



FORSØK MED BOKULL, BIOMASSE OG BIOREST 2022-2024

Gjødsleffekter, tungmetall og PFAS

Thomas Cottis, Svein Ø. Solberg

Utgivelsessted: Elverum

© Forfatterne/Universitetet i Innlandet, 2025

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 Universitetets syn.

I Universitetet i Innlandets oppdragsrapportserie publiseres både internt og eksternt finansierte FoU-arbeider.

Forsidebilde: Thomas Julseth Brown

Universitetet i Innlandet - Oppdragsrapport nr. 2/2025

ISSN: 2704-2685

ISBN digital utgave: 978-82-8380-525-3

Forord

Institutt for jordbruksfag ved Universitetet i Innlandet, har bidratt inn i prosjekt *Regionale gjødselressurser 2*, som har pågått i perioden 2022-2024. Prosjektet er en videreføring av et forprosjekt som gikk i 2021, og er finansiert av Innlandet fylkeskommune, Landbruksselskapet Hedmark, og med egeninnsats fra Mjøsanlegget Biogass AS, Hias IKS, Universitetet i Innlandet (INN), og OBIO AS. Sistnevnte er prosjekteier. Universitetslektor Thomas Cottis har også sittet i prosjektets styringsgruppe.

Vi takker for samarbeidet med alle de involverte parter.

Thomas Cottis

Blæstad 30/1 2025

Sammendrag

På oppdrag fra Prosjekt *Innlandsgjødsel 2* har Institutt for jordbruksfag ved Universitetet i Innlandet planlagt og behandlet 7 feltforsøk og 1 vekstformforsøk. Gjennom forsøkene skulle vi finne gjødselverdien for Biorest fra Mjøsanlegget AS, Biomasse fra HIAS IKS, og begge i kombinasjon med Biokull fra Oplandske Bioenergi. For Biomasse og Biokull skulle vi også finne effekten på tungmetaller og PFAS av forskjellige mengder Biomasse og Biokull. Norsk landbruksrådgivning anla, driftet og høstet alle feltforsøkene. Vekstformforsøket ble utført av INN.

Våre viktigste funn var at 4 tonn Biorest ga like god, eller litt bedre gjødseleffekt i bygg og havre, enn mineralgjødsel 18-3-15 med like mye eller 2 kg mer lettløselig nitrogen. Analyser viste at 4 tonn Biorest inneholdt ca 12-16 kg tungt plantetilgjengelig N (N-total). En betydelig del av dette nitrogenet ser ut til å bli tilgjengelig for plantene gjennom vekstsesongen.

Biokull ga ikke avlingsøkning i et treårig feltforsøk med bygg på typisk morenejord på Hedemarken, men Feltforsøkene på sandjord kan tolkes til at Biokull ga en tendens til avlingsøkning i havre og bygg. Innblanding og lagring av Biokull i Biorest gir lavere avling i bygg enn spredning av Biorest og Biokull hver for seg før nedmolding og såing.

3 tonn Biomasse fra Hias inneholder cirka 4,8 kg ammonium-N, og hele 52 kg Total-N. Vi fikk gode indikasjoner på at 3 tonn Biomasse pr dekar er god gjødselmengde til bygg på morenejord på Hedemarken, før feltet ble skadet av legde. For å fastsette nitrogenverdien av Biomassen fra Hias anbefaler vi at det blir kjørt et eller flere nye feltforsøk av samme type som vårt.

6 tonn Biomasse fra Hias ga mer av de fleste tungmetaller i avlingene enn det 3 tonn Biomasse gjorde.

Fastgjødselspreder med stående valser og hydraulisk bakluke kan gi meget effektiv og jevn spredning av Biokull, og de fleste gjødseltankvogner med fanespreder kan gi effektiv og jevn spredning av biorest eller bløtgjødsel iblandet Biokull.

Emneord: Avling, tungmetaller, Biokull, Biorest, Biomasse.

