

VEJLEDNING I ANVENDELSE AF BIOKUL PÅ LANDBRUGSJORD



VEJLEDNING I ANVENDELSE AF BOKUL PÅ LANDBRUGSJORD

Udgivet af

SEGES Innovation P/S
Agro Food Park 15, Skejby
DK 8200 Aarhus N

Forfattere

Rikke Lykke Eriksen, SEGES Innovation
Henning Sjørlev Lyngvig, SEGES Innovation
Martin Nørregaard Hansen, SEGES Innovation
Per Jørgesen, SEGES Innovation
Susi Lyngholm, SEGES Innovation

Kontakt

Rikke Lykke Eriksen, SEGES Innovation
M +45 2283 8507

Forsidefoto

Hans Øbing-Safar, SEGES Innovation

December 2023

Denne publikation må kopieres efter aftale med SEGES.

Projektnr.: 7881 - Biochar til landbrugsjord

Finansieret af:

STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug

1	INDLEDNING	2
2	HVAD ER BOKUL?	3
3	MULIGHEDERNE I ANVENDELSE AF BOKUL PÅ LANDBRUGSJORD	4
3.1	KLIMAEFFEKT.....	4
3.2	MILJØEFFEKT	5
3.3	JORDFORBEDRENDE EFFEKT	5
3.4	GØDNINGSEFFEKT	5
3.5	UDBYTTEEFFEKT	6
4	FORSKELLIGE BOKULPRODUKTER – HVORDAN ADSKILLER DE SIG?	7
4.1	BIOMASSETYPE	7
4.2	KULSTOFINDHOLD	8
4.3	INDHOLD AF NÆRINGSSTOFFER	8
4.4	UDFORMNING	8
5	LOVGIVNING OG CERTIFICERING	9
5.1	LOVGIVNING OM ANVENDELSE AF BOKUL PÅ MARKEN	9
5.2	BOKUL I GØDNINGSGRENSKABET	10
5.3	CERTIFICERINGSORDNING FOR BOKUL	10
6	UDBRINGNING AF BOKUL	11
6.1	UDBRINGNINGSMÆNGDE	11
6.2	UDBRINGNINGSTEKNIKKER	12
6.3	NEDBRINGNING.....	15
6.4	TIDSPUNKT FOR UDBRINGNING	15
7	SIKKERHED VED HÅNDBLÆRNING OG OPBEVARING	16
8	BOKUL OG JORDENS SUNDHED	17
9	REFERENCER OG NYTTIGE LINKS.....	18

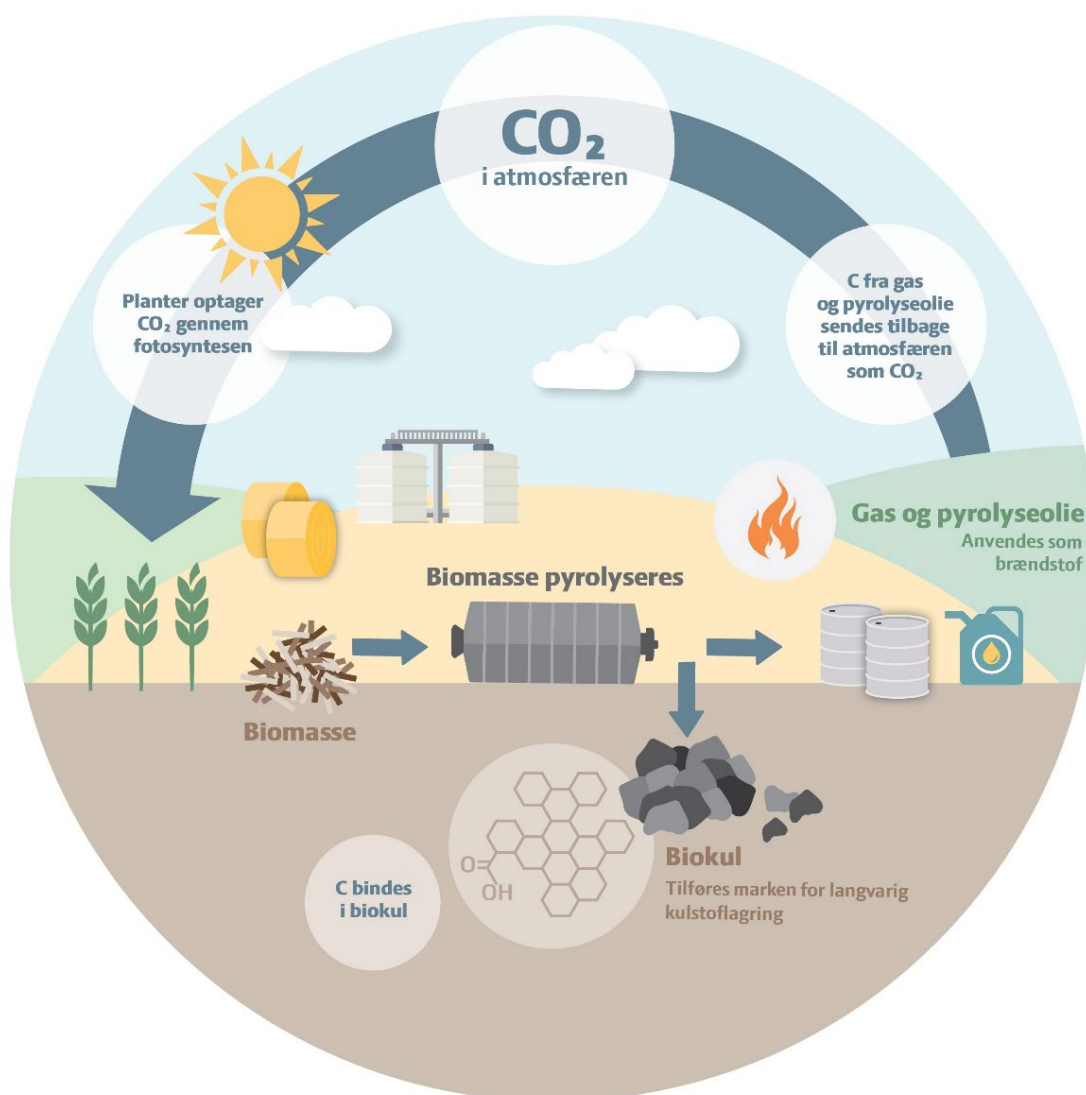
1 INDLEDNING

Der er store ambitioner for anvendelsen af biokul i landbruget, da det anses som et betydningsfuldt klimavirkemiddel, som kan hjælpe landbruget med at reducere sit klimaaftryk. I landbrugsaftalen (Aftalen om grøn omstilling af dansk landbrug) fra 2021 vurderes det, at biokul skal bidrage med reduktioner på 2 mio. tons CO₂-ækvivalenter inden år 2030.

I Danmark er erfaringerne med anvendelse af biokul på landbrugsjord endnu begrænsede. Anvendelsen af biokul forventes dog at stige de kommende år, i takt med et øget udbud af dansk biokul fra kommercielle pyrolyseanlæg.

