



Høgskolen  
i Innlandet



**Thomas Cottis, Svein Øivind Solberg, Mona Bakke  
Myrvang og Hesam Mousavi**

## **Regionale gjødselressurser: Avlingseffekt av biokull i blanding med bioest**

**Resultater fra Høgskolen i Innlandet sitt arbeid i 2021**

Skriftserien 4 - 2022



© Forfatteren/Høgskolen i Innlandet, 2022

Det må ikke kopieres fra publikasjonen i strid med Åndsverkloven eller i strid med avtaler om kopiering inngått med Kopinor.

Forfatteren er selv ansvarlig for sine konklusjoner. Innholdet gir derfor ikke nødvendigvis uttrykk for høgskolens syn.

I Høgskolen i Innlandets skriftserie publiseres både internt og eksternt finansierte FoU-arbeider.

Skriftserien nr. 4 - 2022

ISBN digital utgave: 978-82-8380-325-9

ISSN: 2535-5678

# Sammendrag

På oppdrag for prosjekt «*Utvikling av ny regional gjødsel*», gjennomførte Institutt for jordbruksfag ved Høgskolen i Innlandet et feltforsøk, et lagringsforsøk og et potteforsøk for å finne avlingseffekter av kombinasjonen av biokull og biorest. Biokullet har flis av tørrgran som råstoff, og er produsert av Oplandske Bioenergi. Bioresten er produsert av det interkommunale renovasjonsselskapet GLØR på Lillehammer. Feltforsøket ble anlagt, driftet og høstet av NLR Innlandet. Feltforsøket viste at tilførsel av 100 til 800 kg biokull pr dekar uten direkte sammenblanding med 4 tonn biorest pr dekar, ikke påvirket avling i bygg hverken positivt eller negativt. Lagringsforsøket viste at biokull reduserer ammoniaktapet fra biorest. Denne effekten skyldes trolig flytelaget som biokullet kan danne når det er tilstrekkelige mengder i forhold til gjødselbeholderens størrelse. Lagrings- og potteforsøket viste at direkte sammenblanding før tilførsel til jord av de samme mengdeforholdene av biokull og biorest som i feltforsøket, ga synkende avling med stigende mengder biokull. Tre måneders lagringstid av disse blandingene ga lavere avling enn kort lagring. 3 måneders lagringstid med finsiktet biokull ga enda lavere avling enn vanlig biokull. Best avling i potteforsøket ga biorest uten innblandet biokull. Forklaringen på dette er sannsynligvis biokullets evne til å adsorbere plantenæringsstoffer fra flytende gjødsel. Før det er gjort feltforsøk med sammenligning av biokull og flytende gjødsel tilført jord uten sammenblanding, med biokull blandet i flytende gjødsel før tilførsel til jord, vil vi ikke anbefale å blande biokull i flytende gjødsel før tilførsel til jord.

**Emneord: Avling, Biokull, Biorest, Gjødsel, Nitrogen**

**Finansiert av: Statsforvalteren i Innlandet**

# Abstract

On behalf of project “Utvikling av ny regional gjødselvarer”, the Department of Agricultural Sciences at Inland Norway University of Applied Sciences has conducted a field trial, a storage experiment and a pot experiment to find crop effects from the combination of biochar and digestate. The biochar has wood chips made of dry fir as a raw material, and is produced by Oplandske Bioenergi. The digestate is produced by the inter-municipal renovation company GLØR in Lillehammer. The field trial was conducted, operated and harvested by NLR Innlandet. The field experiment showed that 100 to 800 kg of biochar per daa supplied without direct mixing with 4 tons of digestate per daa did not affect the yield of barley either positively or negatively. The storage experiment showed that biochar reduces ammonia loss from digestate. This effect is probably due to the flow layer that the biochar can form when there are sufficient quantities of it relative to the size of the actual storage or container. The storage and pot experiments showed that direct mixing before adding to soil of the same quantity conditions of biochar and digestate as in the field experiment, resulted in declining crops with rising amounts of biochar. 3 months of storage time of these mixtures resulted in lower crop yields than short time storage. 3 months of storage time with fine sifted biochar produced even lower crop yields than ordinary biochar. The best crop in the pot experiment yielded digestate without biochar. The explanation for this is probably the biochar's ability to adsorb plant nutrients from liquid fertilizers. Until field trials have been done with the comparison of biochar and liquid fertilizers supplied to soil without mixing it together, with biochar mixed in liquid fertilizers before supplying to soil, we would not recommend mixing biochar in liquid fertilizers before applying to soil.

**Keywords: Biochar, Digestate, Fertilization, Nitrogen, Yield**

**Financed by: Statsforvalteren i Innlandet**

# Forord

Høsten 2020 var det flere aktører i Innlandet som så potensialene i å utvikle gjødselvarer for jordbruket basert på resirkulert organisk materiale og biokull. Resultatet ble prosjekt «*Utvikling av ny regional gjødselvarer*» som i tillegg til egeninnsats har fått finansiering for 2021 fra Statsforvalteren.

Det er et stort behov for å utvikle bedre gjødselprodukter basert på resirkulert organisk materiale, og derigjennom få gjødselprodukter som er så gode at gårdbrukere i Innlandet vil betale for dem.

Institutt for jordbruksfag ved Høgskolen i Innlandet har hatt ansvaret for gjennomføring av Arbeidspakke 2 Ny gjødselvarer.

Øyvind Håland ved Landbrukskontoret i Ringsaker er prosjektleder, og Einar Stuve ved Oplandske bioenergi er ansvarlig for Arbeidspakke 2. Høgskolelektor Thomas Cottis og professor Svein Solberg har hatt ansvaret for gjennomføring av forsøkene i felt og i vekstroom, samt resultathåndtering og rapportering. Mona Bakke Myrvang har bidratt med statistikk og analyse. Hesam Mousavi utførte Bait Lamina testene for effekt på jordliv.

# Innholdsfortegnelse

Sammendrag .....	3
Abstract .....	4
Forord .....	5
Innholdsfortegnelse .....	6
1. Innledning .....	8
2. Metode og utstyr .....	9
2.1 Feltforsøk .....	9
2.2 Lagrings- og vekstforsøk .....	10
2.3 Oppfølging av erfaringer hos gårdbruker.....	14
3. Resultater.....	15
3.1 Avlingseffekt på korn dyrket i felt.....	15
3.2 Ammoniaktap og andre observasjoner under lagring.....	16
3.3 Effekt av lagring, mengde biokull og finfordelingsgrad .....	17
3.4 Effekt på mikroliv i jord i pottforsøket .....	20
3.5 Praktiske erfaringer med fullskala bruk .....	21
4. Diskusjon.....	22
5. Konklusjon og anbefaling.....	26
6. Kilder .....	27



Tekst og foto: Thomas Cottis, Svein Øivind Solberg, Mona Bakke Myrvang og Hesam Mousavi

# 1. Innledning

Høgskolen i Innlandet – Institutt for jordbruksfag på Blæstad, er med i prosjekt “Utvikling av ny regional gjødselvare”. Prosjektet er ledet av Landbrukskontoret i Ringsaker og det er finansiert av Statsforvalteren i Innlandet. Vårt institutt har ansvaret for utvikling av resepter for regional gjødselvare og testing av disse i forsøk. Prosjektet er ettårig men med mulighet til vidreføring med annen finansiering.

I 2021 har vi gjennomført feltforsøk, lagringsforsøk og forsøk i vekstform. Vi har også vært med på spredning av biokull i fullskala praksis.

Høgskolen i Innlandet har i dette prosjektet ansvaret for følgende:

- A. Finne gode resepter for den nye gjødselvaren hvor biorest er en hovedingrediens.
- B. Utrede hvordan gjødselproduktet best mulig kan transporteres og spres på jordene.

Vinteren 2021 ble det klart at det bare var Biorest fra GLØR (<https://www.glor.no/>) og Biokull fra Oplandske Bioenergi (<https://oplandske.no/>) som var aktuelle råvarer for gjødselvaren i prosjektet. Vi vurderte også om Struvitt fra HIAS kunne brukes inn i resepter sammen med foran nevnte råvarer. Dette er et fosforrikt produkt (Eikås m.fl., 2018). Våre beregninger viste at det normalt sett vil være mer enn nok fosfor i bioresten når denne spres med de mest aktuelle mengdene – nemlig 3-5 tonn pr dekar. Derfor tok vi ikke inn Struvitt med i resept og forsøk. HIAS hadde sitt vanlige kloakkslam som vi kunne ha testet, men HIAS vil i løpet av 2021 få ferdig sin nye biologiske renselinje slik at de våren 2022 vil komme med et helt nytt gjødselprodukt. Dette nye vil bare få navnet Biomasse. Dermed var det ikke fornuftig ressursbruk å gjøre forsøk med HIAS sitt kloakkslam som ikke lenger vil bli produsert etter 2021.

Vekstforsøkene i felt og i vekstform, og erfaringsinnhenting fra spredning av biokull i fullskala, hadde følgende hensikt:

1. Måle avlingseffekter av tidspunkt for blanding av biokull og biorest
2. Måle avlingseffekter av ulike mengder biokull pr dekar kombinert med fast mengde biorest
3. Finne effekt av finsiktet biokull i forhold til standard kornstørrelse
4. Kunne gi erfaringsbaserte råd for fullskala blanding og spredning av biokull.