Finansiert av Innlandet fylkeskommune og Landbruks-selskapet Hedmark.

Abstract

On behalf of Project *Regionale gjødselressurser 2*, the Department of Agriculture at the Inland University in Norway (INN) has planned and processed 7 field trials and 1 growth chamber trial. Through the trials, we were to find the fertilizer value of Digestate from food waste produced in Mjøsanlegget AS, Biomass from HIAS IKS, and both in combination with Biochar from Oplandske Bioenergi. For Biomass and Biochar, we were also to find the effect on heavy metals and PFAS of different amounts of Biomass and Biochar. Norwegian Agricultural Advice set up, operated and harvested all the field trials. The growth chamber trial was carried out by INN.

Our most important findings were that 4 tons of Digestate from food waste gave an equally good, or slightly better, fertilizer effect in barley and oats than mineral fertilizer 18-3-15 with the same amount or 2 kg more easily plant available nitrogen. Analyses showed that 4 tons of Digestate contained approximately 12-16 kg of heavily plant-available N (N-total). A significant portion of this nitrogen appears to be available to the plants throughout the growing season.

Biochar did not increase yields in a three-year field trial with barley on silt and sandy light clay soil in Hedemarken, but the field trials on sandy soil can be interpreted as indicating that Biochar tended to increase yields in oats and barley. Mixing and storing Biochar in Digestate gives lower yields in barley than spreading Digestate and Biochar separately before mulching and sowing.

3 tons of Biomass from Hias contains approximately 4.8 kg of ammonium-N, and as much as 52 kg of Total-N. We received good indications that 3 tons of Biomass per hectare is a good amount of fertilizer for barley on the mentioned soil at Hedemarken, before the field was damaged by flat tilting over due to long periods of rain. To determine the nitrogen value of the Biomass from Hias, we recommend that one or more new field trials of the same type as ours should be conducted.

6 tons of Biomass from Hias gave more heavy metals in the crops than 3 tons of Biomass did.

Solid fertilizer spreaders with standing rollers and hydraulic tailgate can provide very efficient and even spreading of Biochar, and most fertilizer tankers with fan spreaders can provide efficient and even spreading of Digestate or liquid manure mixed with Biochar.

Keywords: Crop, Heavy metals, Biochar, Bioresidue, Biomass.

Funded by Innlandet County Municipality and Landbruksselskapet Hedmark.

Innholdsfortegnelse

1.	Innledning	8
2.	Materiale og metoder.....	9
2.1	Feltforsøkene.....	9
2.2	Vekststofforsøk	11
2.3	Biokullet vi brukte	12
2.4	Bioresten vi brukte	12
2.5	Biomassen vi brukte	13
3.	Effekter av Biorest fra Mjøsanlegget og Biokull fra Obio	15
3.1	Feltforsøk over 3 år på morenejord (felt nr 5)	15
3.2	Feltforsøk på sandjord (felt nr. 2,3 og 4).....	16
3.3	Andres forsøk med Biorest fra Mjøsanlegget.....	18
3.4	Drøfting av effekt på avling av Biorest fra Mjøsanlegget.....	19
3.5	Drøfting av effekt på avling av Biokull fra Obio.....	19
4.	Effekter av Biomasse fra HIAS og Biokull fra Obio.....	20
4.1	Resultater avling vekststofforsøk (vekststofforsøk nr 1).....	20
4.2	Resultater tungmetaller vekststofforsøk (vekststofforsøk nr 1)	20
4.3	Resultater avling feltforsøk med biomasse og biokull (felt nr 6)	22
4.4	Resultater PFAS og tungmetaller i korn fra feltforsøket	22
4.4.1	Kadmium (Cd)	23
4.4.2	Sink	24
4.4.3	Kobber	24
4.4.4	Nikkel	25
5.	Gjødseffekt av Biorest og Biokull med ulik tid for blanding (felt nr 1)	27
6.	Biokull i forhold til Biokull i fermentblanding fra Urban natur (felt nr 7).....	28
7.	Praktisk bruk av biokull på dyrka jord.....	29
8.	Konklusjoner	33
	Litteraturliste.....	34

