



Foto: Erik Joner

## Bruk av biokull til grønne tak

**Grønne tak tas i bruk i økende grad for å møte utfordringene med ekstrem nedbør og håndtering av overvann i byer og tettsteder. Biokull er et kortreist og karbonnegativt materiale som kan brukes som en komponent i jord til grønne tak. Her er noen erfaringer NIBIO har gjort på dette området gjennom forskning og utprøving av ulike konsepter**

### GRØNNE TAK

På grønne tak brukes oftest jordblandinger som er satt sammen av ulike komponenter. Denne jorda skal holde igjen store mengder regnvann i relativt kort tid (15–30 min.) for å hindre overbelastning av avløp på bakkeplan. Dette kalles fordrøyning. Jorda skal også være et voksested for planter som gjør taket levende og som beskytter jorda mot vind- og vannerosjon. Sist, men ikke minst, skal jorda være så lett og rimelig som mulig, slik at kostnadene til konstruksjon og etablering blir overkommelige. Noen legger også vekt på at jorda skal settes sammen av materialer som er kortreiste og klima- og miljøvennlige.

Vi skiller gjerne mellom ekstensive og intensive tak. Ekstensive tak har da et lett og tynt jordlag (5–15 cm) av grovt materiale som holder lite vann og som planter med tørketålende planter som bergknapp. Intensive tak har tykkere mer næringsrike jordlag som består av mer finmateriale. Slike tak planter med vekster som ikke tåler uttørking. Mengden finstoff er viktig for hvor mye vann som holdes tilbake. I tillegg har takene som oftest en dreneringsløsning eller matter under vekstmassene som også holder på en del vann. For de fleste takløsninger inneholder jorda en stor andel av lettvektskomponenter som vulkansk materiale (pimpstein), ekspandert leire (Leca) og lignende, som kan ha ulikt bidrag til karbonregnskapet.