Denne vejledning er baseret på nuværende erfaringer med tilførsel af biokul til landbrugsjord, og har til formål at give læseren et kort indblik i mulighederne for anvendelse af biokul, samt give anvisninger til, hvordan biokul kan håndteres og anvendes på marken. Desuden beskrives de vigtigste regler og retningslinjer for tilførsel af biokul til landbrugsjord.

Der forventes en hastig udvikling i biokulprodukter fra forskellige producenter i de kommende år. Vejledningen forsøges opdateret løbende i takt med at industrien udvikles og ny viden og erfaringer erhverves.



2 HVAD ER BOKUL?

Biokul (på engelsk – biochar) er kulfraktionen af pyrolyseret biomasse. Biokul indeholder stabilt kulstof, som når det bringes ned i jorden, kan langtidslagre større mængder kulstof. Biokul kan derfor være en genvej til hurtig og langvarig kulstoflagring, set i forhold til andre tiltag, der øger kulstoflagring i landbrugsjord.

Biokul er et sort, kullignende materiale, som kan have mange forskellige former, afhængig af den biomasse, det er produceret af. Biokul er særligt karakteriseret ved en porøs struktur og et stort overfladeareal, og besidder fysiske og kemiske egenskaber som, foruden kulstoflagring, kan have en positiv effekt på jord og afgrøder.

Produktion af biokul foregår i dag i avancerede højteknologiske pyrolyseanlæg. Pyrolyse er en termisk nedbrydningsproces, hvor biomasse opvarmes under iltfrie eller iltfattige forhold ved høje temperaturer (350-900°C). Typisk anvender danske pyrolysevirksomheder temperaturer på 500-600°C. Under processen sker en nedbrydning af biomassen, hvorved der dannes pyrolysegas og

en kulfraktion – det såkaldte biokul. Pyrolysegas kan raffineres yderligere til olie, hvormed både pyrolysegas og -olie kan anvendes som energikilder og derved erstatte fossilt brændstof.

I nogle tilfælde omtales biokul også som biochar eller biokoks.

Brug af biokul i landbrugsjord kan dateres årtusinder tilbage i tiden

Brugen af biokul til landbrugsformål er langt fra en ny opfindelse. For mere end 2500 år siden, skabte indfødte i Amazonas nogle meget frugtbare mørke jorde, de såkaldte 'Terra Preta'-jorde, ved at producere en primitiv form for biokul, som de blandede i jorden. Med tiden blev jordene mere og mere frugtbare, udbytterne blev større og langt flere mennesker kunne brødfødes af det samme areal. Udviklingen i produktion og anvendelse af biokul har tilvejebragt, at man i dag har en større forståelse for biokullets potentialer når det tilføres jord.



Foto: Hans Øbing-Safar, SEGES Innovation

3 MULIGHEDERNE I ANVENDELSE AF BIOKUL PÅ LANDBRUGSJORD

Biokuls mangeartede egenskaber har potentiale til at kunne bidrage til mange af de udfordringer, som landbruget står overfor i dag.

Den store klimaeffekt ved langvarig kulstoflagring med biokul i landbrugsjord er på nuværende tidspunkt den største motivationsfaktor for anvendelse af biokul i Danmark.

En lang række internationale studier har vist, at biokul også kan have gavnlige effekter på jord- og plantevækst. Desuden besidder biokul egenskaber, som muligvis også kan bidrage positivt til landbrugets indvirkning på vandmiljøet.

Men biokul er ikke bare biokul. Biokul produceret under forskellige pyrolyseprocesforhold og fra forskellige biomassetyper, vil have forskellige egenskaber, som gør at effekterne ved tilførsel af biokul på marken, kan være forskellige. Desuden vil også jordtype, reaktionstal, næringstilstand og andre parametre i marken, have betydning for de dyrkningsmæssige effekter, der kan opnås ved tilførsel af biokul.

I dette afsnit kan du læse mere om de mulige effekter af at tilføre biokul til marken.

Tabel 1: Mulige effekter ved tilførsel af biokul til landbrugsjord.

KLIMAEFFEKTER	MILJØEFFEKTER	JORDFORBEDRINGS-EFFEKTER
- Langvarig kulstoflagring i jord - Reducere klimagasser fra jord	- Reducere næringsstoffab - Reducere pesticidudvaskning	- Øge jordens vandholdende evne - Binde næringsstoffer - Kalkningseffekt - Gødningseffekt

3.1 Klimaeffekt

Det høje indhold af stabilt kulstof i biokul, gør det til en oplagt kilde til langvarig kulstoflagring. Biomassetype og pyrolyseforhold er afgørende for mængden af kulstof i biokul og kulstoffets stabilitet. Typisk angives, at ca. 50% af biomassens kulstof frigives som gas under pyrolysen, mens de resterende 50% lagres i biokullet. Samtidig medfører pyrolysen en ændring i den kemiske sammensætning af kulstoffet, der lagres i biokullet, hvilket gør kulstoffet meget sværere for jordens mikroorganismer at nedbryde. Det betyder at størstedelen af kulstoffet i biokul er langt mere stabilt, end kulstoffet i den oprindelige biomasse. Derfor kan kulstof i biokul lagres i jorden i hundreder, måske endda tusinder af år før det igen frigives til atmosfæren som CO₂.

Det store kulstoflagringspotentiale for biokul i landbrugsjord, gælder som udgangspunkt for alle typer af biokul.

Regneeksempel: Klimaeffekt ved kulstoflagring med biokul af halm fra 5 hektar

Du har en mark på 5 hektar med et halmudbytte på 3,8 ton pr. ha. Du får lavet biokul af halmen fra marken ét år. Halmen har en tørstofprocent på 85%, og ca. 29% af halmen bliver til biokul ved pyrolyse. Det giver dig 4,7 ton biokul, som du tilfører marken som en engangstilførsel. Biokullet du har udbragt på marken indeholder 69% kulstof, hvoraf 2,9 ton (89%) vil være tilbage efter 100 år. Det svarer til, at du har lagret 10,5 ton CO₂-ækvivalenter.

Regneeksemplet er baseret på værdier fra rapporten 'Klimaviremidler til dansk landbrug 2023' af SEGES Innovation.

Den konkrete klimaeffekt fra tilførsel af biokul til marken, vil dog afhænge af, hvor stor en mængde biokul marken tilføres og stabiliteten af kulstoffet i det biokulprodukt, der anvendes.

Flere studier har desuden vist, at anvendelse af biokul på landbrugsjord, kan reducere udledningen af den meget potente klimagas, lattergas (N_2O), fra jorden. Men forsøg tyder på, at effekten ikke er vedvarende, og muligvis kun ses det første år eller to efter tilførsel med biokul. Der er endnu ikke studier nok på dette område til at vurdere biokuls reduktionspotentiale ift. lattergas under danske markforhold.