1. Innledning

Prosjekt Regionale gjødselressurser 2 hadde som mål å utvikle komplette gjødselprodukter basert på organiske biprodukter i Innlandet. De viktigste ressursene er nitrogenrik biorest fra biogassproduksjon på Mjøsanlegget AS, et fosforredusert slamprodukt fra Hias IKS, og biokull fra Obio i Ringsaker. Ved å kombinere disse ressursene ønsker bedriftene å kunne tilby produkter som gir økte avlinger eller opprettholder avlingsnivå med mindre bruk av mineralgjødsel, og samtidig bidrar til å redusere klimabelastningen fra landbruk.

Prosjektet hadde seks arbeidspakker. INN har hatt ansvar for arbeidspakke 1 og 2, samt bidratt inn i to andre arbeidspakker.

Arbeidspakke 1 hadde som mål å finne gjødseleffekten av Biorest fra Mjøsanlegget i kombinasjon med forskjellige mengder Biokull fra Obio.

Arbeidspakke 2 hadde mål om å finne gjødseleffekt av Biomasse fra Hias IKS kombinert med Biokull fra Obio, samt effekt av Biokull fra Obio på tungmetaller og PFAS i avling etter gjødsling med Biomasse fra Hias IKS.

INN ved Institutt for jordbruksfag har hatt ansvar for planlegging, administrasjon, statistiske beregninger og rapportering av forsøkene, i tråd med vedtak i prosjektets Styringsgruppe. Norsk Landbruksrådgivning har stått for den praktiske gjennomføringen av feltforsøkene. Forsøkene i vekstom har Institutt for jordbruksfag utført.

Det har ikke vært en del av oppdraget å gjøre litteraturstudie for å drøfte våre funn opp mot annen litteratur og rapporter.

2. Materiale og metoder

2.1 Feltforsøkene

I prosjektet er det gjennomført syv feltforsøk:

1. Ettårig felt med Biorest og Biokull med forskjellig tid for blanding før gjødsling på morenejord i Hamar/Blæstad, i 2022
2. Ettårig felt med Biorest og Biokull på sandjord i Elverum i 2023
3. Ettårig felt med Biorest og Biokull på sandjord i Elverum i 2024
4. Ettårig felt med Biorest og Biokull på sandjord i Heradsbygda i 2024
5. Treårig felt med Biorest og Biokull på morenejord i Hamar/Blæstad 2021-2023
6. Ettårig felt med Biomasse og Biokull på morenejord i Hamar/Blæstad 2024
7. Ettårig felt med Biokull med og uten blanding med gjødsel og ferment, på morenejord i Hamar/Blæstad 2024

Alle feltforsøkene er planlagt av INN. NLR Innlandet har anlagt, gjort registreringer og høstet feltforsøkene.

Forsøksplan felt nr. 1

Felt nr. 1 hadde gjødselruter på 2,5*8 meter og høsterutene var 1,5*6,5 meter. Det var tre gjentak i feltet. Det ble dyrket bygg i feltet. Forsøket hadde følgende ledd:

1. 4 uker lagring av 4 tonn biorest og 400 kg biokull pr dekar
2. 2 uker lagring av 4 tonn biorest og 400 kg biokull pr dekar
3. 1 døgn lagring av 4 tonn biorest og 400 kg biokull pr dekar
4. Direkte spredd 4 tonn biorest og 400 kg biokull pr dekar
5. 4 tonn biorest

Biokull ble blandet inn i Biorest og med sementrører på drill i egne beholdere av plast. Etter omrøring satte vi på tette lokk på beholderne. Blandingene av biokull og biorest ble spredd manuelt fra bølter. Den direkte spredningen av biokull og biorest ble gjort ved at biokullet ble spredd fra bølter, og bioresten spredd med vannkanner i striper med ca. 20 cm avstand. Etter gjødsling ble hele feltene harvet med skålharv for innblanding av all gjødsel i jorda.