## BIOKULL

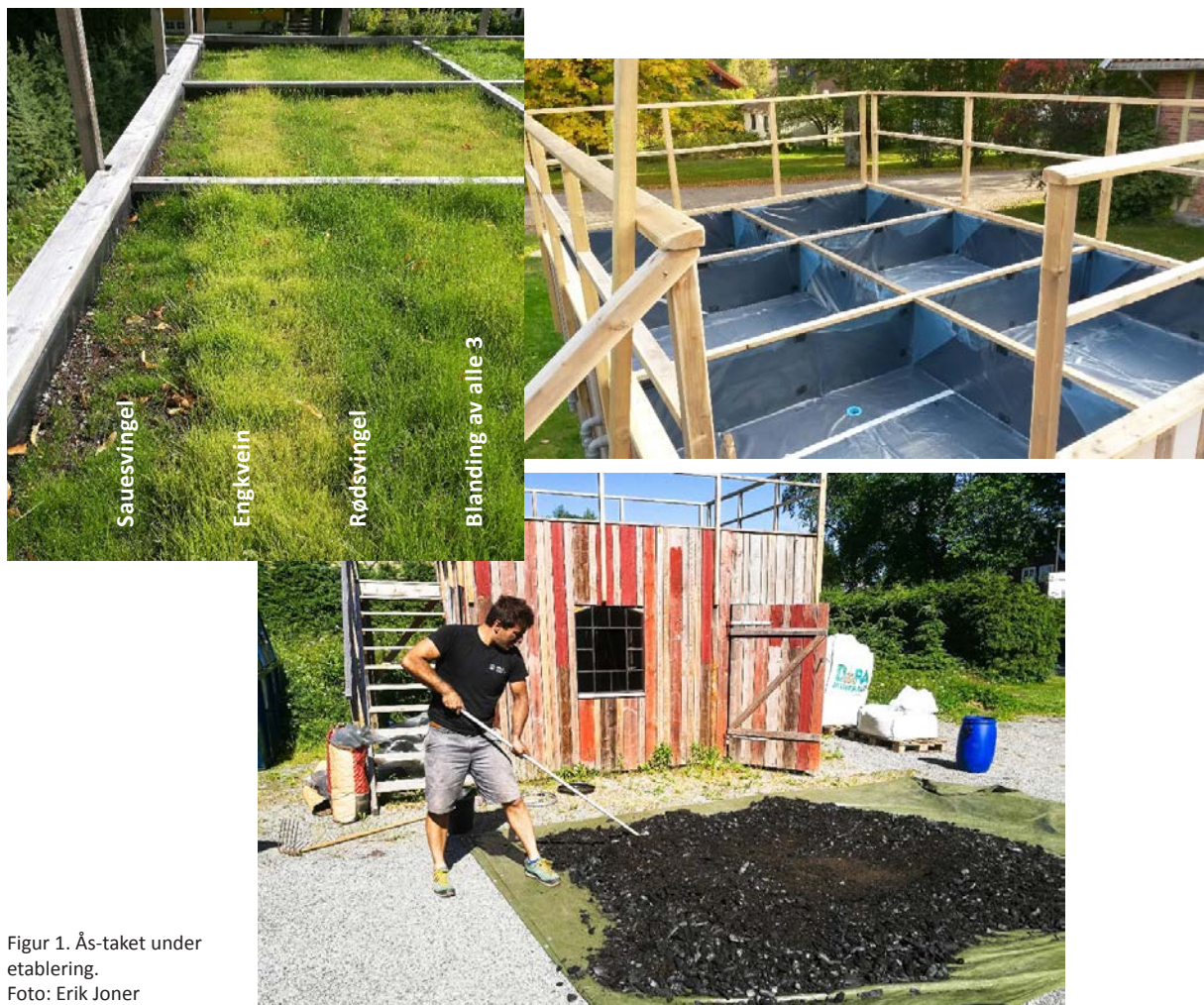
Biokull har fått en del oppmerksomhet som komponent i jordblandinger. Biokull av egnet kvalitet kan lages av skogsavfall og annet treverk ved pyrolyse der temperaturen er  $> 400\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Det gir et næringsfattig og stabilt kull som ikke brytes ned mikrobielt, og som har en rekke gunstige egenskaper som komponent i en jordblanding: Høy porøsitet, høy ionebyttingsevne, lav volumvekt, mekanisk styrke som gir lite sammen-synking, moderat kalkvirkning, m.m. I tillegg kan biokull lages av lokale råvarer – ofte avfallsprodukter – som har lav verdi og få alternative bruksområder. Dersom biokull alene skal brukes som vekstmedium vil det stille spesielle krav til partikkelfordeling, nøytrali-sering av alkalinitet og tilpasset gjødsling som trolig vil være både krevende og kostbart å oppnå. Det mest aktuelle blir derfor å benytte biokull som bestanddel i et blandet vekstmedium. Produksjonen av biokull i Norge er foreløpig liten, men flere aktører innen avfallsbransjen, bioenergi produsenter og jordprodu-senter har nylig skaffet seg pyrolyseanlegg.

## NIBIOS KOMPETANSE PÅ BIOKULL OG GRØNNE TAK

NIBIO har i flere år jobbet både med biokull som jordforbedringsmiddel og med grønne tak i ulike sammen-henger. Vi oppsummerer her noen erfaringer med biokull som bestanddel ved sammensetning av mate-rialer til jordblandinger/vekstmedier, særlig med tanke på bruk i grønne tak.

## INTENSIVT TAK PÅ ÅS

NIBIO bygde i 2018 et demonstrasjonstak på Ås i form av et redskapslager med trafikkerbart<sup>1</sup> tak (figur 1). Her ble taket inndelt i seks ruter med ulike jordblan-dinger. Målet var å prøve ut biokull som bestanddel i jordblandinger til grønne tak særlig med hensyn til overlevelse av planter, sammensynking av massene, og endring av jordas egenskaper over tid (drenerings-evne, pH, næringsfrigjøring). Jordtykkelsen var 35 cm og jordblandingen varierte i hht. blandingsforhol-dene som er presentert i tabell 1. Rutene ble sådd til med tre ulike grasslag i striper med rene bestand, samt i blanding av alle tre arter (se Figur 1).