3.2 Miljøeffekt

Biokul har typisk et stort overfladeareal, en porøs struktur og evnen til at binde en række forskellige stoffer, herunder positivt ladede plantenæringsstoffer samt nogle typer af planteværn. Det betyder, at biokul potentielt kan reducere tab af kvælstof, når ammonium (NH_4^+) bindes til biokul. Samtidig vil binding af planteværnsmidler til biokul kunne reducere udvaskning af disse midler fra marken. Dog vil dets binding til biokul potentielt også kunne reducere den ønskede effekt af midlerne.

Der mangler endnu beviser for biokuls effekt på tab af næringsstoffer og planteværn under danske markforhold. Dette gælder også for biokuls indvirkning på effekten af planteværn.

3.3 Jordforbedrende effekt

Flere egenskaber ved biokul kan bidrage til en forbedring af jorden og dermed afgrødernes vækstbetingelser. Disse egenskaber er blandt andet biokuls porøse struktur og fine partikelstørrelse, som kan bidrage til at øge jordens vandholdende evne, særligt på grovsandede jorde.

Desuden, har biokul ofte en høj pH-værdi, som potentielt kan hæve jordens reaktionstal (R_t), og dermed erstatte kalktilførsel på marker med lavt R_t . Flere studier viser dog, at der formentlig skal meget høje tilførselsmængder til at hæve jordens R_t med biokul.



**Biokul er et
klimavirkemiddel til
langvarig
kulstoflagring**

3.4 Gødningseffekt

Biokul kan indeholde større eller mindre mængder af næringsstoffer, særligt fosfor og kalium, afhængig af den biomasse det produceres fra.

Generelt betragtes biokul ikke som en kvælstofgødning, da begrænsede mængder kvælstof fra biomassen bevares i biokullet. Samtidig vil det kvælstof, som findes i biokulproduktet, være meget hårdt bundet, og dermed formentlig ikke plantetilgængeligt.

Nogle typer af biokul kan til gengæld indeholde betydelige mængder fosfor og/eller kalium, som muligvis kan erstatte hele eller dele af fosfor- og kaliumtildeling i en anden gødning. Laboratoriestudier har vist, at kalium i biokul er meget plantetilgængeligt, mens plantetilgængeligheden af fosfor i biokul varierer en del, afhængig af bl.a. pyrolysetemperaturen anvendt ved produktion af biokullet og biokullets udformning.

Som udgangspunkt vil plantetilgængeligheden af fosfor og kalium i biokul dog være lavere end i den oprindelige biomasse.

SEGES Innovation og danske universiteter har lavet indledende undersøgelser af fosforgødningsvirkningen i biokul fra biogasrestfibre. Sammen med fremtidige studier skal de bidrage til at fastsætte gødningsvirkningen af fosfor og kalium i forskellige danske biokulprodukter.

Biokuls evne til at binde positivt ladede plantenæringsstoffer, vil desuden kunne øge tilbageholdelsen af plantetilgængelige næringsstoffer i jorden

over tid. Derved har biokul potentiale til at øge bl.a. afgrødernes kvælstofudnyttelse.

3.5 Udbytteeffekt

Potentialet i biokul som jordforbedring, fosfor- og kalium-gødning, samt erstatning for jordbrugskalk m.m., betyder at biokul vil kunne påvirke afgrødevæksten positivt. Mange udenlandske undersøgelser har vist udbyttefremgang ved tilførsel af biokul til landbrugsjord.

I flere landsforsøg med biokul udført i 2022 og 2023 er biokul tilført i mængder af 0,5 op til 20 tons pr. ha. til hhv. vårbyg, vinterhvede, raps og kartofler på både ler- og sandjord. Forsøgene viste ikke signifikant udbyttefremgang ved tilførsel af biokul, på nær i et enkelt forsøg med tilførsel af biokul fra halm til vinterhvede på sandjord (JB 3). Forsøg med tilførsel af biokul til vinterraps resulterede dog i et signifikant udbyttesubtab ved høj tilførsel af biokul fra halm på hhv. 10 og 20 tons per hektar. Det vides ikke med sikkerhed, men årsagen til udbyttesubtabet kan muligvis skyldes en saltskade forårsaget af høj kaliumtilførsel fra de store mængder biokul.

Forsøg med tilførsel af biokul fra halm og slam til vårbyg, og biokul fra halm til vinterhvede gav ingen signifikant udbytteeffekt i 2022 eller eftervirkning på udbyttet i 2023. Forsøg med biokul fra halm og gyllefibre til spisekartofler, har heller ikke givet udslag i udbyttet sammenlignet med kontrolbehandling uden tilførsel af biokul.

Størstedelen af de danske marker er meget frugtbare sammenlignet med nogle andre jorde i verden. Stor udbyttefremgang ved tilførsel af biokul er typisk observeret på marginale jorde, og derfor forventes det ikke, at tilførsel af biokul på danske jorde vil resultere i udbyttefremgang. Dog med undtagelse af en mulig gødningsvirkning af biokul med et tilgængeligt indhold af vigtige næringsstoffer som fosfor og kalium. På grovsandet jord (JB 1) vil der muligvis også kunne opnås en positiv udbytteeffekt, som resultat af den jordforbedrende effekt i form af øget vandholdende evne og tilbageholdelse af næringsstoffer.

Der er endnu behov for flere danske markforsøg, til at belyse eventuelle jord-, gødnings- og udbytteeffekter ved tilførsel af biokulprodukter fra forskellige biomasser i varierende mængder.



Foto: Annette Vibeke Vestergaard

4 FORSKELLIGE BIOKULPRODUKTER – HVORDAN ADSKILLER DE SIG?

Ordet biokul dækker over mange forskellige produkter fremkommet ved pyrolysning af biomasse. Forskellige typer af biomasse og forhold under pyrolyseprocessen vil resultere i biokulprodukter med varierende egenskaber. Variation i biokulprodukters fysiske- og kemiske egenskaber, betyder at det kan have varierende effekter ved tilførsel til landbrugsjord.

For nuværende er klimaeffekten den største motivation for anvendelse af biokul. Men de senere år, er der også kommet mere fokus på anvendelse af biokul som gødning, specielt set i lyset af fosforproblematikken, og det generelle fokus på

recirkulering af næringsstoffer.

Det forventes at valget af biokulprodukt på den enkelte bedrift i fremtiden vil afhænge af, hvilke tilgængelige restbiomasser der findes på bedriften. Formålet med anvendelse af biokul, eksempelvis som gødning, kulstoflagring eller andet, forventes også at blive afgørende for, hvilket biokulprodukt, der spredes på den enkelte mark eller bedrift.

I dette afsnit får du et indblik i nogle af de relevante forskelle, der kan være mellem biokulprodukter.

Gode råd til valg af biokul

1. Har du restbiomasser på din bedrift, såsom halm, gylle eller fast husdyrgødning, kan du undersøge, om det er muligt at levere det til et pyrolyseanlæg og få biokul retur.
2. Overvej, om biokullets udformning gør det muligt at sprede det i marken med bedriftens eksisterende udstyr.
3. Er dit gødningsregnskab i forvejen begrænset i forhold til P-loftet, bør du overveje at anvende et biokulprodukt med lavt indhold af fosfor, da fosfor i biokul indgår i gødningsregnskabet, som andre organiske gødningstyper.