Forsøksplan felt nr. 2 til 5

Felt nr. 2, 3, 4 og 5 hadde alle de same leddene, og det var full randomisering av leddene i alle gjentak og mellom feltene. Gjødselrutene var 3,0 * 8 meter og høsterutene var 1,5*6,5 meter. Det var tre gjentak i alle felt. Det ble sådd bygg i alle felt, unntatt i felt nr. 4 hvor det ble sådd havre. Forsøkene hadde følgende 8 ledd:

1. Mineralgjødsel 18-3-15: Like mye N pr dekar som 4 tonn biorest
2. Mineralgjødsel 18-3-15: 2 kg mer N pr dekar enn 4 tonn biorest
3. Mineralgjødsel 18-3-15: 2 kg mindre N pr dekar enn 4 tonn biorest
4. 4 tonn biorest uten biokull
5. 4 tonn biorest med 800 kg biokull pr dekar
6. 4 tonn biorest med 400 kg biokull pr dekar
7. 4 tonn biorest med 200 kg biokull pr dekar
8. 4 tonn biorest med 100 kg biokull pr dekar

Spredningen av biokull og biorest ble gjort ved at biokullet ble veid opp og spredd fra bøtter, og bioresten veid opp og spredd med vannkanner i striper med ca. 20 cm avstand. Mineralgjødning av typen Fullgjødning 18-3-15 (Yara, Norge) ble veid opp og spredd manuelt fra bøtter. Etter gjødning ble feltene harvet med skålharv for innblanding av all gjødning i jorda. Det treårige feltet på Blæstad (5) ble gjødslet med de samme typene og mengdene av Biorest og Biokull i alle de tre årene.

Forsøksplan felt nr. 6

Felt nr. 6 hadde gjødselruter på 2,5 * 8 meter og høsterutene var 1,5*6,5 meter. Det var tre gjentak i feltet. Det ble sådd bygg i feltet. Forsøkene hadde følgende 11 ledd:

1. Null-ledd uten BM og BK
2. Null ledd med 800 kg/daa BK
3. 0,5 tonn ts/daa BM
4. 0,5 tonn ts/daa BM + 800 kg/daa BK
5. 0,75 tonn ts/daa BM
6. 0,75 tonn ts/daa BM + 800 kg/daa BK
7. 1,0 tonn ts/daa BM
8. 1,0 tonn ts/daa BM + 800 kg/daa BK
9. 5 kg N/daa i 18-3-15 mineralgjødning
10. 8 kg N/daa i 18-3-15 mineralgjødning
11. 11 kg N/daa i 18-3-15 mineralgjødning

Spredningen av biokull og biomasse ble gjort på samme måte som beskrevet for de andre forsøkene ved at biokullet ble spredd fra bøtter, og biomassen spredd så jevnt som mulig fra bøtter. Mineralgjødning 18-3-15 ble også spredd manuelt fra bøtter. Etter gjødning ble hele feltene harvet med skålharv for innblanding av all gjødning i jorda. Bildene under viser NLR i aksjon med anlegging av dette feltet (bilde 1 og 2).



Bilde 1 viser spredning av Biokull i forsøksfelt nr. 6



Bilde 2 viser håndtering og oppveining av Biomassen fra Hias IKS til felt nr. 6

Forsøksplan felt nr. 7

Felt nr. 7 hadde gjødselruter på 2,5 * 8 meter og høsterutene var 1,5*6,5 meter. Det var tre gjentak i feltet. Det ble sådd bygg i feltet. Forsøkene hadde følgende 3 ledd:

1. Biokull: 800 kg pr dekar = **14 kg pr rute**
2. Biokull i ferment og annet: 3200 kg pr dekar = **56 kg pr rute**
3. Nullrute

Biokull blandet i ferment og annet var en tyktflytende masse som ble spredd manuelt fra bølter. Biokull uten ferment ble spredd fra bølter på vanlig måte. Etter gjødsling ble hele feltene harvet med skålharv for innblanding av all gjødsel i jorda. Deretter ble hele feltet gjødslet med 11 kg N per dekar i mineralgjødsel og sådd med bygg.

