sideløbende måle planters rodvækst og udnyttelse af vand og kvælstof foruden naturligvis høstudbytte. Stabiliteten af det tilførte biokul samt dets effekter på jordboende mikroorganismer vil blive undersøgt parallelt i laboratoriet.

Når vi ved noget mere om, hvordan forskellige typer af biokul påvirker jordens vandretentionsegenskaber og rodudviklingen, samt hvor hurtigt materialet nedbrydes i jorden, er der grundlag for at gennemføre scenarieberegninger med computermodellen Daisy.

Daisy er en agro-økologisk model, der blandt andet kan beregne høstudbytte, kulstofbalancer og kvælstofudvaskning. Modellen drives af vejrrregistreringer, og der skal laves beregninger for en længere årrække for at opnå tilstrækkeligt sikre resultater.

Vi vil gøre forskellige antagelser om, hvordan biokullet anvendes (for eksempel om behandlingsdybder og koncentrationer) og på den baggrund beregne langtidseffekter på høstudbytte, kulstof-

lagring, kvælstofoptagelse samt kvælstofudvaskning.

På det grundlag vil vi udarbejde anbefalinger vedrørende den mest hensigtsmæssige koncentration samt dybde for inkorporering af biokul i underjorden. Udvikling og demonstration af metoder til iblanding af biokul under markforhold er også en del af projektet.

### Afsluttende bemærkninger

Biokul er meget svært nedbrydeligt og må derfor ikke forveksles med andet organisk materiale af biologisk oprindelse, herunder humus, der har andre, meget vigtige funktioner. Overjorden bør derfor utvivlsomt bevares intakt, og det kan være teknisk udfordrende at finde en god metode til iblanding af biokul i underjorden.

Vi er også klar over, at der er behov for store mængder biomasse fra land og skov til produktion af biokul og behandling af jorden. Men alene det, man kan kalde halmoverskuddet i Danmark, omfatter årligt cirka 3,3 millioner ton beregnet som "halm til energi" plus 80 procent af "ikke bjerget halm" i gennemsnit for årene 2008-2018 ifølge statistikbanken.dk.

Denne halm mængde vil kunne omdannes til cirka en million ton biokul pr. år, som vil kunne bruges til at grundforbedre cirka 10.000 hektar grovsandet jord med de anførte 100 ton pr. hektar som engangsforanstaltning.

Herved bliver der årligt fjernet 2,3 millioner ton CO<sub>2</sub> fra atmosfæren, og det vil bidrage positivt og betydeligt i samfundets klimaregnskab. Det ville svare til cirka 15 procent af de årlige emissioner fra landbrugs- og gartnerierhvervene i Danmark, som omfatter cirka 15,4 millioner ton CO<sub>2</sub>-ækvivalenter (KPFL 2020).



## Lad Powermix omrøre dit planlager effektivt og systematisk

Læs mere på [loekkes.dk](http://loekkes.dk)

- Effektiv omrører til korn og frø
- Reducerer tørretid med op til 30%
- Sikrer høj spireevne i dit frø
- Enkelt montering
- Kan anvendes i flere silorum



## Kan dit tørregulv holde til fremtiden?

- Kør på et af markedets stærkeste hårdtræs gulve

Ring på 97 88 53 00

- Bygges på eksisterende gulv eller fra ny
- Nem montage med forborede huller
- Lang holdbarhed og stor fleksibilitet
- Optimal tørring af de fleste afgrøder
- Ideel luftfordeling med perforerede stålplader



Jacob: 27 62 35 16



Daniel: 31 42 61 69