## 2. Metode og utstyr

Bioresten I forsøkene er produsert av GLØR ([www.mjosanlegget.no](http://www.mjosanlegget.no)). Bioresten har pH 7,9 og lite tørrstoff med 2,8 prosent ts. Totalnitrogeninnholdet var 3,9 kg pr tonn og mengde lettløselig N var på 1,76 kg pr tonn biorest. Se vedlegg 1.

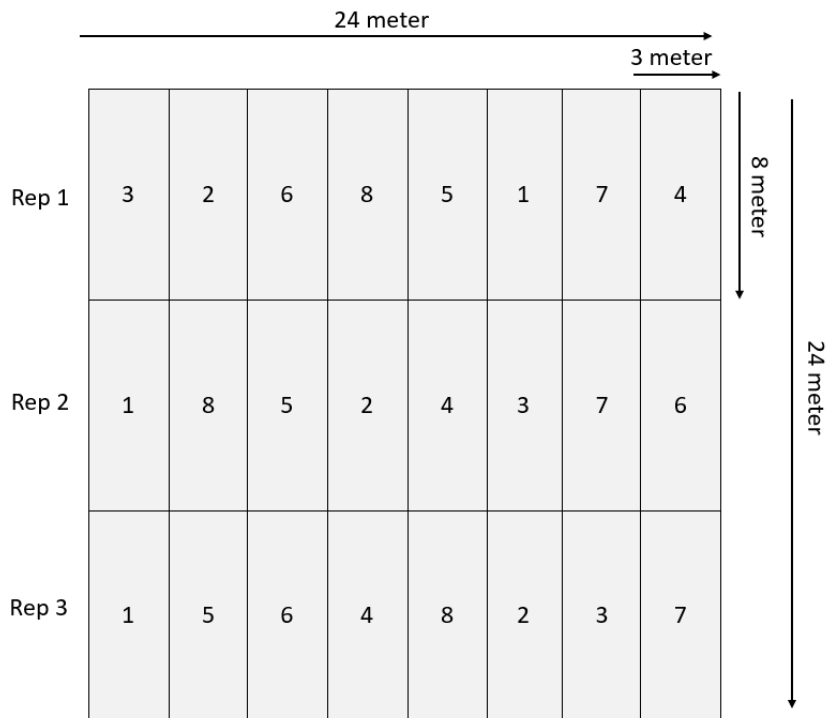
Biokullet er produsert av Oplandske Bioenergi (<https://oplandske.no/>). Råmaterialet er en blanding av tørrgran og energivirke (fersk gran med store råteskader). Pyrolysetemperaturen er 650 grader og det er såkalt «slow pyrolysis» der flisa er opp mot to timer i reaktoren. Innhold av næringsstoffer og salter fremgår av Vedlegg 2. Her ser vi at pH er på 8,2, innholdet av Nitrogen og Kalium er på henholdsvis 5 og 3,7 gram pr kg og fosforinnholdet er på 2,1 prosent. Partikkelstørrelsen vises i Vedlegg 3. Her ser vi at over halvparten (57 %) av biokullet er i fraksjonen mellom 0,5 og 2 millimeter. 33 prosent er i fraksjonene 0,25 til 0,063 millimeter. 2,9 prosent er mindre enn 0,063 millimeter.

### 2.1 Feltforsøk

Forsøksfeltet ble planlagt av Høgskolen i Innlandet, men anlagt, driftet og høstet av NLR Innlandet sin avdeling på Blæstad. Høgskolen i Innlandet har stått for resultatbearbeiding og rapportering.

Feltforsøket er et standard gjødslingsforsøk med relativt store anleggsruter og inkluderte 8 ledd og tre gjentak. Gjødselrutene er 3x8 meter og høsterutene er 6,5x1,6 meter, og da plassert innenfor gjødselrutene (Figur 1). Hele feltet er på 576 kvadratmeter, og det er lagt slik at det kan fortsette i flere år. De 8 forsøksleddene ble randomisert i de tre gjentakene. Designet er satt opp for å teste avlingseffekten av ulik innblanding av biokull i biorest, og sammenligne denne opp mot ulik nivå av mineralgjødsel. Følgende forsøksledd er med i forsøket:

1. Mineralgjødsel 18-3-15: 7 kg N/daa som er like mye N som i 4 tonn biorest.
2. Mineralgjødsel 18-3-15: 9 kg N/daa som er 2 kg mer N enn i 4 tonn biorest
3. Mineralgjødsel 18-3-15: 5 kg N/daa som er 2 kg mindre N enn i 4 tonn biorest
4. 4 tonn biorest 7 kg N/daa uten biokull
5. 4 tonn biorest 7 kg N/daa med 800 kg biokull/daa
6. 4 tonn biorest 7 kg N/daa med 400 kg biokull/daa
7. 4 tonn biorest 7 kg N/daa med 200 kg biokull/daa
8. 4 tonn biorest 7 kg N/daa med 100 kg biokull/daa



**Figur 1.** Feltforsøk faktorielt randomisert oppsett 24 x 24 meter, der hver forsøksrute er 3 x 8 meter. Kun én faktor testes her, og det er gjødslingseffekt av 8 ulike gjødselblandinger, 5 biorestblandinger og 3 mineralgjødselblandinger (NPK 18-3-15).

Feltforsøket ble anlagt på Blæstad den 20 mai 2021. Biokull, biorest og mineralgjødsel ble spredd manuelt på de forskjellige rutene. Etter spredning ble hele forsøket skålharvet og deretter sådd med bygg og tromlet. Alt på samme dag. Feltet ble høstet 27 august. Resultatmåling ble gjort med avlingsregistrering pr rute. Ruteavlingene er omregnet til 15 % vanninnhold etter tørking av analyseprøver. Vekstsesongen var relativt normal. Vi har ikke kunstig vanning for forsøksfeltet, men det sto godt gjennom sommeren og ble tresket til normal tid for byggsorten.

## 2.2 Lagrings- og vekststrømsforsøk

De ulike blandningene av biorest og biokull ble blandet og lagret tre måneder før bruk (A ledd), to dager før bruk (B ledd) eller de ble blandet rett før bruk (C ledd). For hver lagringstid var det fem ulike blandinger.

Nedenfor er leddene beskrevet i detalj:

### **A: Ledd 2-6 Tre måneders lagring. Blandet 22/6 som er 90 dager før anlegg av forsøket:**

1. 4 tonn biorest uten biokull. 20 liter biorest
2. 4 tonn biorest med 800 kg biokull pr dekar. 40 liter biorest + 8 kg biokull
3. 4 tonn biorest med 400 kg biokull pr dekar. 40 liter biorest + 4 kg biokull
4. 4 tonn biorest med 200 kg biokull pr dekar. 40 liter biorest + 2 kg biokull
5. 4 tonn biorest med 100 kg biokull pr dekar. 40 liter biorest + 1 kg biokull

6. 4 tonn biokull med 400 kg finsiktet biokull pr dekar. 20 liter biorest + 2 kg finsiktet biokull

**B: Ledd 7-10 To dagers lagring. Blandet 2 dager før anlegg av forsøket:**

7. 4 tonn biorest med 800 kg biokull pr dekar. 40 liter biorest + 8 kg biokull
8. 4 tonn biorest med 400 kg biokull pr dekar. 40 liter biorest + 4 kg biokull
9. 4 tonn biorest med 200 kg biokull pr dekar. 40 liter biorest + 2 kg biokull
10. 4 tonn biorest med 100 kg biokull pr dekar. 40 liter biorest + 1 kg biokull
11. 4 tonn biokull med 400 kg finsiktet biokull pr dekar. 20 liter biorest + 2 kg finsiktet biokull

**C: Ledd 11-13 Ingen lagring. Blandet rett i pottene ved anlegg av forsøket:**

12. 4 tonn biorest med 800 kg biokull pr dekar. 40 liter biorest + 8 kg biokull
13. 4 tonn biorest med 400 kg biokull pr dekar. 40 liter biorest + 4 kg biokull
14. 4 tonn biorest med 200 kg biokull pr dekar. 40 liter biorest + 2 kg biokull
15. 4 tonn biorest med 100 kg biokull pr dekar. 40 liter biorest + 1 kg biokull
16. 4 tonn biorest med 400 kg finsiktet biokull pr dekar. 40 liter biorest + 4 kg finsiktet biokull



**Figur 2.** Plastcontainerene i lagringsforsøket etter blanding av biokull og biorest i de aktuelle blandingsforhold.

Den 22 juni startet lagringsforsøket. Vi blandet biokull og biorest i de ønskede mengdeforhold. Blandingen ble gjort i 60 liters plast containere (Figur 2). Selve blandingen ble utført med rørepropell på drill. Etter blanding satte vi plastlokk på containerene. Disse lokkene dekker godt, men er ikke gasstette. Den 28/6 rørte vi igjen i alle containerene. Ny opprøring ble gjort 8/7 – cirka tre uker etter anlegg av lagringsforsøket. Under observasjonene gjennom sommeren la vi merke til at det var forskjellig styrke på

ammoniakkluften i containerene. 23/8 målte vi konsentrasjonen av ammoniakk med en standard måler for ammoniakk-konsentrasjon i luft. Vi holdt måleren ca 5 cm over overflaten i hver container (Figur 3).