Det var ønskelig om produsenten av Biokull i ferment (Urban Natur) hadde dokumentasjon for innhold av nitrogen, fosfor, kalium og andre plantenæringsstoffer i blandingen, men Urban Natur har foreløpig ikke fått analysert for slikt innhold av plantenæringsstoffer.

2.2 Vekstforsøk

Det er gjennomført ett forsøk i vekstforsøk:

1. Vekstforsøk med Biomasse og Biokull med forskjellig innblanding av vann, og blandingsintensitet.

Vekstforsøket er planlagt, anlagt, driftet og høstet av INN. Vekstforsøket er på Blæstad.

Forsøket ble kjørt etter samme tekniske prosedyrer som beskrevet i Cottis et al. (2022). Jorda til forsøket var morenejord hentet fra vestre del av Løten. Pottene har en overflate på 13*13 cm. Mengden tilført Biomasse og Biokull ble omregnet fra anbefalte mengder pr dekar til jordoverflate i pottene. I noen av leddene ble Biomasse og Biokull først blandet med vann, og mengden vann var henholdsvis 100, 40 og 20 prosent av mengde Biomasse.

Forsøket hadde tre gjentak og forsøksleddene med beskrivelse av detaljer er gjengitt i tabell 1.

Tabell 1 viser leddbeskrivelsene og mengde biomasse, biokull, vanntilsetning og blandingsintensitet for leddene i vekstforsøket. BM = Biomasse fra Hias. BK = Biokull fra Obio.

Ledd nr	Ledd	Biomasse	Biokull	vann tilsatt	Type blanding
1	3 t Bm+400kg Bk/daa	50,7	6,76		Stavmiks
2	3 t Bm+400kg Bk/daa	50,7	6,76		Blandes
3	3 t Bm+400kg Bk/daa+0,6 t vann	50,7	6,76	10,1	stavmiks tilsatt 10,1 gram vann
4	3 t Bm+400kg Bk/daa+1,2 t vann	50,7	6,76	20,2	stavmiks tilsatt 20,2 gram vann
5	3 t Bm+400kg Bk/daa+3 t vann	50,7	6,76	50,7	stavmiks tilsatt 50,7 gram vann
6	6 t Bm+200kg Bk/daa	101,4	3,38		Blandes
7	6 t Bm+200kg Bk/daa	101,4	3,38		Stavmiks
8	6 t Bm+400kg Bk/daa	101,4	6,76		Blandes
9	6 t Bm+400kg Bk/daa	101,4	6,76		Stavmiks

Målet med forsøket var å måle avling av raigras, men vel så viktig å måle effekter av biokull på mengde tungmetaller i avlingene. Etter vurdering av litteratur kom vi til at mengde vann og blandingsintensitet kan ha påvirkning på hvor mye tungmetaller biokullet kan trekke til seg. De to blandingsintensitetene ble utført med enten røring med skje (ledd Blandes) eller vi kjørte stavmikser (ledd Stavmiks).

2.3 Biokullet vi brukte

I alle forsøkene er det brukt biokull produsert av bedriften Obio i Ringsaker. Produsenten oppgir at dette er ubehandlet høytemperaturs biokull fra tørrgran. I denne rapporten er det denne typen biokull som vi benevner som «Biokull». Dette er viktig fordi det er mange typer biokull, og biokull kan behandles på mange måter, både i og etter selve pyrolyseringsprosessen. Biokull av andre typer råstoff og med andre behandlinger kan gi andre resultater og effekter enn det vi har funnet.