Figur 1. Ås-taket under etablering.  
Foto: Erik Joner

1 Et tak der man skal kunne oppholde seg og ha f.eks. gras som man kan gå på.

Tabell 1. Sammensetning av jordblandinger på ulike felt av Ås-taket.

Felt nr	Sammensetning av jord (volumprosent)
1	98 % vulkansk stein < 8 mm + 2 % kompost (i de øvre 25 cm), steinull (matter, i de nedre 10 cm)
2	10 % kompost <sup>1</sup> + 30 % norsk biokull <sup>2</sup> + 50 % vulkansk stein + 10 % leca <sup>3</sup>
3	20 % kompost + 60 % norsk biokull + 20 % leca
4	20 % kompost + 30 % norsk biokull + 30 % vulkansk stein + 20 % leca
5	10 % kompost + 30 % norsk biokull + 60 % vulkansk stein
6	20 % kompost + 30 % tysk biokull <sup>4</sup> + 30 % vulkansk stein + 20 % leca

1 Hage-/parkkompost siktet til < 2 cm

2 Biokull produsert av lokalt lauvtrevirke, partikkelstørrelse 2–6 cm

3 Leca gravd ut fra >20 år gammelt infiltreringsanlegg for gråvann (4 husstander). Hele, små kuler, ikke knust.

4 Biokull produsert av skogsavfall, partikkelstørrelse 0–0,6 cm

Et redskapsskjul med grunnflate 3x4 m sto ferdig juni 2018 og var bygget med 6 separat drenerende kamre (131x146x39 cm). Disse ble kledd innvendig med plast, utstyrt med korrugerte plastbrett for å lette sideveis drenering (eggepapp-utforming, ca 3 cm høy), og dekket med geotekstil. Deretter ble hvert kammer fylt med 700 L av 6 ulike jordblandinger (ca 35 cm jordtykkelse). Jordblandingen er beskrevet i tabell 1. Hver rute ble sådd med striper av tre ulike grasarter enkeltvis (1/6 av arealet pr art) mens det resterende arealet ble sådd med en blanding av de tre artene.