4.1 Biomassetype

Biokul kan fremstilles af mange forskellige organiske materialer, såsom husdyrgødning, halm, træflis, fiberfraktion, nøddeskaller, have-park affald og meget andet. Hovedsageligt fremstilles biokul af restbiomasser, og ikke af biomasser, der produceres udelukkende til fremstilling af biokul.

I Danmark er der stort fokus på at biokul til landbrugsformål primært fremstilles af restbiomasser fra landbruget, herunder særligt fiberfraktionen fra afgasset biomasse og halm. Udviklingen med mange nye biogasanlæg, forventes at give mulighed for at levere store mængder biogasrestfibre til produktion af biokul. Derfor forventes denne type biokul at blive dominerende i Danmark. Samtidig er der også en del fokus på at udnytte spildevandsslam til produktion af biokul. Aarhus Universitet vurderer, at disse tre typer af biomasse, er de mest relevante til produktion af

biokul i Danmark. Andre typer af restbiomasse fra landbruget, som er tilgængelige i mindre mængder, vil potentielt også kunne anvendes til produktion af biokul i fremtiden.

Biomassen, der anvendes til produktion af biokul, er afgørende for biokullets egenskaber, herunder indholdet af kulstof og næringsstoffer i biokulproduktet.

Vær opmærksom på!
 Som økolog er det kun tilladt at anvende biokul fremstillet af plantemateriale

4.2 Kulstofindhold

Indholdet og stabiliteten af kulstof i biokul er afgørende for biokulproduktets kulstoflagringspotentiale og dermed klimaeffekt. Kulstofindholdet i et biokulprodukt vil bl.a. variere afhængigt af den biomasse, det er fremstillet af og temperaturen under pyrolyseprocessen.

Typisk vil biokulprodukter, der er fremstillet af plantematerialer, som halm eller træ, have et højere kulstofindhold end biokul fremstillet af husdyrgødning, biogasrestfibre og spildevandsslam. Det skyldes, at biomasser, der indeholder flere næringsstoffer, vil producere biokul med en højere askefraktion og dermed et lavere kulstofindhold.

4.3 Indhold af næringsstoffer

Indholdet af næringsstoffer i biokul vil ligeledes variere afhængig af den biomasse det er produceret fra samt procesforholdene under pyrolysen.

Nedenfor er givet eksempler på nærings- og kulstofindhold i biokul fra halm og gyllefibre, målt i biokul anvendt i Landsforsøgene.

Tabel 2: Eksempel på indhold af næringsstoffer og kulstof i biokul fra hhv. halm og gyllefibre anvendt i forsøg.

	BIOKUL FRA HALM	BIOKUL FRA GYLLEFIBRE
Tørstof (%)	77,8	96,5
Kulstof (% i ts)	69	52
N (kg/ton ts)	5,4	17,4
P (kg/ton ts)	1,5	12,5
K (kg/ton ts)	35,0	46,3

Biokul fra gødningsprodukter, såsom biogasrestfibre eller slam, har typisk et højere indhold af næringsstoffer, særligt fosfor, end biokul fra f.eks. halm.

Der er kommet en del fokus på biokul som potentiel fosforgødning, eftersom biokul fra restbiomasser med et højt P-indhold, såsom husdyrgødning eller fiberfraktionen fra afgasset biomasse, også vil resultere i biokul med højt indhold af fosfor.

På nogle bedrifter kan det være nødvendigt at vælge biokulprodukt eller dosering på baggrund af dets indhold af næringsstoffer for at kunne overholde P-loftet og andre krav. Læs mere i afsnit 5.2 om indregning af biokul i gødningsregnskabet.

4.4 Udformning

Biokul fra halm og biogasrestfibre pilleres ofte før pyrolysering. Pilleformen bevares gennem processen. Andre typer biokul fra fx træ har mere form af groft granulat. Formen og styrken har afgørende betydning for anvendelsen ved spredning, som startgødning eller ved lagring af kulstof.

SEGES Innovation arbejder henimod at afklare, hvad det primære formål med biokul bliver. Hvis næringsstofindholdet viser sig at være plantetilgængeligt, vil der være behov for forskellige kvaliteter i forhold til hvor gødningen skal tildeles:

- Hvis biokul skal spredes på marken er faktorer som pillens form, størrelse, styrke og massefylde afgørende for en god fordeling.
- Hvis biokul skal bruges som startgødning i en såmaskine, kræves der en stor pillestyrke og et moderat vandindhold, så biokullet ikke er klæg og pakker i såvalserne.
- Hvis biokul skal anvendes til opblanding i gylle kan en dårligere pillekvalitet accepteres. Her har det ikke stor betydning om pillerne knuses, men det vil være hensigtsmæssigt at biokullet kan opblandes og ikke opslæmmes.

Hvis hovedformålet med anvendelse af biokul er kulstoflagring, vil spredkvaliteten af biokulproduktet være af mindre betydning.

5 LOVGIVNING OG CERTIFICERING

Biokul er et nyt produkt til anvendelse i landbruget, og er derfor stadig ved at finde sin plads i eksisterende lovgivning.

Foruden den nationale lovgivning om anvendelse af biokul, vinder også frivillige internationale certificeringsordninger frem, hvori der stilles krav til biokulprodukters kvalitet.

Dette afsnit giver dig et overblik over de vigtigste nationale regler for anvendelse af biokul på landbrugsjord, samt en introduktion til den frivillige biokulcertificeringsordning European Biochar Certificate.

5.1 Lovgivning om anvendelse af biokul på marken

Det seneste år er der sket meget i national lovgivning om biokul, og der er i dag specifikke regler for biokul i flere bekendtgørelser.

I gødskningsbekendtgørelsen (BEK nr. 1060 af 26/07/2023) betragtes biokul som et organisk gødningsprodukt, og er angivet som en selvstændig gødningstype med særskilt udnyttelsesprocent. Indregning af biokul i gødningsregnskabet er beskrevet i næste afsnit.

Derudover er der også fastsat regler for udbringningstidspunkter og udbringningsmetoder for biokul i gødningsanvendelsesbekendtgørelsen (BEK nr. 1025 af 30/06/2023). For biokul gælder følgende:

- **Biokul må udbringes hele året rundt**
- **Biokul er undtaget for krav om nedbringning**

I henhold til krav om overdækning af markstak jf. husdyrgødningsbekendtgørelsens (BEK nr. 2243 af 29/11/2021) §15, er der ligeledes **krav om overdækning ved lagring af husdyrgødningsbaseret biokul i markstak** før udbringning.

Da biokul kan indeholde miljøfremmede stoffer, hovedsageligt tjærestoffer (PAH'er), og tungmetaller, følger biokulprodukter samtidig reglerne i Affald til jord-bekendtgørelsen (BEK nr. 1001 af 27/06/2018). Det betyder, at biokul skal overholde en række grænseværdier, gældende for stoffer, produkter eller materialer, som kan forurene grundvand, jord og undergrund, jf. miljøbeskyttelseslovens §19.