2.4 Bioresten vi brukte

Bioresten vi brukte er levert av Mjøsanlegget i Lillehammer. Produsenten oppgir at råstoffet inn i biogassproduksjonen i hovedsak er matavfall, og dette stammer fra 246 000 innbyggere i kommunene rundt anlegget. Mjøsanlegget orienterte har det siste året gått over til å benevne Biorest som Biogjødsel. Det ville imidlertid bli uforholdsmessig mye arbeid å bytte ut ordet Biorest med Biogjødsel i alle diagrammer og tabeller som er laget for denne rapporten. Derfor har vi her brukt Biorest for det som Mjøsanlegget nå kaller Biogjødsel.

Vi tok analyser for innhold av plantenæringsstoffer av den bioresten som vi brukte i forsøkene, og baserte forsøksplanene på analyseverdiene, hvor mengde nitrogen var avgjørende. Nedenfor har vi analysen for den Bioresten som vi brukte i forsøkene i 2022 (Tabell 2). Den viser at Biorest fra Mjøsanlegget har 1,66 kg ammonium-N og 3 kg total-N pr tonn. Vi vurderte mengde ammonium-N som plantetilgjengelig og når vi laget nitrogenstigen i mineralgjødsel så var det mengde ammonium-

N i fire tonn Biorest som de tre leddene med mineralgjødning skulle ha like mye, 2 kg N/dekar mer eller 2 kg N/dekar mindre enn. Innholdet av nitrogen i Bioresten varierte litt mellom år. Derfor tok vi ut nye analyser hvert år for beregning av mineralgjødning-leddene.

Tabell 2. Analyseverdiene for Tørrstoff %, Total-N, NH₄-N, og Fosfor med mer, i Bioresten fra Mjøsanlegget i april 2022.



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-22-NF-004435-01



EUNOMO4-00056626

Analyseperiode: 07.04.2022-29.04.2022
Referanse:

Prøvenr.:	542-2022-04070054	Prøvetakingsdato :	6/4 2022		
Prøvetype:	Flytende gjødning Liquid manure	Mottaksdato:	07.04.2022		
Prøvemerking:	BIO REST	Rapporteringsdato:	29.04.2022		
Dyreslag:	BIO REST				
Analyse	Resultat	Enhhet	LOQ	MU	Metode
i)* Tørrstoff	1.3	%	0.1		SFS-EN 13040: 2008
i) Total nitrogen (mod. Kjeldahl)	3.0	kg/tonn	0.1	0.61	SFS-EN 13342:2000, SFS-EN 13654-1:2002
Ammonium-Nitrogen (NH ₄ -N)	1.66	kg/tonn			Kjeldahl
i) Fosfor (P)	0.09	kg/tonn		0.02	SFS-EN 13650:2002
i) Kalium (K)	1.0	kg/tonn		0.26	SFS-EN 13650:2002
i) Svovel (S)	0.07	kg/tonn			SFS-EN 13650:2002
i) pH	8.8				SFS-EN 13037:2011
i)* Volumvekt	980	kg/m ³	10		Internal Method

Bioresten fra Mjøsanlegget har 1,3 prosent tørrstoff og er en tyntflytende brun bløtgjødsel. Innholdet av Total-N og Ammonium-N er ca. 10 prosent høyere enn i bløtgjødsel fra melkeku til tross for at tørrstoffinnholdet i bløtgjødsel fra melkeku er mer enn fire ganger så høyt (6%) ifølge Nibio sin Gjødslingshåndbok.

2.5 Biomassen vi brukte

Biomassen vi brukte i forsøkene kom fra den interkommunale renovasjonsbedriften Hias sitt kloakkrensingsanlegg i Hamar. Anlegget deres bruker en stor grad av biologiske prosesser, og tar ut mye fosfor med en egen maskin som tar ut fosfor som struvitt.

Vi har fått tre analyseprøver for innhold av plantenæringsstoffer og tungmetaller fra Hias (Tabell 3). Prøvene var fra juni, oktober og november i 2024 og i tabellen nedenfor har vi listet opp de viktigste verdiene for nitrogen og fosfor.