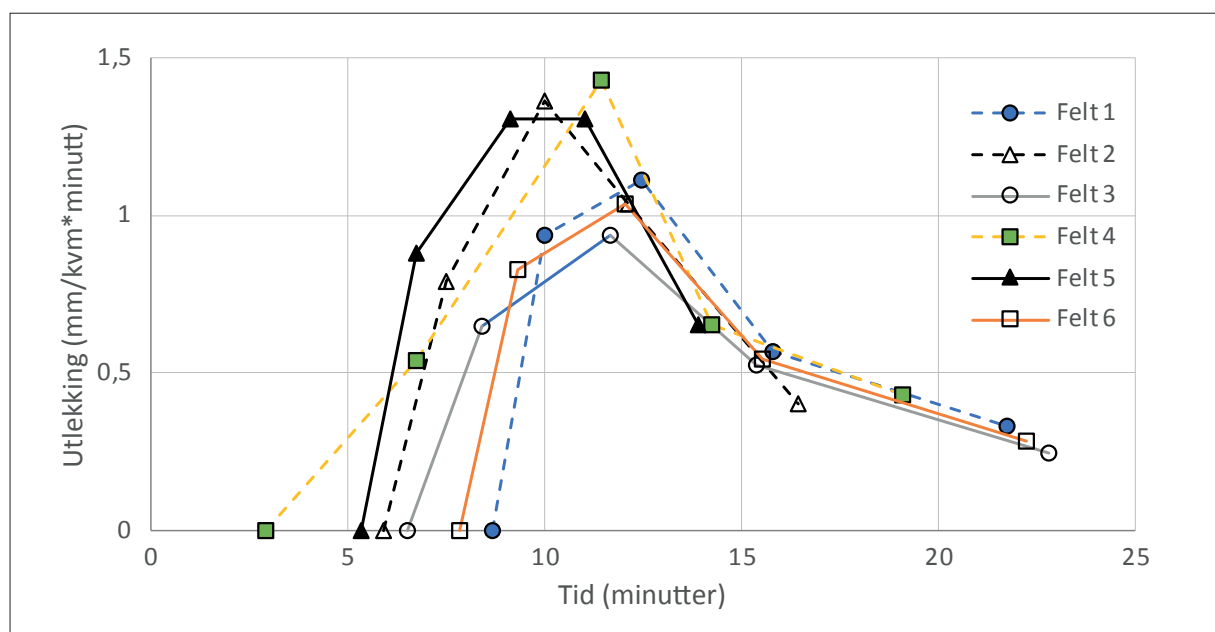
### Biokullet som ble brukt på Ås-taket

Vi brukte to typer biokull: Et norsk biokull produsert ved langsom batch-pyrolyse av løvtrevirke (Helge Haugen, Hurum), og et tysk biokull produsert av Pyreg basert på blandet barskogsavfall. Det norske biokullet

besto av relativt solide og store partikler (2–6 cm) med en tetthet på 0,25 kg/L og en pH på 8,2 mens det tyske biokullet besto av lettknuselig, finpartikulært materiale (0–0,6 cm) med en tetthet på 0,26 kg/L og en pH på 9,4.

### Effekter på fordrøyning

Ås-taket ble brukt til å sammenlikne jordblandinger mht. fordrøyning målt som gjennombruddstidspunkt og utlekking i en påfølgende måleperiode. Generelt sett ga økende mengder og mer finkornet biokull langsommere utlekking, mens økende mengder kompost eller leca ga raskere utlekking. Langsommere utlekking ga både seinere gjennombrudd, lavere maksimalt utstrømningsvolum og lengre uttømmingstid. Et eksempel på en slik simulert nedbørs- og utlekkingsepisode kan ses i Figur 2.



Figur 2. Utlekking fra Ås-taket. Alle felt ble utsatt for 30 mm nedbør i løpet av 10 min, og utlekkingshastighet målt inntil 40 % av nedbørsvolumet hadde lekket ut. Jorda inneholdt ca 50 % av maksimal vannlagringsevne ved forsøket start.

Tabell 2. pH i jord og utlekket vann, samt oppløst stoff i avrenning målt som optisk tetthet (OD).

Felt	pH jord, v/ca 50 % vann	pH jord 2 d etter metning	pH avrenning	Oppløst stoff (OD ved 634 nm)
1	7.10	7.13	7.4	0.013
2	7.16	7.20	7.5	0.004
3	7.34	7.23	7.6	0.004
4	7.23	7.25	7.6	0.005
5	7.17	7.19	7.7	0.012
6	7.30	7.20	7.7	0.003

### Effekter på pH

Biokull, kompost og en rekke andre materialer som brukes i jordblandinger har som regel høy pH. For å motvirke ugunstige effekter av høy pH på plantene, ble biokullet forsuret ved tilsetning av syre da taket ble etablert. Effekten av dette over tid var usikker, og det ble derfor målt pH i jorda på alle rutene, og avrenningsvannet fra disse, på ulike tidspunkt. Som tabell 2 viser varierte pH lite mellom de ulike jordblandingene. Tilsetning av syre til biokullet tillot dermed at en høy andel biokull kunne brukes i jordblandingene uten nevneverdig økning i pH, og pH i jord forble stort sett under 7,5 (pH varierte fra 0 til 0,3 enheter i løpet av året). pH i avrenningsvannet var til tider 0,5–1 enheter høyere enn pH i jorda, men vanligvis bare 0,2–0,5 enheter høyere. Dette antyder at alkaliniteten kan vaskes ut over tid. Oppløst stoff i avrenning målt etter 2 år viste fortsatt svak utlekking av organisk materiale etter nesten 3 år. Slik utlekking økte ikke med økende andel kompost eller biokull i jordblandingene (tabell 2).