**Figur 3.** Ammonjakkmåling i lagringsforsøket etter blanding av biokull og biorest.

De andre leddene ble blandet henholdsvis to dager før og rett før oppstart av vekstforsøket.

Vekstforsøket ble utført i Høgskolen i Innlandet sitt vekstområde på Blæstad. Forsøksleddene står beskrevet over. I alt 16 ledd med fire gjentak. Forsøksdesignet var et faktorielt forsøk, der både lagringstid (faktor 1) og mengde biokull i bioresten (faktor 2) kan testes i samme analyse. Dette kan så sammenliknes med effekten av finfordeling av biokull. Effektene måles som avlingseffekt ved dyrking av italiensk raigras dyrket i potter.

De to faktorene og nivåene som ble testet var:

- Mengde biokull: 0, 100, 200, 400 og 800kg biokull tilsatt 4 tonn biorest per dekar
- Lagringstid av biorest-biokullblandingen: 0, 2 og 90 dager før bruk
- Det var av interesse å se spesielt på om finfordelingen av biokull (finpartikler etter sikting) var utslagsgivende både i forhold til mengdene biokull, og i forhold til lagringstid

Jorda til vekstforsøket ble tatt ut fra et jorde 5 meter nord for feltforsøket (beskrevet over) på Blæstad. Vi brukte traktor med skuffe og fjernet først halmrester på overflaten. Vi kjørte så skuffa ned på 20 cm jorddybde og fylte skuffa med å kjøre en meter framover i samme dybde.

I vekstområdet brukte vi potter med 13\*13 cm overflate og 18 cm høyde. Disse ble fylt med ca 17 cm jord etter følgende prosedyre:

- Fuktet et ark tørkepapir pr potte som vi la i bunnen av disse for å tette de fire store hullene her, for å hindre at jord raser ut.
- Jorda, 7 dl jord pr potte ble fylt opp og dekket de første 5 cm i pottene. Jorda var på forhånd soldet med 12x12 mm sold. Dunket potten 5 ganger i bordet.

- 8 dl jord ga de neste 5 cm. Dette er den mengden som vi blander gjødsel inn i. Dunket potten 5 ganger i bordet.
- 7 dl jord ga de neste 4 cm jord. Dunket potten 5 ganger i bordet.
- Sådde raigras på 3 rader. 10 frø pr rad, til sammen 30 frø. 2 dl jord ga 1 cm jord over frøene
- En uke etter oppspiring justerte vi antall planter til 24 planter pr potte, ved å luke vekk overskytende.

Vi brukte et Lumatek ATS300W LED-belysningsystem (lumatek-lighting.com). LED-lysene gir et komplett lys-spekter (380-780 nm bølgelengde) egnet for dyrking av korn og gress under kontrollerte forhold. LED-lysene ble løftet etter hvert som plantene vokste slik at avstanden til bladverket ble holdt på ca 35 cm. Vi har automatisk styring av lyset med 16 timer lys og 8 timer mørke i vekststrømmet.

Temperaturen i vekststrømmet ble holdt på 16° C under hele eksperimentet. Vanning ble gjort med 200 ml vann pr potte tre dager pr uke de første 4 ukene, og deretter 400 ml pr potte tre dager pr uke. Pottene ble plassert i fire rekker - en rekke pr gjentak med 16 potter, og hvert ledd på egen rekke med fire potter (Figur 4). Ved å rullere de to ytre gjentakssykkene med de to innerste, og rullere de fire ytterste leddene et hakk innover tre ganger pr uke, jevner vi ut det som er av forskjeller i lys og varme under lysene, og kanteffekter. Jorda vi brukte er vanlig jord og det følger med noe ugrasfrø. Ugrasplanter ble luket etter hvert, men det er snakk om få planter. Raigrasavlingene for hver potte ble høstet 12. november 2021. Råavling ble lagt til tork i tørkeskap på 60 grader i tre døgn før veiing av tørrstoffavling pr potte.



**Figur 4.** *Potteforsøk i vekststrøm med regulert temperatur, luftfuktighet og lys (natt og daglengde).*

Når potteforsøket var høstet syns vi det var aktuelt å teste om biokull har noen effekt på mikroliv i jord 7 til 14 uker etter gjødsling med biokull og biorest. Derfor satte vi tre stykk Bait Lamina strips i hver av pottene i utvalgte ledd dagen etter høsting. Med Bait Lamina strips måler man livsaktiviteten for mikroliv i jord. (Törne 1990)

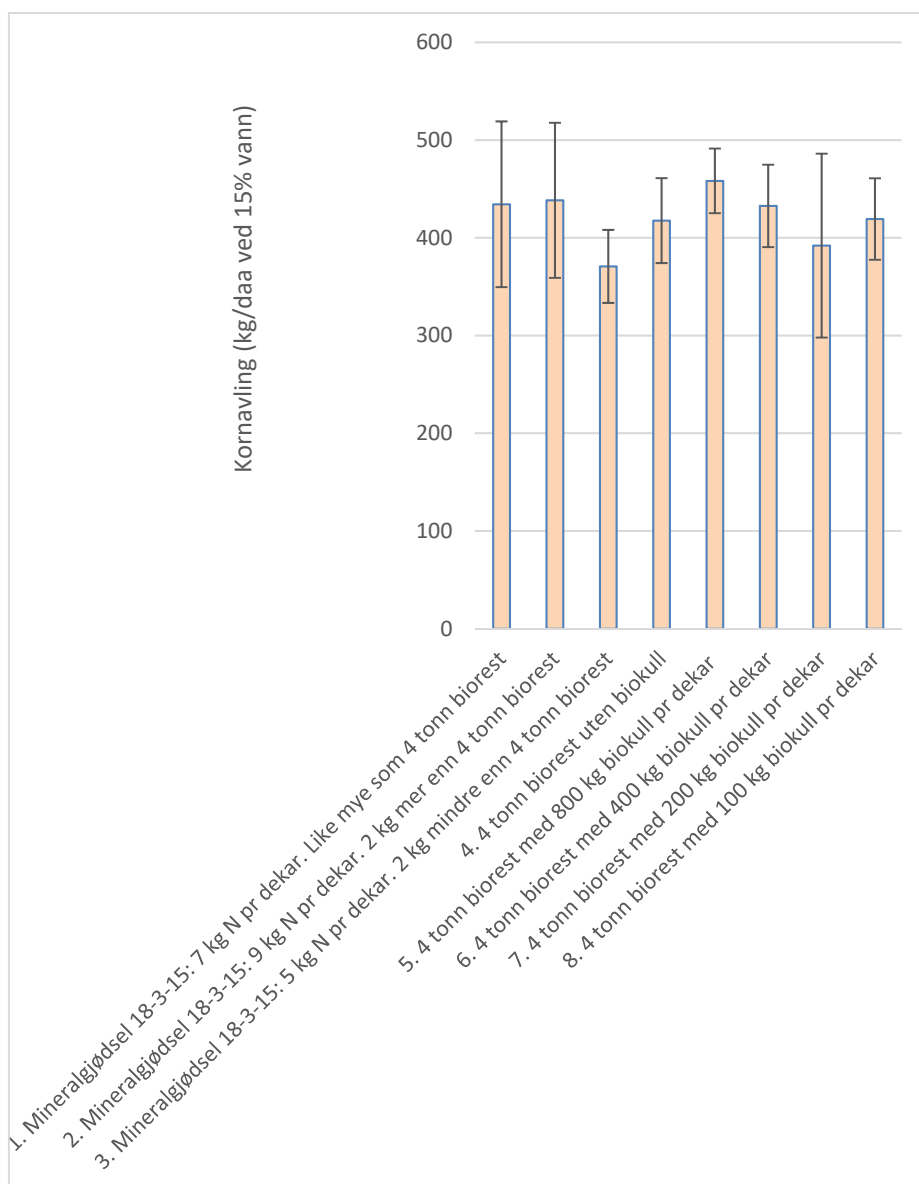
## 2.3 Oppfølging av erfaringer hos gårdbruker

Gårdbruker Sverre Søgaaard i Løten tok åren 2021 kontakt med både Høgskolen Innlandet og Oplandske bioenergi, med ønske om å spre biokull på 30 dekar jordbruksareal på sin gård. Einar Stuve og Thomas Cottis ga råd som endte med at Søgaaard kjøpte biokull, og fikk et godt opplegg for å spre denne direkte på jordet og innblandet i bløtgjødsel. Søgaaard gjorde avtale med entreprenør Doblaug i Løten for utførelse. Erfaringer med dette opplegget ble samlet og er en del av denne rapporten.