Grænseværdier

Herunder er oplistet nogle af de vigtigste grænseværdier, som biokul skal overholde efter Affald til jord-bekendtgørelsen:

1. Landbrugsjord må tilføres **maksimalt 7 tons biokul (målt i tørstof) pr. ha pr. år**, beregnet som et gennemsnit over 10 år.
2. Et biokulprodukt skal overholde følgende **grænseværdier for tungmetaller**:

	MG PR. KG TØRSTOF	MG PR. KG TOTALFOSFOR
Cadmium	0,8	100
Kviksølv	0,8	200
Bly	120	10.000
Nikkel	30	2.500
Chrom	100	
Zink	4.000	
Kobber	1.000	

3. Blandt miljøfremmede stoffer, er det hovedsageligt tjærestoffer, der kan være en udfordring i biokul, hvis pyrolyseprocessen ikke er styret korrekt. Grænseværdien for tjærestoffer (Σ9PAH) i biokul er **3,0 mg pr. kg tørstof**.

Alle grænseværdier for miljøfremmede stoffer og tungmetaller i biokul fremgår af Bilag 2 i Bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrugsformål af 27/06/2018.

Der er i dag et stort fokus på at mindske indholdet af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i biokul hos danske biokul producenter.

Mere information om miljøfremmede stoffer og tungmetaller i biokul, kan findes i artiklen "[Regler og anbefalinger til sikker anvendelse af biokul på landbrugsjord](#)" på LandbrugsInfo.dk

HUSK!

Før udbringning skal du ansøge kommunen om en **§19-godkendelse**, som giver dig tilladelse til at udbringe biokul på marken

5.2 Biokul i gødningsregnskabet

Biokul betragtes som organisk gødning og reguleres som en selvstændig gødningstype. Jf. fastsatte udnyttelseskrav for biokul i gødningsbekendtgørelsen, skal biokul indgå i gødningsregnskabet med følgende udnyttelseskrav for kvælstof og fosfor.

N-udnyttelseskrav = 0%

P-udnyttelseskrav = 100%

Udnyttelseskravene for kvælstof og fosfor gælder alle typer af biokul. Landbrugsstyrelsen angiver, at udnyttelseskravene kan blive justeret i fremtiden, hvis der opstår ny viden på området.

Da biokul betragtes som organisk gødning, skal det overholde det organiske kvælstofarealkrav på 170 kg N/ha og fosforloftet på 30 kg P/ha. I gødningsregnskabet indskrives det totale indhold af kvælstof og fosfor i biokulproduktet.

5.3 Certificeringsordning for biokul

Forskellige certificeringsprogrammer er udviklet for at sikre kvalitet og kontrol med pyrolyseanlæg og biokulprodukter. I Europa er der særligt fokus på det frivillige certificeringsprogram for biokul; *European Biochar Certificate (EBC)*.

EBC's standarder og retningslinjer for produktion og kvalitet af biokul er udviklet for at reducere og undgå sundheds- og miljømæssige risici ved anvendelse af biokul gennem bl.a. analysekrav og fastsatte grænseværdier. Krav og grænseværdier for et biokulprodukt afhænger af anvendelsesformålet. EBC har fastsat forskellige krav til biokulprodukter, afhængig af om det skal anvendes til jordbrug, økologisk jordbrug, dyrefoder m.m.

Når du skal vælge biokul, bør du vælge biokul der er *EBC-Agro* certificeret eller *EBC-AgroOrganic* certificeret. Produkter med denne certificering er certificeret efter standarder for sikker anvendelse på hhv. konventionel landbrugsjord og økologisk landbrugsjord.

Du skal dog være opmærksom på, at selvom der i EBC er analysekrav og fastsatte grænseværdier for bl.a. tungmetaller, kan der være enkelte tilfælde, hvor de danske grænseværdier er lavere end grænseværdierne fastsat af EBC-Agro.

Du kan læse mere om certificeringsordningen og de specifikke krav til certificering af biokul i EBC Guidelines (Version 10.3E af 5. april 2023).



Foto: European Biochar Certificate

6 UDBRINGNING AF BIOKUL

Der er endnu begrænsede danske erfaringer med udbringning af biokul i stor skala. De seneste år, har SEGES Innovation gjort sig indledende erfaringer med udbringning af biokul på landbrugsjord.

I dette afsnit kan du læse om, hvor meget og hvornår biokul må udbringes samt SEGES Innovations erfaringer med forskellige udbringningsteknikker til udbringning af biokul på marken.

6.1 Udbringningsmængde

I Landsforsøgene er effekterne af biokul i mængder svarende til 0,5 op til 20 tons tørstof pr. ha undersøgt. I udlandet er der også lavet forsøg, hvor biokul er tildelt i mængder svarende til op over 100 tons tørstof pr. ha.

Et ofte stillet spørgsmål er, hvorvidt biokul skal udbringes i store mængder af én gang, eller i mindre mængder enten årligt eller flere gange over en årrække. Formålet med anvendelse af biokul, om det er kulstoflagring, gødskning eller jordforbedring, forventes at blive afgørende for mængden af biokul som jorden tilføres, og hvor ofte det tilføres.

HUSK!

At tage højde for vandindholdet i biokulproduktet ved beregning af udbringningsmængde

Producenten tilfører typisk vand til produktet (~30%) for at minimere støvgener og risiko for antænding

Men biokul kan ikke tilføres i ubegrænsede mængder. Lovgivning om anvendelse af biokul (beskrevet i afsnit 5) sætter nemlig begrænsninger for den maksimale mængde biokul, der årligt må udbringes på én hektar landbrugsjord.

Da forskellige typer af biokul kan variere betydeligt i indhold af næringsstoffer, m.m., betyder det også at den maksimalt tilladte udbringningsmængde med biokul vil variere mellem forskellige biokulprodukter. I tabel 3 og 4 er angivet to eksempler på maksimal tilførsel af biokul pr. ha for to forskellige biokultyper baseret på gældende lovgivning.

Tabel 3: Eksempel 1 – Biokul fra halm

BIOKUL FRA HALM	GRÆNSEVÆRDI	INDHOLD I BIOKUL	MAX TILFØRSEL I TONS PRODUKT PR. HA
Kvælstof (total N)	170 kg pr. ha	5,4 kg pr. ton	31,4
Fosfor (total P)	30 kg pr. ha	1,5 kg pr. ton	20,0
Tørstof	Gns. 7 ton pr. ha pr. år i 10 år	73,4 pct.	9,5

Tabel 4: Eksempel 2 – Biokul fra gyllefibre/afgasset biomasse

BIOKUL FRA GYLLEFIBRE	GRÆNSEVÆRDI	INDHOLD I BIOKUL	MAX TILFØRSEL I TONS PRODUKT PR. HA
Kvælstof (total N)	170 kg pr. ha	10,8 kg pr. ton	15,8
Fosfor (total P)	30 kg pr. ha	13,3 kg pr. ton	2,3
Tørstof	Gns. 7 ton pr. ha pr. år i 10 år	73,73 pct.	8,8

I ovenstående eksempler vil én hektar maksimalt kunne tilføres 2,3 tons i biokul fra gyllefibre pr. ha pr. år, pga. fosforloftet. Omvendt vil den maksimale årlige tilførsel med biokul fra halm være 9,5 tons pr. ha pr. år. I eksempel 1 med biokul fra halm er den begrænsende faktor mængden af tørstof, men da denne grænse gælder over en 10-årig periode, vil der alligevel kunne tildeles større mængder biokul, hvis der ikke tilføres biokul hvert år. Det samme gør sig gældende i eksempel 2, da fosforloftet gælder på bedriftsniveau, og det derfor er tilladt at tilføre biokul i større mængder, hvis blot grænsen for den samlede bedrift overholdes.