Tabell 3 viser enkeltverdier og gjennomsnittlige analyseverdiene av Biomasse fra Hias fra tre måneder i 2024, for Total-N, NO₃+NO₂-N, NH₄-N, og Fosfor i kg pr tonn tørrstoff og i kg pr tonn vare.

	Uke 24 i kg/tonn ts	Uke 40 i kg/tonn ts	Uke 45 i kg/tonn ts	Gjennomsnitt i kg/tonn ts	Gjennomsnitt i kg/tonn vare
NH ₄ -N	5,3	5,1	4,1	4,8	1,5
NO ₃ +NO ₂ -N	<0,006	<0,007	<0,008	<0,007	<0,002
Fosfor	27	24	24	25	7,5
Total-N	56	51	50	52,3	16,3

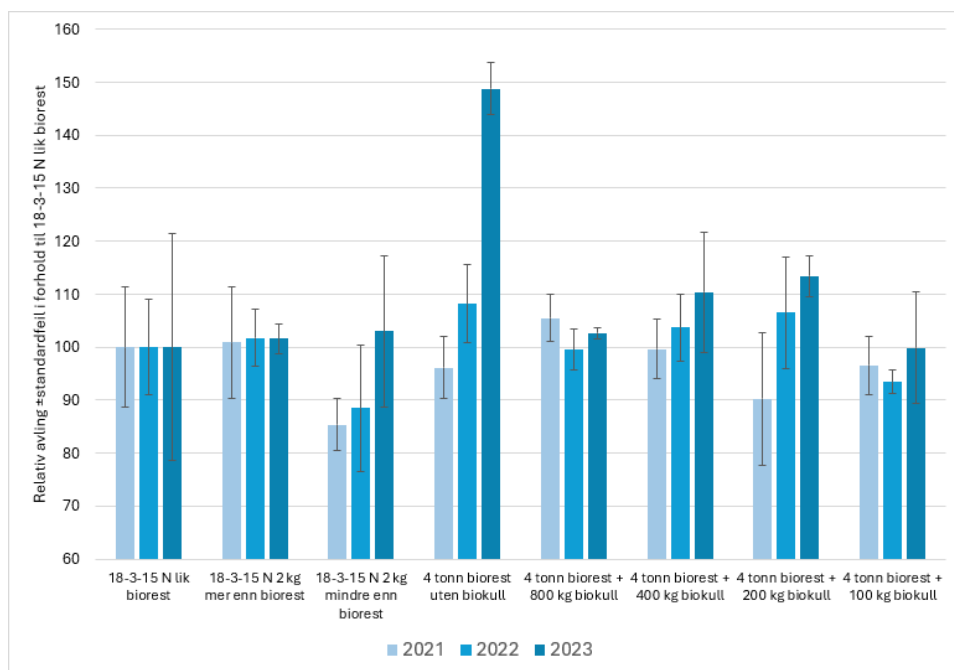
Biomassen fra Hias har ca. 30 % tørrstoff, og er en halvfast svart gjødsel. Innholdet av Total-N er på cirka 16 kg pr tonn vare. Det er nesten like mye som i hønsegjødsel (18,8), selv om hønsegjødsel har mer tørrstoff (50 %). Innholdet av NH₄-N er relativt lagt med 1,5 kg/tonn vare. Hønsegjødsel har 7,2 kg NH₄-N pr tonn vare. Innholdet av fosfor er høyt i Biomassen fra Hias, hele 7,5 kg/tonn vare, og det er på samme nivå som hønsegjødsel som har 8,1 kg fosfor/tonn. Tallverdiene for hønsegjødsel er hentet fra Nibio Gjødslingshåndbok. Innholdet av NO₃+NO₂-N er så lite at vi kan se bort ifra dette.