## 3. Resultater

### 3.1 Avlingseffekt på korn dyrket i felt

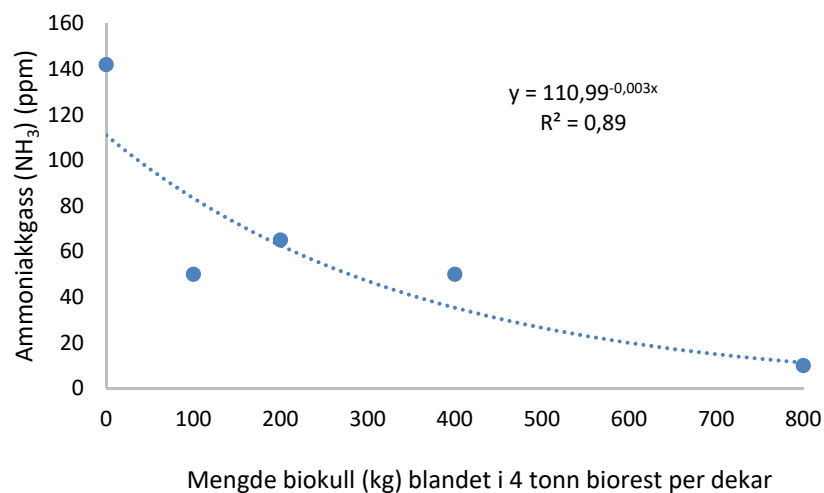
Resultater fra feltforsøket viste ingen signifikante forskjeller i gjennomsnittlig byggavling for de ulike gjødselblandingene (Figur 5). En annen måte å si dette på er at det å gjødsle med 4 tonn biorest med forskjellige mengder biokull: 100, 200, 400 og 800 kg pr dekar, ikke ga hverken bedre eller dårligere avling enn 4 tonn biorest alene. Man kan også si at 4 tonn biorest med sine 7 kg lettløselig nitrogen gir omtrent samme avling som 7 kg lettløselig nitrogen i mineralgjødsel NPK 18-3-15.



**Figur 5.** Gjennomsnittlige ( $n=4$ ) byggavlinger i feltforsøket (kg/daa ved 15 % vanninnhold  $\pm$  standardavvik)

## 3.2 Ammoniakk og andre observasjoner under lagring

De enkle målingene av ammoniakk i luften over biorest og over blandingene av biorest pluss biokull ga resultater som vist i grafen nedenfor (Figur 6). Vi beregnet en korrelasjonskurve og den viste en klar synkende ammoniakk-konsentrasjon med stigende mengde biokull innblandet med en korrelasjonskoeffisient ( $R^2$ ) på 0.89. Altså gir mer biokull blandet inn i bioresten mindre ammoniakk i beholderen, og dermed lavere risiko for gasstap av nitrogen.



**Figur 6.** Ammoniakk-gass (NH<sub>3</sub>, ppm) målt i de ulike gjødselblandingene under lagring etter  $x$  dager. Kun én måling er utført i lagringsperioden.

Etter en ukes lagring var det et lag med flytende biokull på toppen av alle containerene, unntatt i den med filtrert biokull. Flytelaget var tynnere i de containerene med minst biokull. Tre uker etter anlegging av lagringsforsøket, og da to uker etter forrige omrøring, var det igjen et tynt flytelag i containerne med lite biokull, og økende tykkelse med økende mengde biokull. I ledd 2 med 8 kg Biokull pr 40 liter biorest var flytelaget på ca 7 cm tykkelse. Bildet under (Figur 7) viser at dette laget var så solid at en pinne står stødig i det.

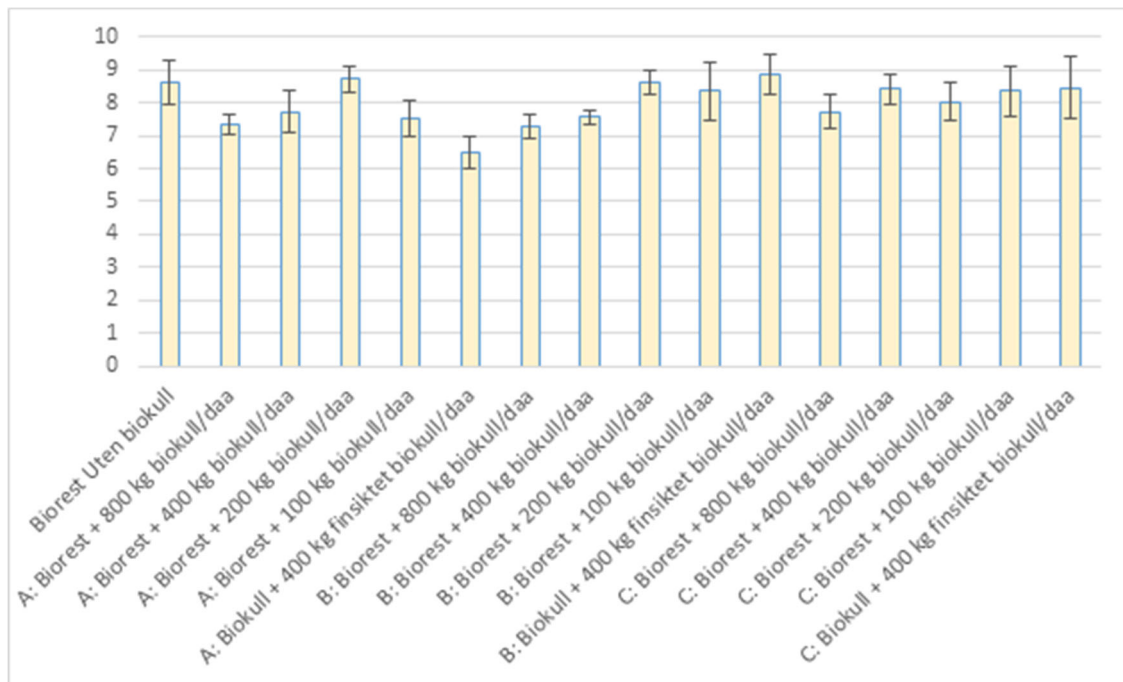




**Figur 7.** Flytelaget på toppen var så solid at en pinne står stødig i det

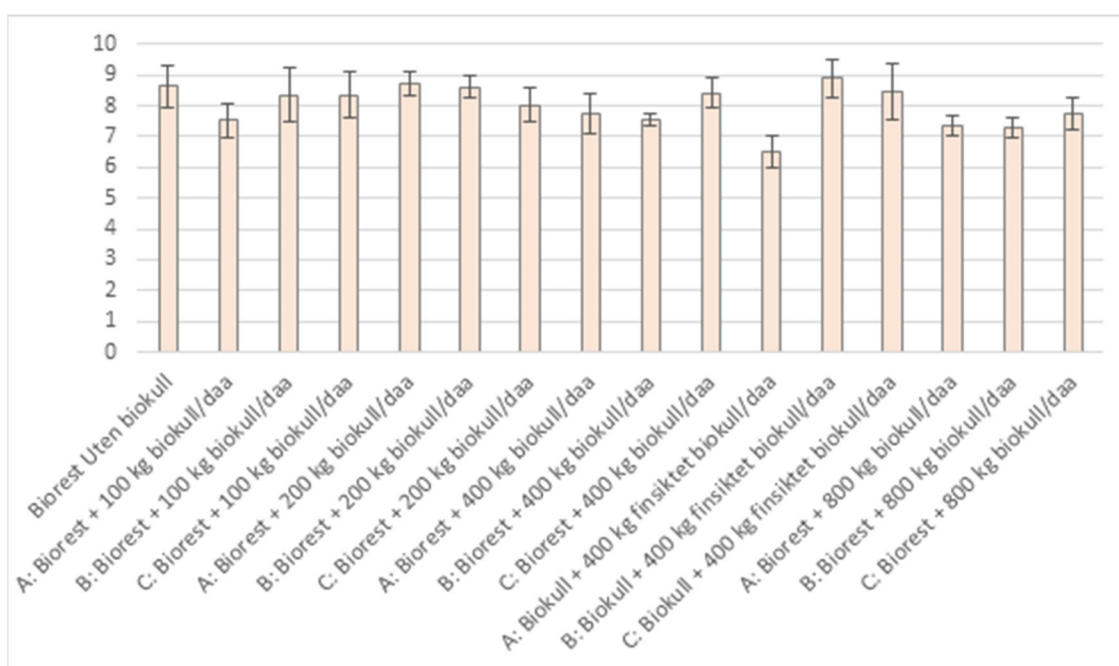
### 3.3 Effekt av lagring, mengde biokull og finfordelingsgrad

Disse resultatene er basert på pottforsøk og dyrking av italiensk raigras i vekstrom. Avlingene (i gram tørrstoff pr potte) er presentert i Figur 8. Her er alle blandingene som var lagret i 3 måneder før bruk (A) samlet til venstre. Biokull og biorest blandet to dager før bruk er i midten og biokull og biorest blandet om lag en time før bruk (C) er til høyre i figuren. Hver A, B eller C gruppe er framstilt med mengde biokull i synkende ordning fra venstre til høyre.