Da indholdet af forskellige regulerede stoffer i biokul kan variere betydeligt, selv indenfor biokulprodukter produceret af samme type biomasse, bør den maksimale tilførselsmængde altid beregnes med udgangspunkt i de foreliggende analyseresultater, for det specifikke biokulprodukt. Det forventes, at analysebevis med analyseresultater for indholdsstoffer udleveres af producenten ved køb og levering af et biokulprodukt. Alternativt kan du indsende en prøve af produktet til analyse ved et akkrediteret laboratorium.

Biokul kan have mange forskellige egenskaber, som potentielt kan påvirke jordens fysiske, kemiske og biologiske egenskaber, herunder antageligt også livet i jorden. Mulige effekter vil forventeligt øges i takt med stigende mængde tilført biokul. Ligeledes kan biokul binde næringsstoffer, og store mængder biokul vil potentielt kunne reducere plantetilgængeligheden af f.eks. kvælstof.

For at imødegå sådanne mulige effekter, er SEGES Innovations nuværende anbefaling, at biokul til en start tilføres i mindre mængder per hektar, f.eks. svarende til den mængde biokul, der kan produceres af halmen fra én hektar. Denne anbefaling er baseret på et forsigtighedsprincip, indtil der er opnået mere viden om effekterne af biokul ved tilførsel til dansk landbrugsjord.

6.2 Udbringningsteknikker

SEGES Innovation har i 2022 og 2023 udført en række udbringningstest med forskelligt spredeudstyr og biokulprodukter.

Udbringning ved spredning

Der blev i 2022 gennemført spredetest af halm-biokul fra Stiesdal. Materialet var opfugtet til ca. 25 pct. vand og massefylden var i niveauet 470 kg pr. m³. Kornstyrken var 1-2 kg. Anbefalingen ved spredning af handelsgødning er 3 kg på 24 m bredde, og 4 kg på 36 m bredde. Formålet med spredetesten var at afklare, hvor bredt biokul kan spredes med to typer sprede:

- En Bredal K-XE kalkspreader med spredeaggregater forskudt ca. 5 m, hvorfor typen vurderes at være meget egnet til formålet. Kalkspredere har en stor kasse, og er derfor vel egnet til spredning af store mængder.
- En Samson SPE-21 universalspreder med spredeværk af typen der anvendes til fast husdyrgødning. Der har efterfølgende været drøftet om andre universalspredertyper egner sig bedre. Det afvises ikke.

SEGES Anbefaler

Ud fra et forsigtighedsprincip bør biokul spredes i mindre mængder ad gangen, f.eks. svarende til mængden af biokul produceret af halmen fra én hektar



Spredning af biokul med Bredal K-XE kalkspreder (øverst) og Samson SPE-21 universalspreder (nederst).
 Fotos: Henning Sjørlev Lyngvig, SEGES Innovation.

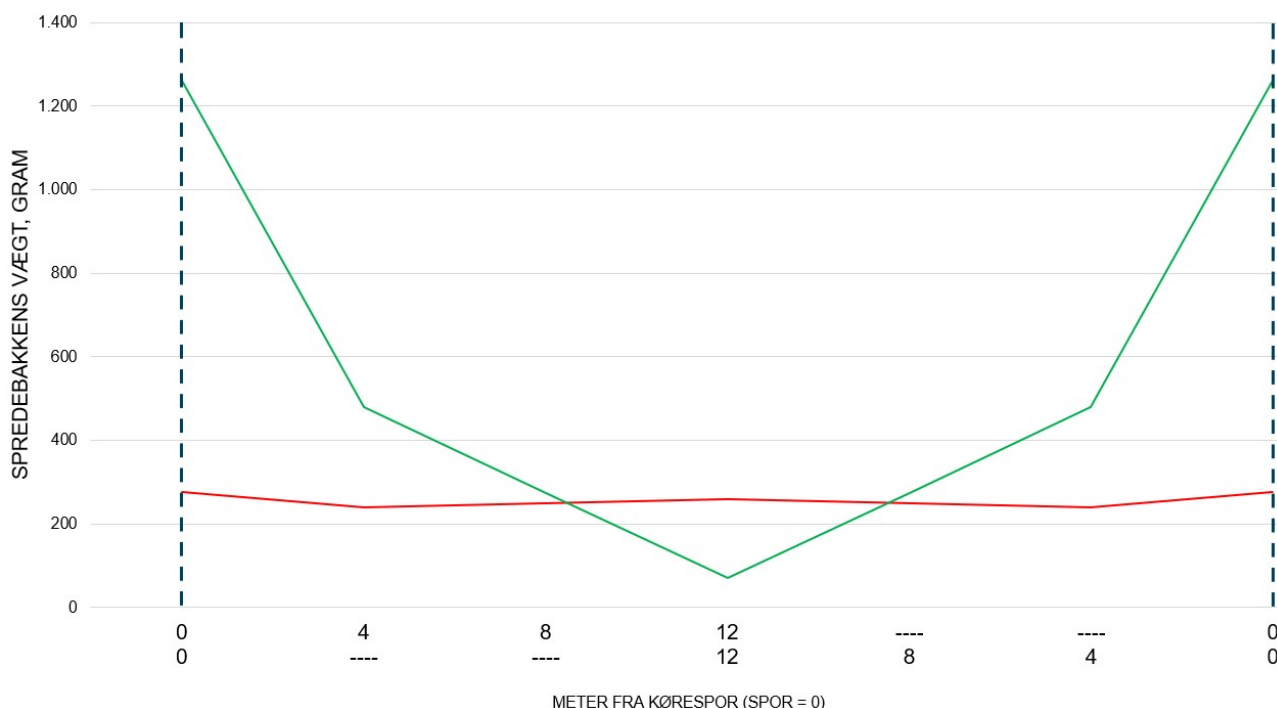
Biokullet blev leveret med lastbil, og aflæsset på en betonplads, for at simulere samme praksis som ved håndtering af kalk, der aflæsses i marken, og læsses i sprederen med læssemaskine. Herved sker der en fysisk påvirkning af biokullet, svarende til almindelig landmandspraksis.