### Andre observasjoner

Tykkelsen på jorda på Ås-taket var 35 cm, og sammensynking i løpet av 3 år var kun ca 2 cm på tross av at taket var utsatt for tråkk. Sammensynking skjedde hovedsakelig i anleggsåret, og kan dels skyldes setninger i dreneringslaget.

Planteveksten var svært sterk på Felt 1 (referansefeltet, dette ble klippet regelmessig og gras fjernet), og lav til moderat på øvrige felt (disse ble gjødslet med lav dose urea i 2. vekstsesong og klippet 1–2 ganger i året). Etter 2 år kom det inn en del hvitkløver, særlig i Felt 1 og 3. Av de tre grasartene som ble brukt var vekst og overlevelse best for rødsvingel. Engkvein gikk i stor grad ut i fbm. overvintring 3. år. Sauesvingel fungerte omtrent som rødsvingel, men etablerte seg langsommere.

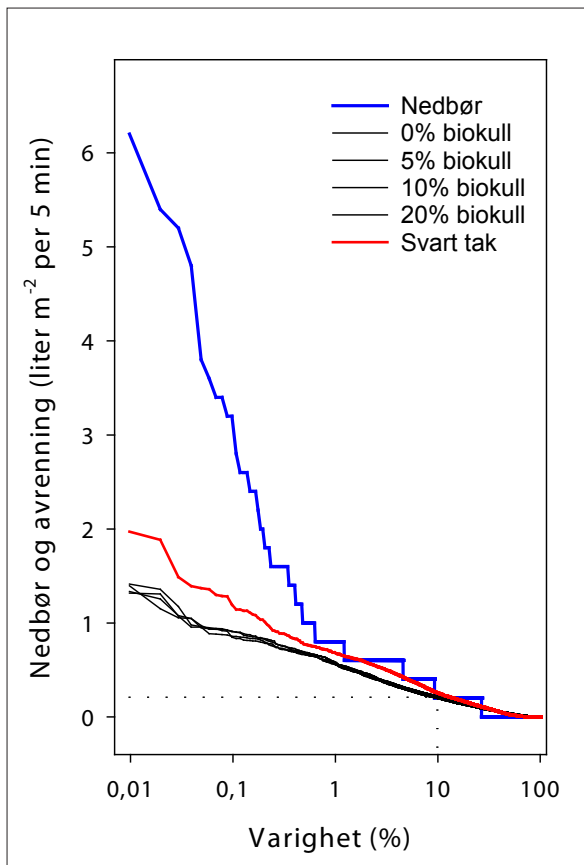
### EKSTENSIVE TAK PÅ SÆRHEIM

NIBIO bygde i 2014 ti stasjoner for å måle avrenning kontinuerlig fra forsøktak på Særheim i Rogaland. Forsøktakene som kobles på har en størrelse på 2 x 3 m og takhelning kan justeres.

Vi har målt avrenning fra grønne forsøktak med ulik oppbygning og har inkludert biokull i mange av forsøkene (Figur 3). Det er ikke alltid så enkelt å isolere effekten av biokullet. Foreløpig har vi bare langtidsserier på avrenning fra ekstensive tak med et tynt, grovt jordlag på 5 cm der biokullandelen har vært fra 0 til 20 volumprosent. Avrenningsmålinger gjennom et år er vist i figur 4. Det er minimal effekt av biokull på avrenning fra slike tynne tak. Vi forventer større effekt for tykkere lag og for vekstmasser med mindre grovt materiale. Fint biokull i grove vekstmasser gir også en del avrenning av biokullpartikler.