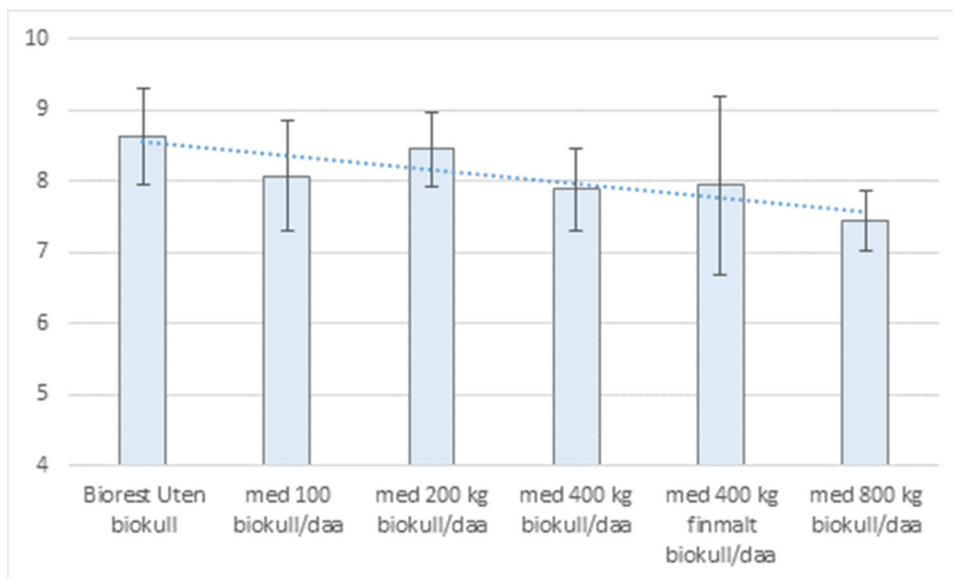
**Figur 8.** Avling av italiensk raigras (gram tørrstoff/potte) i forsøk i vekstrom. Gruppert etter lagringstid med lengste lagringstid til venstre i figuren, og deretter med synkende mengder biokull mot høyre for hver av lagringstidene. Se tekst for forklaring av koder.

Av neste figur (Figur 9) ser vi at 400 kg finsiktet biokull + 4 tonn biorest har signifikant lavere avling enn 400 kg vanlig ikke siktet biokull + 4 tonn biorest med tre måneders lagring før bruk. Men, 400 kg finsiktet biokull + 4 tonn biorest har signifikant høyere avling enn 400 kg vanlig ikke siktet biokull + 4 tonn biorest med to dagers lagring før bruk. Når biokullet og bioresten ble blandet en time før bruk ble det ingen signifikant forskjell mellom leddene med finsiktet og ikke siktet biokull. I denne figuren (Figur 9) har vi lagt inn standardavvikene for hvert ledd og gruppert etter samme mengde og bype biokull med minkende lagringstid. Det var signifikante forskjeller mellom behandlingene ( $P < 0.001$ ), og en to-faktor variansanalyse viste signifikante forskjeller både for faktor 1 som er lagringstid ( $P < 0,01$ ) og faktor 2 som er tilsatt biokull ( $P < 0.001$ ).



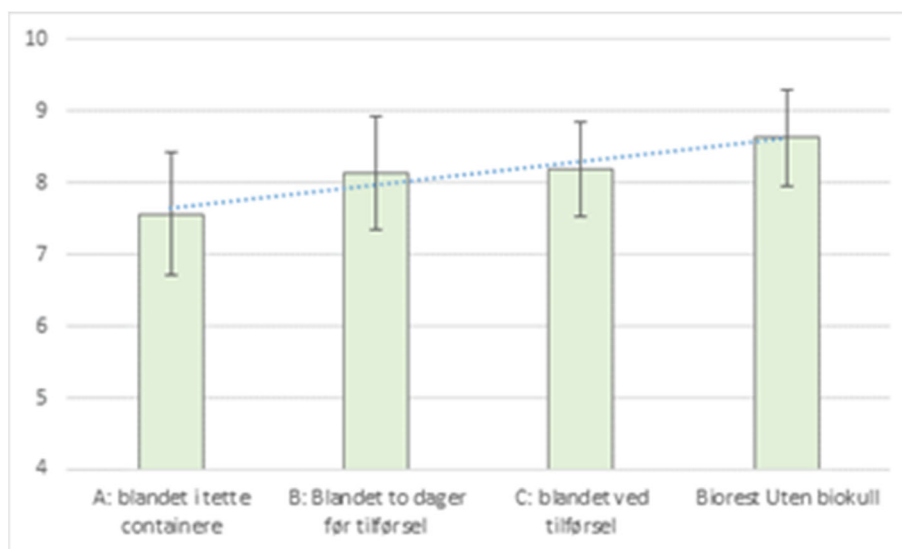
**Figur 9.** Avling av italiensk raigras (gram tørrstoff/potte) i forsøk i vekstroom. Gruppert etter mengde biokull med laveste mengder til venstre i figuren. Her er standardavvikene for hvert ledd markert, og leddene er gruppert for hver biokull mengde og eller type (finsiktet eller ikke). Se tekst for forklaring av koder.

Vi grupperte så resultatene etter økende mengder biokull. Det ga en tydelig trend (Figur 10). Fire tonn biorest uten biokull ga størst avling. Stigende mengder biokull ga deretter minkende avling.



**Figur 10.** Avling av italiensk raigras (gram tørrstoff/potte) gruppert etter mengde biokull med laveste mengder til venstre i figuren og hvor vi har tatt gjennomsnittstallene for de tre lagringstidene.

Vi grupperte til slutt resultatene også etter lengde på lagring. Her ble det også en klar trend (Figur 11). Biorest uten biokull ga høyest avling. Avlingene sank så med lengde på lagringstiden. Merk at Y-aksen starter på 4 gram.



**Figur 11.** Avling av italiensk raigras (gram tørrstoff/potte) gruppert etter lagringstid og hvor vi har tatt gjennomsnittstallene for alle behandlingene.

Når vi så disse resultatene kom det opp spørsmål om biokullet gir endring i pH som påvirker avlingsresultatene her i et vekstforsøket hvor det er små jordvolum. Vi tok da jordprøver fra fire av pottene i gjentak 1. pH-målingene viste høy pH i alle pottes, og pH-en

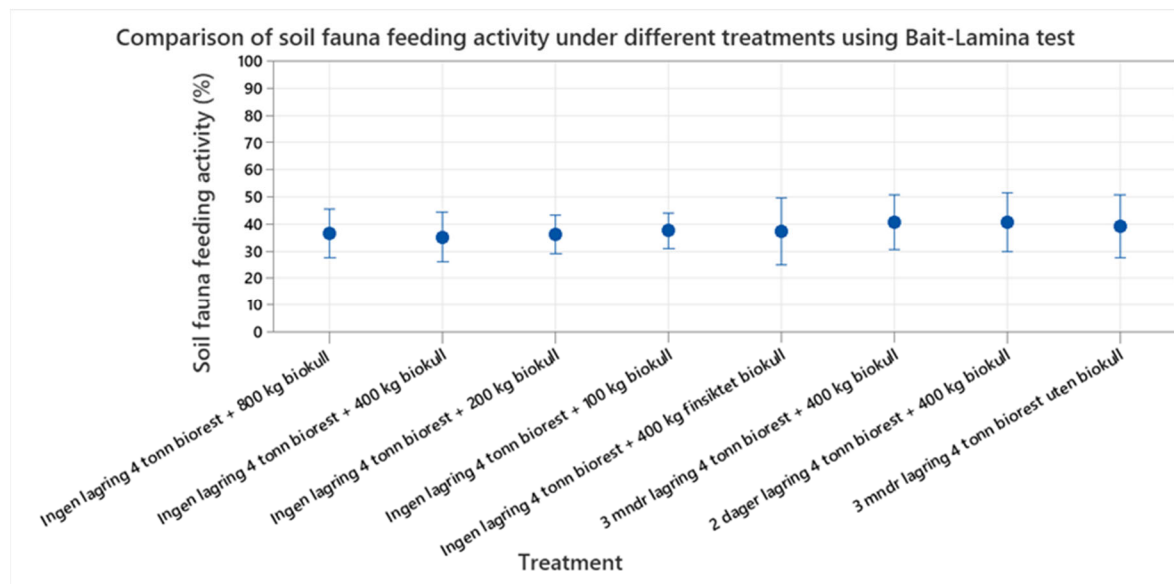
var ganske så lik i alle pottene (Tabell 1). Den høye pH-en i jorda kan forklares med at jorda på det aktuelle jordet har pH i på ca 7,0 og at bioresten har høy pH (7,9).

**Tabell 1.** Stikkprøver av pH målt den 8.12.21 på utvalgte ledd i potteforsøk.

Ledd	4 t Biorest uten biokull 90 dager lagring	4 t Biorest med 800 kg biokull 90 dager lagring	4 t Biorest med 100 kg biokull 90 dager lagring	4 t Biorest med 800 kg biokull 0 dager lagring
pH	7.49	7.46	7.54	7.55

### 3.4 Effekt på mikroliv i jord i potteforsøket

Bait Lamina stripsene sto i pottene i de utvalgte leddene i 7 uker før vi tok dem opp og registrerte beiteaktiviteten. Det var ingen overraskelse, men en god bekreftelse at beiteaktiviteten viste seg å være akkurat like god for alle de målte leddene (Figur 12). Av dette kan vi med litt forsiktighet si at forskjellige mengder biokull blandet med biorest og biorest alene trolig ikke har noen forskjellig påvirkning på mikrolivet i jord 7 til 17 uker etter gjødsling.



**Figur 12.** Effekt på mikroliv i jord i utvalgte ledd i potteforsøket. Effektmåling gjort med Bait Lamina strips som gir tallverdi for mikrolivets beiteaktivitet (feeding activity) for næringssubstrat.

### 3.5 Praktiske erfaringer med fullskala bruk

På bakgrunn av erfaringene fra lagringsforsøket og fullskala blanding og spredning av biokull hos Sverre Sjøgaard vil vi gi følgende råd.