Ved spredetests udregnes variationskoefficienten som et udtryk for hvor ensartet fordelingen er i spredebredden (0-100 pct., hvor 0 er bedst). Ved spredning af handelsgødning er en variationskoefficient på 10 et godt resultat. Understående er variationskoefficienten ved den vurderede acceptable arbejdsbredder:

- Kalksprederen: 6 pct. på 24 m bredde.
- Universalsprederen: 16 pct. ved 8 m bredde.

Konklusionen er, at halmbiokullet kunne spredes rigtigt godt med kalksprederen på 24 m bredde, og acceptabelt med universalsprederen på 8 m bredde – ved begge med meget stor støvafgivelse (figur 1). Efter spredetesten er vandindholdet i biokul fra Stiesdal blevet øget. Hvis pillestyrken også forøges, er det sandsynligt at støvdannelsen reduceres stærkt, og at spredebredden kan øges. En lignende spredetest for biokul fra gyllefiberfraktion mangler.

Læs eventuelt nærmere i artiklen "[Hvordan spreder vi biochar på marken?](#)" på [Landbrugsinfo.dk](#)



Figur 1: Figuren viser fordelingen mellem to kørespor i marken (de stiplede linjer). Rød linje = Kalkspreder. Grøn linje = Universalspreder.

Udbringning som startgødning ved såning

Der har i 2023 været forsøgt at anvende biokul som startgødning til majs. Biokullet blev fyldt i gødningstanken. Erfaringen var at biokullet slæmmede såmaskinens uddoseringsvalse til, så forsøget måtte opgives. Fremadrettet skal konsistensen være mere fast og tør til dette formål.

Udbringning ved opblanding i gylle

Biokul kan alternativt udbringes ved opblanding i gylle. Denne udbringningsform har flere fordele og ulemper.

Fordele:

- Sikrer en ensartet udbringning
- Eliminere støvproblemer
- Omkostningseffektiv

Ulemper:

- Biokullet vil normalt blive udbragt på arealer med højt indhold af kulstof og fosfor pga. tidligere tilførsel af organiske gødninger
- Biokullets fosforindhold vil indgå i arealets fosforloft, hvilket kan begrænse doseringen af

andre fosforholdige organiske gødninger, som eksempelvis gylle

- Tilsætningen vil øge gyllens tørstofindhold, hvilket alt andet lige vil øge risikoen for ammoniaktab fra den udbragte gylle. Tilsætningen kan derfor reducere gødningsværdien af den udbragte husdyrgødning, medmindre udbringningen sker med teknologier der begrænser risikoen for ammoniaktab mest muligt.

Hvordan opblandes biokullet i gyllen?

Tildeling af biokul via gylle kan f.eks. ske ved at tilføre biokullet til gylletanken og efterfølgende omrøre tanken. Biokullet vil normalt bundfælde i tanken, hvorfor tanken skal omrøres før gyllens udbringning. Lette porøse biokultyper vil evt. flyde på gyllens overflade. For at sikre en ensartet fordeling af biokullet skal der også her ske en effektiv omrøring for at sikre en ensartet opblanding i gyllen.

Hvor store mængder biokul kan der udbringes via opblanding i gylle?

Tilsætning af biokul til gylle øger gyllens tørstofindhold. Da gyllen skal være pumpbar i forbindelse med håndtering og udbringning begrænser det den mængde biokul der kan opblandes i gylle.

SEGES Innovation har gennemført en markdemonstration der viste, at tilførsel af en biokulmængde svarende til 1,1 tons biochar pr. ha øger gyllens tørstofindhold med ca. 3,7 procentpoint. Forøgelsen betyder, at der kun kan tilsættes begrænsede mængder biokul til gylletyper der i forvejen er tørstofrige. Ved markdemonstrationen blev der tilsat op til 74 kg biokul pr. tons kvæggylle, svarende til, at der ca. blev udbragt 2,2 tons biokul pr. ha. Denne dosering påvirkede gyllevognens udbringningskapacitet. Det vurderes derfor, at der maksimalt kan udbringes op til 2 tons biokul pr. ha, hvis opblandingen sker i tørstofrige gylletyper som kvæggylle og afgangsbiomasse.

Ved opblanding i gylletyper med lavere tørstofindhold, eksempelvis svinegylle, kan der tilføres højere doseringer af biokul.

Læs eventuelt nærmere i artiklen "[Udbringning af biochar til landbrugsjord via opblanding i gylle](#)" på Landbrugsinfo.dk.

6.3 Nedbringning

Som beskrevet, er der ikke fastsat krav om nedbringning for biokul i eksisterende lovgivning. Til gengæld kan kulstoflagring med biokul, hvor klimaeffekten sælges fra som en klimakredit, kræve at biokullet nedbringes, som et led i valideringen af klimatiltaget.

Desuden, vil nedbringning af biokul kunne minimere risiko for vand- og vinderosion, særligt for biokulprodukter af fine partikler.

6.4 Tidspunkt for udbringning

Biokul må spredes på marken året rundt, da det er undtaget fra lukkeperioder, som ellers begrænser udbringningstidspunktet for andre organiske gødningstyper.

Dog bør biokul kun spredes på dage med lav vindhastighed for at undgå støv emissioner, og dermed unødigt spredning af støv fra biokullet.



Foto: Kristine Skov

7 SIKKERHED VED HÅNDTERING OG OPBEVARING

Biokul består af fine partikler, som kan støve en del, hvis materialet er eller bliver tørt. Dette gælder også for biokul på pilleform. Ved håndtering af biokul er det derfor vigtigt at undgå udtørring af produkt, for at begrænse støvudviklingen under både håndtering og spredning af biokul i og udenfor marken, da evt. støv fra produktet kan forårsage irritation af hud, øjne og luftveje. Sørg for god ventilation, hvor biokul håndteres og undgå unødigt eksponering for evt. støv.

Personer der **kan** blive udsat for støv og dermed inhalering af støvpartiklerne skal anvende:

- Åndedrætsværn/maske P2(EN 140)

Undgå direkte kontakt med produktet ved at anvende følgende værnemidler:

- Handsker (EN 374)
- Tætsluttende sikkerhedsbriller (EN 166)
- Heldragt, hvis der er fare for at huden eksponeres.

Beskrivelse af førstehjælpsforanstaltninger

Indånding: Bring personen i frisk luft. Holdes i ro under opsyn. Ved ubehag: Søg læge.

Hud: Fjern forurenede tøj. Skyl huden og vask grundigt med vand og sæbe. Ved hududslæt eller andre hudgener: Søg læge.

Øjne: Skyl straks med vand eller fysiologisk saltvand. Evt. kontaktlinser fjernes, og øjet spiles godt op. Ved fortsat irritation: Søg læge.

Indtagelse: Skyl straks munden grundigt og drik rigelige mængder vand. Ved ubehag: Søg læge.

Da udviklingen af biokulprodukter fortsat er i gang, samtidig med at biokulprodukter, der fremstilles ved forskellige pyrolyseteknologier kan være meget forskellige, er det endnu ikke tilstrækkeligt belyst, om støvudvikling fra biokulprodukter udgør en eksplosionsfare ved de rette forhold og ved tilstedeværelse af en antændelseskilde. Der bør derfor tages forebyggende forholdsregler.