Figur 3. Forsøktak på NIBIO Særheim der ulike samensetninger av jord og vegetasjon blir undersøkt. Foto: Arne Sæbø



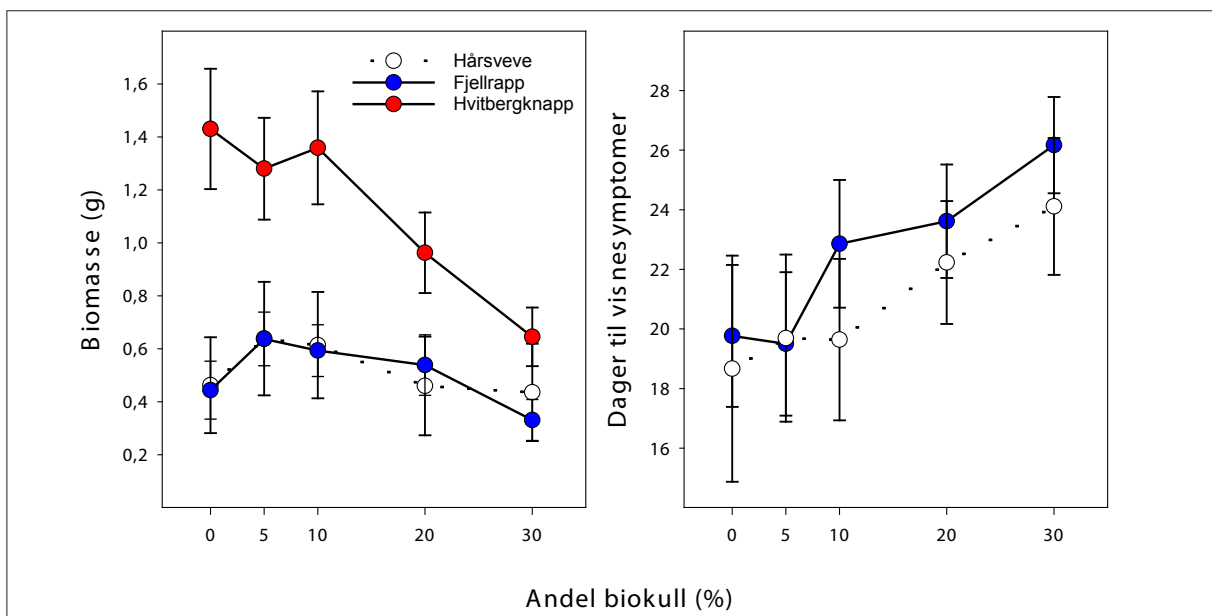
Figur 4. Varighetskurve for nedbør og avrenning fra forsøksstak med en ekstensiv oppbygging med 5 cm vekstmasser under sedummatter. I vekstmassene er det blandet inn fra 0 til 20 volumprosent fint biokull (BK). Målingene er gjennomført gjennom et år på Jæren. Kurvene viser andel av tiden (i %) avrenningen har vært større eller lik en gitt verdi. F. eks overstiger nedbøren 0,2 liter per m<sup>2</sup> og 5 minutt, kun 10 % av tiden (illustrert med de stiplede linjene). Kurvene for de ulike innblandingene av biokull var tilnærmet identiske og er vist med samme farge.