Biokull kan fint blandes inn i biorest i en lagertank med god røre-/blande kapasitet. Ved innblanding av biokull med mengder over 5 prosent (på vekstbasis) vil det etter noen timer bli et flytelag av biokull på toppen av lagertanken. Hvis man blander inn mengder opp mot 20 prosent (på vektbasis) må man ta høyde for at flytelaget kan bli solid, og røreutstyret må kunne takle dette. Utstyr som klarer å røre opp et tett flytelag på bløtgjødsllager vil kunne klare å røre opp et flytelag av 15-20 prosent biokull. Særlig med knust biokull kan det bli bunnfelling i tanken etter noen dager. Dersom lagertanken har kontinuerlig røring vil biokullet holde seg godt oppløst. Pumping av biorest med biokull er problemfritt med alle typer pumper egnet for biorest eller bløt husdyrgjødsel.

Transport av oppblandet biorest og biokull er vil neppe gi skilling i tankvogn innen en time fra opplasting til spredning eller tømning. Ved lengre tids transport vil det bli behov for sirkulasjon/røring i tanken. Alle vanlige vogner for spredning av bløtgjødsel vil være godt egnet for spredning av biorest blandet med biokull. Naturlig nok forutsetter dette at biokullet som anvendes ikke har større enkeltpartikler enn at de kan passere gjennom det som er av slanger og fordelingskamre. Alt som er sagt her om biokull i biorest vil også gjelde for biokull i bløt husdyrgjødsel.

Spredning av biokull direkte på jordet gjøres både nøyaktig og effektivt med en moderne tørrgjødselspreder med justerbar bakluke. Med bakluken gir man en passe åpning for biokullet. I tillegg til å justere denne åpningen tilpasses mengde biokull pr dekar og spreddeffektivitet med hastighet på vognens hydrauliske bunnbelte, turtall på kraftuttaket og traktorens framdriftshastighet. Biokull som skal spres på denne måten må ha innblandet cirka 15 prosent vann. Tørt biokull bør ikke brukes til slik spredning fordi tørt biokull har mye lette partikler som holder seg lenge i lufta og kan tas av vind. Spredning av tørt biokull gir en voldsom svart sky bak sprederen, og er det medvind blir hele ekvipasjen borte i skyen.

## 4. Diskusjon

Under forsøksarbeidet så vi en trend med tydelig minkende ammoniakk i lufta over lagertanken med stigende mengde biokull blandet i bioresten (Fig. 6). Resultatene er usikre da det er utført få målinger, men resultatene er likevel såpass klare, at man kan tenkte seg en sammenheng. At biokull er velegent til flytedekke bekreftes av (Holly and Larson 2017) som konkluderer med at Biokull har et godt potensiale som flytedekke på bløtgjødsellager da det gir et tett lag som ikke lar seg bryte ned av biologiske prosesser, og biokullet gir ingen problemer for spredning. I et annet forsøk fra samme år fant (Holly and Larson 2017) at biokull gir lavere ammoniakktap fra bløtgjødsel, men ikke hvis alternativet til biokull flytelag er et vanlig tett flytelag, slik det normalt blir på bløtgjødsellager av storfegjødsel med påfyll fra bunnen av lageret.

Fetlforsøket vårt viste ingen effekt på avling i bygg av de 100, 200, 400 eller 800 kg biokull tilsatt 4 tonn biorest pr dekar, i forhold til 4 tonn biorest uten biokull. Dette er samme resultat som Adam O Toole fikk i sitt fireårige prosjekt ved NMBU (O'Toole, Moni m.fl., 2018): «Biokull økte ikke avlingene av bygg og havre i de fire vekstsesongene». O'Toole et al brukte 800 og 2500 kg biokull pr dekar, og sammenligningen ble gjort med ingen biomasse tilført og ubehandlet halm av samme type som biokullet var produsert av. Også kinesiske feltforsøk viser ingen avlingseffekt av biokull (Liang, 2014), men det fins andre forsøk som viser at avlingen øker med årene etter tilførsel av biokull (Major m.fl., 2010). Altså ingen avlingsøkning i år en, men en positiv langtidseffekt i år to, tre og fire. (Joseph, Cowie m.fl., 2021) har gjort en metastudie av de siste 20 år med forskning verden over på Biokull. De har følgende ambisiøse tittel på sin publikasjon: «How biochar works, and when it doesn't». Når det gjelder avling kom de fram til at biokull i tilpassede kvaliteter bidro til høyere avlinger dersom det var spesifikke begrensninger i jord eller i tilgang på næringsstoffer eller vann. De kom også fram til at biokull kan bidra til å øke pH og vanntilgang, og bedre jordstruktur, og derigjennom bedre forhold for rotutvikling og mikrolivet i jorda. De fant også at biokull kan bedre plantenes opptak av næringsstoffer, særlig fosfor. Det meste av dyrkajord i Norge har ikke det som Cowie et al (2021) betegner som spesifikke begrensninger, behov for pH-økning eller svak fosfortilgang. Det kan forklare at våre og O'Toole og Moni m. fl. (2018) ikke viste avlingsøkning av biokull.

I det fireårige prosjektet til O'Toole og Moni m.fl. (2018) målte de også jordstrukturparametre. Deres forsøk på gammel og god kulturjord type siltholdig leirjord på Ås, viste at biokull ga en mindre tett jord ved å redusere jordtettheten med 7 prosent. Denne forbedringen av jordtetthet stemmer overens med det en metaanalyse fra 2016. (Omondi, Xia m.fl., 2016). Men biokull ga ingen endringer i aggregatstabilitet, porestørrelse, respirasjon, hardhet eller mikrobiell biomasse i løpet av forsøksperioden på Ås.

I vårt feltforsøk hadde vi ikke mål om eller ressurser til å gjøre målinger av jordstrukturparametre, men forsøket er lagt slik at det kan gå videre i flere år og da vil det være mer aktuelt å gjøre slike målinger.

Diskusjonen ovenfor tyder på at biokull har potensialer for å bedre jordstruktur, men at det tar trolig mer enn fire år før slike effekter kan måles i god matjord i Norge. Det er mulig at

man kan finne positive effekter på jordstruktur av biokull tilført jord med lite organisk materiale som bakkeplanert leire eller sandjord.

Som tidligere nevnt er det potteforsøket i veksktrom som gir de viktigste resultatene fra lagringsforsøket, og da målt i avling av raigras pr potte 8 uker etter gjødsling og såing.

Potteforsøket viste at økende mengder biokull fra 100 kg til 800 kg biokull blandet i 4 tonn biorest, ga signifikant synkende avling.

Dette resultatet er annerledes enn det vi fikk i feltforsøket, hvor de samme mengdene biokull blandet i biorest ikke påvirket avling. Resultatet fra feltforsøket stemmer best overens med andre forsøk utført på vanlig dyrkajord.

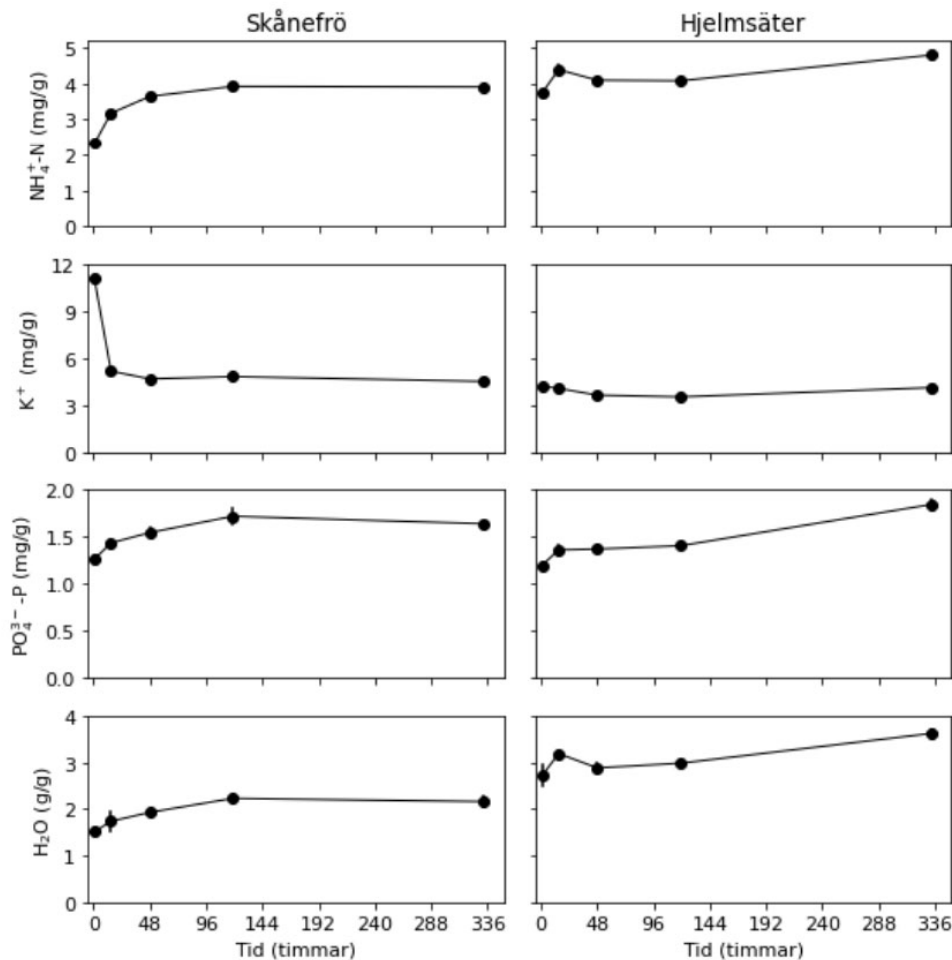
Blandingsforholdene mellom biokull og biorest, og mengdene pr dekar var altså det samme i både feltforsøket og i potteforsøket. De to trolig mest vesentlige forskjellene er 1: at potteforsøket har et betydelig mindre jordvolum i forhold til overflaten. (Gjødselmengde tilført til pottene er pr areal overflate) og 2: at biokullet til potteforsøket ble blandet fullstendig inn i bioresten kort eller lengre tid før innblanding i jord i pottene. I feltforsøket ble biokullet strødd på jorda og deretter ble bioresten hellet på jorda, før det hele ble skålharvet inn i jorda.