Certificeringsordningen EBC anbefaler biokulproducenter at opfugte biokulprodukter til et vandindhold på 30%, for at imødegå denne mulige risiko. Derfor anbefales det at biokul genopfugtes ved behov, og ikke opbevares i nærheden af antændelseskilder.

Er det nødvendigt, at biokullet opbevares/henstilles før udbringning på marken, enten i markstak, lade e.l., er det vigtigt at være opmærksom på følgende:

1. Undgå udtørring af biokulproduktet
Opbevar biokullet tætlukket eller overdækket for at undgå udtørring. Genopfugt biokullet, hvis det bliver nødvendigt.
2. Placer biokulproduktet udenfor brandfare
Undgå at opbevare biokullet i nærheden af brandfarlige materialer, varmerør eller lign. varmekilder, der kan udvikle varme.

VIGTIGT!
Brug de nødvendige værnemidler når du håndterer biokul



8 BOKUL OG JORDENS SUNDHED

Som beskrevet flere steder i vejledningen, giver tilførsel af bokul i marken et stabilt kulstofinput til jorden, der resulterer i en stabil og langvarig kulstoflagring og derfor en positiv klimaeffekt.

Stabiliteten af kulstoffet i bokul pyrolyseprocessen ændrer biomassens kulstofsammensætning ved omdannelse til bokul. Det betyder, at størstedelen af kulstoffet i bokul er inaktivt, og derfor har jordens mikroorganismer meget svært ved at nedbryde kulstoffet i bokul i modsætning til andre organiske materialer.

Med andre ord, fjernes halm eller andre organiske input fra marken til fordel for produktion af bokul, fjernes dermed dele af fødegrundlaget for

jordens organismer. Bokul har dog et meget stort overfladareal og porevolumen, der kan fungere som bosted for jordens mikroorganismer.

For at opretholde en sund og levende jord bør tilførsel af bokul ikke erstatte tilførsel af andre organiske input til jorden, såsom halm, organisk gødning, kompost, afgrøderester o.l. Vær derfor opmærksom på, at jorden tilføres andet organisk materiale, som erstatning for det, som fjernes til produktion af bokul for at bevare jordens sundhed.



Foto: Janne Aalborg Nielsen, SEGES Innovation

9 REFERENCER OG NYTTIGE LINKS

Bekendtgørelse om jordbrugets anvendelse af gødning i planperioden 2023/2024, BEK nr. 1060 af 26/07/2023. [Gødskningsbekendtgørelsen 2023/2024 \(retsinformation.dk\)](https://retsinformation.dk/da/Bekendtgørelse/Bekendtgørelse%20om%20jordbrugets%20anvendelse%20af%20gødning%20i%20planperioden%202023%2F2024%2C%20BEK%20nr.%201060%20af%2026%2F07%2F2023%2C%20Gødskningsbekendtgørelsen%202023%2F2024%20%28retsinformation.dk%29)

Bekendtgørelse om jordbrugsvirksomheders anvendelse af gødning, BEK nr. 1025 af 30/06/2023. [Gødningsanvendelsesbekendtgørelsen \(retsinformation.dk\)](https://retsinformation.dk/da/Bekendtgørelse/Bekendtgørelse%20om%20jordbrugsvirksomheders%20anvendelse%20af%20gødning%2C%20BEK%20nr.%201025%20af%2030%2F06%2F2023%2C%20Gødningsanvendelsesbekendtgørelsen%202023%2F2023%20%28retsinformation.dk%29)

Bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrugsformål, BEK nr. 1001 af 27/06/2018. [Bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrugsformål \(retsinformation.dk\)](https://retsinformation.dk/da/Bekendtgørelse/Bekendtgørelse%20om%20anvendelse%20af%20affald%20til%20jordbrugsformål%2C%20BEK%20nr.%201001%20af%2027%2F06%2F2018%2C%20Bekendtgørelse%20om%20anvendelse%20af%20affald%20til%20jordbrugsformål%20%28retsinformation.dk%29)

EBC (2012-2023) 'European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar.' Carbon Standards International (CSI), Frick, Switzerland. (<http://european-biochar.org>). Version 10.3 from 5th Apr 2022. [Version_en_10_3_v2 \(european-biochar.org\)](https://european-biochar.org/Version_en_10_3_v2)

Elsgaard L., Adamsen S. A. P., Henrik B. Møller B. H., Winding A., Jørgensen U., Mortensen Ø. E., Arthur E., Abalos D., Andersen N. M., Thers H., Sørensen P., Dilnessa A. A. & Elofsson K. Knowledge synthesis on biochar in Danish agriculture. 166 pg. – DCA advisory report No. 208. [DCArapport208.pdf \(au.dk\)](https://dca.dtu.dk/media/10000/DCArapport208.pdf)

Elsgaard L., Adamsen APS, Winding A. 2023. Biomassetyper og projektbeskrivelse for forskningsindsats vedr. agronomiske og miljømæssige effekter af biokulanvendelse på landbrugsjord. 16 sider. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, 15.05.2023.

Eriksen, R. L. & Lyngholm, S. 2023. Regler og anbefalinger til sikker anvendelse af biokul på landbrugsjord. Landbrugsinfo artikel: [Regler og anbefalinger til sikker anvendelse af biokul på landbrugsjord \(landbrugsinfo.dk\)](https://landbrugsinfo.dk/da/Regler-og-anbefalinger-til-sikker-anvendelse-af-biokul-pa-landbrugsjord)

Hansen, M. N. & Lyngvig, H. S. 2022. Udbringning af biochar til landbrugsjord via opblanding i gylle. Landbrugsinfo artikel: [Udbringning af biochar til landbrugsjord via opblanding i gylle \(landbrugsinfo.dk\)](https://landbrugsinfo.dk/da/Udbringning-af-biochar-til-landbrugsjord-via-opblanding-i-gylle)

Henricksen, L.; Kaiser, K.; Christensen, M.N.; Hyldgaard, B.; Wiborg, I.A.; Toft, L.V.; Hvid, S.K.; Holm, M.; Tybirk, P.; Nielsen, N.I. 2023. Klimavirkemidler til dansk landbrug. 89 sider. SEGES Innovation P/S. [Klimavirkemidler til dansk landbrug \(landbrugsinfo.dk\)](https://seges.dk/da/Klimavirkemidler-til-dansk-landbrug)

Lehmann, J., & Joseph, S. (Eds.). (2015). *Biochar for environmental management: science, technology and implementation*. Routledge.

Lyngvig, H. S. 2022. Hvordan spredter vi biochar på marken?. Landbrugsinfo artikel: [Hvordan spredter vi biochar på marken? \(landbrugsinfo.dk\)](https://landbrugsinfo.dk/da/Hvordan-spredter-vi-biochar-pa-marken)

The European Biochar Certificate (EBC): [The European Biochar Certificate \(EBC\) \(european-biochar.org\)](https://european-biochar.org/)