## EFFEKTER AV BOKULL PÅ VEKST OG TØRKERESPONSER HOS TAKVEGETASJON

Vi har også undersøkt hvordan innblanding av biokull i vekstmassene påvirker vegetasjonen. Innblanding av fra 0 til 60 volumprosent biokull i tynne lag av vekstmasser på 5 og 10 cm, viste positive effekter av mengder biokull på opptil 10 volumprosent på vekst og overlevelse under tørke for arter som strandsmelle, tiriltunge, strandkjempe og sauesvingel. Større mengder hadde ikke noen ytterligere effekt. For sedumartene vi testet, hadde økende mengde biokull en negativ effekt på vekst. Vi fulgte opp dette forsøket med en mer detaljert undersøkelse av disse effektene. Tre ulike pimpsteinsbaserte basisblandinger med jord (én standardblanding for sedumtak, én tilført mer organisk materiale, og én justert til noe høyere pH) ble tynnet ut med 0–30 volumprosent biokull. Vekst og tørkeforsøk ble gjennomført med 10 cm dybde for tre arter. Dette forsøket viste at effekten av biokull varierte med egenskapene til jorda det ble blandet inn i, og mellom artene som ble testet ut (Figur 5). Også her flatet responsen ut eller sank ved innblanding over 10 volumprosent. Det er foreløpig ikke avklart i hvilke vekstmasser en kan forvente mest positiv effekten av biokull. Planter som vokser i vekstmasser med høy pH, ser ikke ut til å dra fordel av biokull.

## MULIGHETER OG BEGRENSNINGER

Bruk av biokull i vekstmasser på grønne tak krever at man tar hensyn til en rekke faktorer som vil påvirke kostnader og funksjon av slike tak. Faktorer som vil kunne begrense bruken er tilgjengelighet, pris og kva-



Figur 5. Effekten av biokull i vekstmassene på plantebiomasse (til venstre) og tiden det tar før plantene begynner å visne under lengre tørkeperioder (til høyre) er vist med 95% konfidensintervall. Effekten på tørkeresponsen må ses i sammenheng med effekten på hvor store plantene er. Større planter bruker mer vann.



Biokull. Foto: Erik Joner

litet, samt manglende erfaring og kunnskap om bruk i spesifikke typer tak.

Biokull i vekstmasser til grønne tak må oppfylle kravene i Gjødselforskriften mht tungmetaller. For biokull laget av skogsavfall o.l. er dette ikke noen problem, særlig dersom askeinnholdet er lavt. Høyt askeinnhold kan gi behov for forbehandling for å unngå negative effekter av høy pH, eller føre til at man reduserer mengden biokull som brukes. En annen mulig begrensning er bygningsteknisk regelverk som kan begrense mengde biokull utfra brannvernshensyn. Vekstmasser med >30 % (volum) biokull ansees som brennbare om de er tørkeutsatte.

Fordelene med bruk av biokull ligger særlig i materialets gunstige egenskaper mht vekt, porøsitet, trykk-

fasthet og næringsabsorpsjon. I tillegg vil bruk av biokull kunne score høyt på mange aspekter relatert til klima-, miljø- og bærekraft. Biokull er et karbon-negativt materiale som kan være kortreist, noe som kan brukes i markedsføring av byggeprosjekter og bedrifter som ønsker en forsterket miljøprofil eller i frivillige kompensasjonsordninger for karbonutslipp. Foreløpig er biokull ikke akseptert som et tiltak for karbonfangst og -lagring i Norge, men det internasjonale klimapanelet IPCC åpnet i 2019 for bokføring i nasjonale klimaregnskap på visse betingelser. I 2022 er ikke dette tatt i bruk i Norge.

#### **Mer informasjon om biokull:**

Norsk Biokullnettverk: [www.biokull.info](http://www.biokull.info), NIBIOs [nettsider om biokull](#).

Takk til Stiftelsen Fondet for jord- og myrundersøkelser som har gitt prosjektmidler til arbeidet med grønne tak på Ås.

---

#### FORFATTERE:

Pierre-Adrien Rivier<sup>1</sup>, Hans Martin Hanslin<sup>2</sup>, Erik Joner<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>NIBIO Ås, <sup>2</sup>NIBIO Særheim

[Pierre-Adrien.Rivier@nibio.no](mailto:Pierre-Adrien.Rivier@nibio.no);

[Hans.Martin.Hanslin@nibio.no](mailto:Hans.Martin.Hanslin@nibio.no); [Erik.Joner@nibio.no](mailto:Erik.Joner@nibio.no)