At det mindre jordvolumet i potteforsøket enn i feltforsøket vil påvirke avling - ja det er sannsynlig, men vi kan ikke finne noen forklaring på hvordan et mindre jordvolum kan gi synkende avling av økende mengde biokull.

Hva da med den fullstendige innblanding av biokull i biorest? Den svenske Oskar Modin er biträdande professor vid Chalmers tekniska högskola i Göteborg. Han har gjort noen meget interessante forsøk og analyser av biokull sin effekt på ammonium, kalium og fosfor oppløst i vann, og denne næringsløsningens påvirkning på biokull. Resultatene er publisert i rapporten Laddning av biokol: adsorption av ammonium, kalium, och fosfat. (Modin 2021) Konsentrasjonene av ammonium, kalium og fosfor tilsvarer det som er i vannløsningen av gjennomsnittlig svinegjødel i Sverige. Biokull inneholder i utgangspunktet ikke noe nitrogen, og da heller ikke ammonium.

Modin brukte to typer biokull i sine forsøk: Skånefrø-typen har pellets av planterester fra korn og frø som råstoff. Hjelmsäter-typen har treflis av gran som råstoff. Figur 13 nedenfor viser mengde ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) kalium ( $\text{K}^+$ ), fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) og vann ( $\text{H}_2\text{O}$ ) som biokullet inneholdt ved forskjellige tider etter sammenblanding. De to øverste diagrammene viser bindingen av ammonium i biokullet. Mengdene adsorbent N, K og P i biokullet ble målt 0,6, 15, 48, 119, og 333 timer etter at biokullet ble blandet i næringsløsningen. Vi ser at særlig for treflis så var det allerede i første målingen 0,6 timer etter blandingen adsorbent nesten 4 mg ammonium pr gram biokull. Etter 0,6 timer skjedde det bare en liten økning i adsorbent ammonium fram mot 333 timer etter blandingen av biokull fra treflis i næringsoppløsning.

For biokullet laget av pellets av planterester fra korn og frø gikk adsorbsjonen litt saktere. Etter 0,6 timer sammenblanding hadde dette biokullet adsorbent snaue 2,5 mg ammonium pr gram biokull. Deretter økte adsorbsjonen jevnt og ganske raskt opp til 4 mg/g etter 119 timer. Fram mot 333 timer økte ikke adsorbsjonen av ammonium til biokullet laget av planterester fra korn og frø



**Figur 13:** Mengde ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) kalium (K<sup>+</sup>), fosfat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) og vann (H<sub>2</sub>O) bundet til biokull av pellets av planterester fra korn og frø (Skånefrø) til venstre, og treflis av gran (Hjelmsäter) til høyre (Kilde Modin, 2021).

Forsøket viser omtrent det samme bildet for adsorpsjon fosfor og vann som adsorpsjon ammonium. Det går raskt for begge typene biokull. For kalium (K<sup>+</sup>) derimot ser diagrammet særlig for Skånefrø-biokullet, litt merkelig ut. Her synker mengden kalium i biokullet etter hvert som det er i næringsløsningen. Årsaken til dette er at dette biokullet i utgangspunktet hadde et høyt innhold av kalium. Når så dette biokullet ble blandet inn i en næringsløsning med relativt sett en mindre mengde kalium, da gikk det kalium fra biokullet og ut i næringsløsningen. Hjelmsäter-biokullet fra trevirke hadde et lavere innhold av kalium og adsorberte dermed bare litt K.

Modin (2021) sine forsøk viser at biokull blandet i næringsløsning kan adsorbere/ta til seg både molekyler og ioner fra næringsløsning eller gjødsel dersom det er mye av en type molekyler eller ioner i væsken som det er lite av i biokullet. Hvis det er mer av et ion i biokullet enn i væsken kan biokullet slippe fra seg slike ioner.

I Adam O'Toole (2018) sitt fireårige feltforsøk ble biokull spredd på rutene i september året før første forsøksår. Etter spredning på forsøksrutene ble biokullet blandet inn i jorda med 23 cm dyp pløying. Gjødsling med kunstgjødsel ble gjort på jord overflaten rett før såing i



mai måned. På denne måten ble det liten direkte kontakt mellom biokullet og vannløst N, P og K.

I feltforsøket vårt på Blæstad ble biokullet også drysset jevnt på forsøksrutene. Deretter ble bioresten helt på i striper med vannkanner. Dermed var det relativt lite kontakt mellom biokull og biorest før det ble blandet inn i et betydelig jordvolum med skålharv. Det betyr at også her var det lite direkte kontakt mellom biokull og N, P og K, eller andre plantenæringsstoffer i bioresten. En ukes tid etter gjødsling og såing spirte byggfrøene og fra da var kornplantene med sine søkende røtter trolig langt mer effektive til å hente plantenæring fra bioresten enn det biokullpartiklene kan være.

I potteforsøket ble det også signifikant lavere avling av 90 dagers lagring av biokull innblandet i biorest enn ingen lagringstid før bruk. Det var liten forskjell mellom avlingen av blandingen biokull+biorest to dager før bruk i forhold til samme blandinger gjort rett før gjødsling og såing i pottene. Men, størst avling ga biorest uten innblandet biokull. Dette resultatet kan også langt på vei forklares med biokullets adsorpsjon av ammonium i bioresten, i tråd med forsøkene til Modin (2021).

Et annet resultat som skiller seg ut i potteforsøket er finsiktet biokull blandet med biorest. Det ser her ut til at lagring av denne biokullblandingen i 90 dager gir en betydelig avlingsreduksjon. Det finsiktede biokullet var siktet gjennom lysåpninger på 0,5 mm x 0,25 mm, og hadde partikkelstørrelser som var mindre enn 60 prosent av partiklene i det biokullet som ble brukt i de andre leddene med biokull. Arealet av overflaten på biokull er omvendt proporsjonal med partikkelstørrelsen; jo mindre partikler, jo større overflate pr gram biokull. Dermed også større adsorberende overflater på det finsiktede biokullet, og med det større potensiale til å adsorbere ammonium fra bioresten under lagring.

På bakgrunn av dette mener vi det er nødvendig å gjøre feltforsøk hvor avlingseffekt av biokull og flytende gjødsel tilføres jord uten å være direkte blandet sammen, sammenlignes med biokull blandet sammen med flytende gjødsel i kort eller lengre tid før tilførsel til jord.

## 5. Konklusjon og anbefalning

- 4 tonn biorest og 100, 200, 400 og 800 kg biokull pr dekar tilført uten sammenblanding, gir samme avling som biorest uten biokull, i fullskala korndyrking på vanlig god kornjord i Norge.
- I våre forsøk målte vi ikke karbonbinding i jord eller andre effekter på jordstruktur. Andre forsøk i Norge og internasjonalt tyder på at biokull kan gi økt karbonbinding i jord og positive effekter på jordstruktur og vannhusholdning i vanlig god dyrkajord i Norge etter noen år med tilførsel av biokull.
- 4 tonn biorest blandet sammen med 100, 200, 400 og 800 kg biokull pr dekar ga synkende avling med stigende mengder biokull i pottforsøket.
- Blanding av biokull og biorest samme dag som såing ga bedre avling enn to dagers lagring før såing, som igjen ga høyere avling enn tre måneders lagring før såing, men biorest uten biokull ga høyest avling i vårt pottforsøk.
- Trolig er det ikke gunstig å blande biokull sammen med flytende gjødsel før spredning på jorden. Dette fordi biokull kan adsorbere/binde en del av plantenæringsstoffene i den flytende gjødsel som plantene dermed ikke får tilgang til.
- Biokull reduserer trolig gasstap av ammoniakk fra biorest under lagring. Trolig er det flytelaget av biokull som gjør det største bidraget til redusert gasstap. Det betyr at i bløtgjødsel med naturlig flytelag vil neppe biokull gi noen ekstra reduksjon av gasstapet.
- Finsiktet biokull (små partikler) blandet i biorest og lagret sammen i 3 måneder ga redusert avling i forhold til ikke siktet biokull blandet inn i biorest som også var lagret i 3 måneder før bruk i vårt pottforsøk.
- 7 kg lettløselig nitrogen pr dekar (4 tonn) i biorest ga like god avling i bygg som 7-9 kg lettløselig nitrogen i mineralgjødsel i vårt feltforsøk.
- Hvis ønskelig kan biokull lett blandes inn i flytende gjødsel i en lagertank med god røre-/blandekapasitet.
- Spredning av biokull gjøres enklest med en god tørrgjødselvogn med hydraulisk bakluke. Biokullprodusenten må blande inn 15 % vann i biokull som skal spres på denne måten.

## 6. Kilder

Eikås S, Sørensen G, Glestad HM, Saltnes T (2018) Forsøk med fosforgjenvinning i struvittreaktor ved Hias RA i 2017. *Vann* (Nr 3-2018): 271–81.

Holly MA, Larson R A (2017) Effects of manure storage additives on manure composition and greenhouse gas and ammonia emissions. *Transactions of the ASABE* 60(2): 449-456.

Joseph S, et al (2021) How biochar works, and when it doesn't: A review of mechanisms controlling soil and plant responses to biochar. *GCB Bioenergy* 13(11): 1731-1764.

Liang F, et al. (2014) Crop yield and soil properties in the first 3 years after biochar application to a calcareous soil. *Journal of Integrative Agriculture* 13.3 (2014): 525-532.

Major J, et al. (2010) Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. *Plant and soil* 333.1-2 (2010): 117-128.

Modin, O. (2021). Kolsänksrätter med biokol. Laddning av biokol: adsorption av ammonium, kalium, och fosfat

O'Toole A, Moni C, Weldon S, Schols A, Carnol M, Bosman B, Rasse DP (2018) Miscanthus Biochar had Limited Effects on Soil Physical Properties, Microbial Biomass, and Grain Yield in a Four-Year Field Experiment in Norway. *Agriculture* 8(11):171.

Omondi MO, et al. (2016) Quantification of biochar effects on soil hydrological properties using meta-analysis of literature data. *Geoderma* 274: 28-34.

Törne, E. v. (1990). "Assessing feeding activities of soil-living animals. I. Bait-lamina-tests." *Pedobiologia* 34(2): 89-101.

## Vedlegg 1: Analyseresultat av biorest anvendt i forsøkene



Norsk Landbruksrådgiving Innlandet  
Attn: Franz Anders Bakken  
Høyvangvegen 40  
Blæstad  
2322 RIDABU

**Eurofins Agro Testing Norway AS**  
Møllebakken 40  
NO-1538 Moss  
Tlf: +47 92 23 99 99  
jord@eurofins.no

**AR-21-NF-004807-01**



**EUNOMO4-00047652**

Analyseperiode: 26.05.2021-04.06.2021  
Referanse:

Prøvenr.:	<b>542-2021-05260015</b>	Prøvetakingsdato :	20.05.2021		
Prøvetype:	Flytende gjødsel	Mottaksdato:	26.05.2021		
Prøvemerkning:	Biorest NLR Mai	Rapporteringsdato:	04.06.2021		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a)* Torrstoff	2.8	%	0.1		SFS-EN 13040:2008
a) Total nitrogen (mod. Kjeldahl)	3.9	kg/tonn	0.1	0.77	SFS-EN 13342:2000, SFS-EN 13654-1:2002
* Ammonium-N	1.76	kg/tonn			Kjeldahl
a) Fosfor (P)	0.27	kg/tonn		0.07	SFS-EN 13650:2002
a) Kalium (K)	1.2	kg/tonn		0.30	SFS-EN 13650:2002
a) Svovel (S)	0.16	kg/tonn			SFS-EN 13650:2002
a) pH	7.9				SFS-EN 13037:2011
a)* Volumvekt	1000	kg/m <sup>3</sup>	100		Internal Method

### Utførende laboratorium/ Underleverander:

- a)\* Eurofins Viljauuspalvelu (Mikkeli), PL 500, FI-50101, Mikkeli
- a) Eurofins Viljauuspalvelu (Mikkeli), PL 500, FI-50101, Mikkeli SFS EN ISO/IEC 17025:2017 FINAS T096,

**Moss 04.06.2021**

-----  
Martin Opsanger

Laborant



## Varedeklarasjon

### ∞310 Agro

Overflateareal (BET)	> 400 m <sup>2</sup> /g
Karboninnhold	> 90 %
Bulkdensitet < 3 mm	~ 190 kg/m <sup>3</sup>
Vanninnhold	~ 15 - 20 %
Aske (tørrvekt)	~ 3,1 %
HCl-uløselig aske	~ 0,66 g/100g
PAH	~ 5,5 mg/kg
pH	~ 8,2
Salt	~ 4,5 g/kg
Totalt fosforinnhold (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	~ 2,1 % (w/w)
Kalium (K)	~ 3,7 g/kg
Magnesium (MgO)	~ 4,5 % (w/w)
Nitrogen (N)	~ 5 g/kg
Tungmetaller	
Bly (Pb)	0,057 mg/kg
Kadmium (Cd)	<0,002 mg/kg
Kobber (Cu)	8 mg/kg
Nikkel (Ni)	2 mg/kg
Kvikksølv (Hg)	0,0023 mg/kg
Sink (Zn)	34 mg/kg
Krom (Cr)	2 mg/kg
Arsenikk (As)	0,049 mg/kg
Pyrolysetemperatur	~ 650 °C
Råstoff	PEFC sertifisert gran

Honnevegen 60, 2836 Biri · Telefon: +47 98 00 05 00 · [post@oplandske.no](mailto:post@oplandske.no)  
Org.nr. 989503804 · [www.oplandske.no](http://www.oplandske.no)

Fil: 2021-06-14 Varedeklarasjon Agro

Vedlegg 3:



# Korngradering

Materialet tilregnes bruk etter standard: Ikke deklart									
Testet i henhold til	NS-EN 933-1	Forekomst	Ikke deklart tilslag						
Identifikasjon av prøven	<b>Biokull - normalstørrelse</b>	Operatør							
Dato mottatt/uttatt	09.06.2021	Dato utført	09.06.2021						
Lab pr. nr.	7339	Lastrada pr. nr.	1						
Produktliste	Oplandske Bioenergi AS	Uttak i							
Prosjekt		Kunde							
Merknad									
Prøveuttak									
Metode (angi) <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Vasking og sikting</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Tørsikting</td> </tr> </table>						<input type="checkbox"/>	Vasking og sikting	<input checked="" type="checkbox"/>	Tørsikting
<input type="checkbox"/>	Vasking og sikting								
<input checked="" type="checkbox"/>	Tørsikting								
Total tørr masse $M_1 =$	188,0								
Tørr masse etter vasking $M_2 =$			Overstørrelse:						
Tørr masse av Finstoff fjernet ved vasking $M_1 - M_2 =$			Understørrelse:						
Vanninnhold (%) NS 1097-5 =	12,5								
188,0			<b>Gjennomgang</b>						
Sikteåpning (mm)	På sikt, akumulert (g)	Prosentandel (%)	Akumulert Prosentandel (%)	Min (%)	Max (%)				
90									
63									
56									
45									
31,5									
22,4									
16									
11,2			100						
8	0,8		100						
5,6	4,2	2	98						
4	12,3	5	93						
2	43,1	16	77						
1	87,3	24	53						
0,5	118,8	17	36						
0,25	136,5	9	27						
0,125	161,6	13	14						
0,063	181,5	11,1	2,9						
< 0,063	5,5	2,9							
Sum	187,0	100,0	0,5	< 1% Prosentats materiale tap					
Pukk 0/120									



På oppdrag for prosjekt «Utvikling av ny regional gjødsel»», gjennomførte Institutt for jordbruksfag ved Høgskolen i Innlandet et feltforsøk, et lagringsforsøk og et potteforsøk for å finne avlingseffekter av kombinasjonen av biokull og biorest.

Biokullet har flis av tørrgran som råstoff, og er produsert av Oplandske Bioenergi. Bioresten er produsert av det interkommunale renovasjonsselskapet GLØR på Lillehammer. Feltforsøket ble anlagt, driftet og høstet av NLR Innlandet. Feltforsøket viste at tilførsel av 100 til 800 kg biokull pr dekar uten direkte sammenblanding med 4 tonn biorest pr dekar, ikke påvirket avling i bygg hverken positivt eller negativt.

Lagringsforsøket viste at biokull reduserer ammoniakktapet fra biorest. Denne effekten skyldes trolig flytelaget som biokullet kan danne når det er tilstrekkelige mengder i forhold til gjødselbeholderens størrelse. Lagrings- og potteforsøket viste at direkte sammenblanding før tilførsel til jord av de samme mengdeforholdene av biokull og biorest som i feltforsøket, ga synkende avling med stigende mengder biokull. Tre måneders lagringstid av disse blandingene ga lavere avling enn kort lagring. 3 måneders lagringstid med finsiktet biokull ga enda lavere avling enn vanlig biokull. Best avling i potteforsøket ga biorest uten innblandet biokull. Forklaringen på dette er sannsynligvis biokullets evne til å adsorbere plantenæringsstoffer fra flytende gjødsel.

Før det er gjort feltforsøk med sammenligning av biokull og flytende gjødsel tilført jord uten sammenblanding, med biokull blandet i flytende gjødsel før tilførsel til jord, vil vi ikke anbefale å blande biokull i flytende gjødsel før tilførsel til jord.