3. Effekter av Biorest fra Mjøsanlegget og Biokull fra Obio

Forsøkene med Biorest var i kombinasjon med Biokull. Kommentarer om effektene av biokull kommer i kapittel 4.

3.1 Feltforsøk over 3 år på morenejord (felt nr 5)

Dette var et treårig felt på Institutt for jordbruksfag sin eiendom Blæstad i Hamar kommune. Det var planlagt å gjøre registreringer av effekter på jord og jordliv av tre år med de forskjellige gjødslingene, i 2024. Dette var dessverre ikke mulig da NLR ikke hadde nøyaktig stedsangivelse for feltet med fastmerker slik det var avtalt. Arealet ble pløyd høst 2023 og dermed var det ikke mulig å finne igjen feltet og gjødselrutene i 2024.



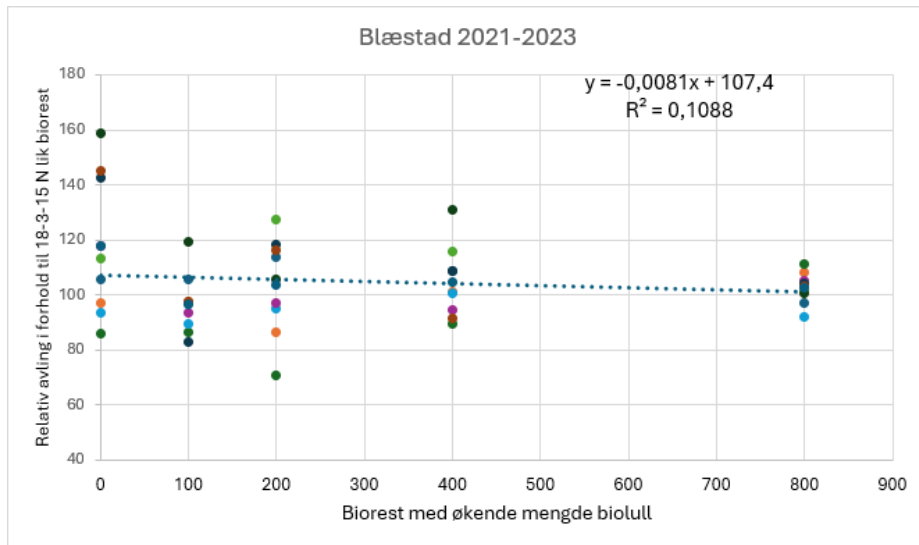
Figur 1 viser avlingsresultatene satt opp som relativ avling i forhold til samme mengde Nitrogen i mineralgjødsel 18-3-15, av tre år forsøk på samme areal på Blæstad gård utenfor Hamar.

Men avlingseffektene målt i tre år er greie. I figur 1 har vi lagt inn avlingene relative til samme mengde nitrogen i fullgjødsel 18-3-15 som i 4 tonn Biorest. Standardfeilene er vist for hver søyle for avling. Selv om avlingen av leddet med 4 tonn biorest uten Biokull var signifikant høyere enn de andre leddene i 2023, så mener vi det ikke er riktig å legge stor vekt på denne, da det er vanskelig å forklare hvorfor akkurat dette leddet skulle gi så mye høyere avling enn de andre dette ene året.

Hvis vi så ser på gjødsleffekten til Biorest fra Mjøsanlegget, så ser vi at denne i hovedsak ga vel så god avling som mineralgjødsel-leddene med like mye N som i 4 tonn biomasse, og med 2 kg mer N pr dekar.

Av figur 1 ser vi at økende mengder Biokull ikke ga noen tydelig effekt på avling. Vi kjørte da en regresjonsanalyse og fant en regresjonslinje som viser en svakt synkende avling av stigende mengder biokull fra 100 til 800 kg biokull pr dekar (Figur 2). Men, det er altså viktig å merke seg at

regresjonslinjen ikke er signifikant og korrelasjonskoeffisienten R^2 er lav, noe som indikerer en liten eller ingen sammenheng mellom mengde biokull og avling.

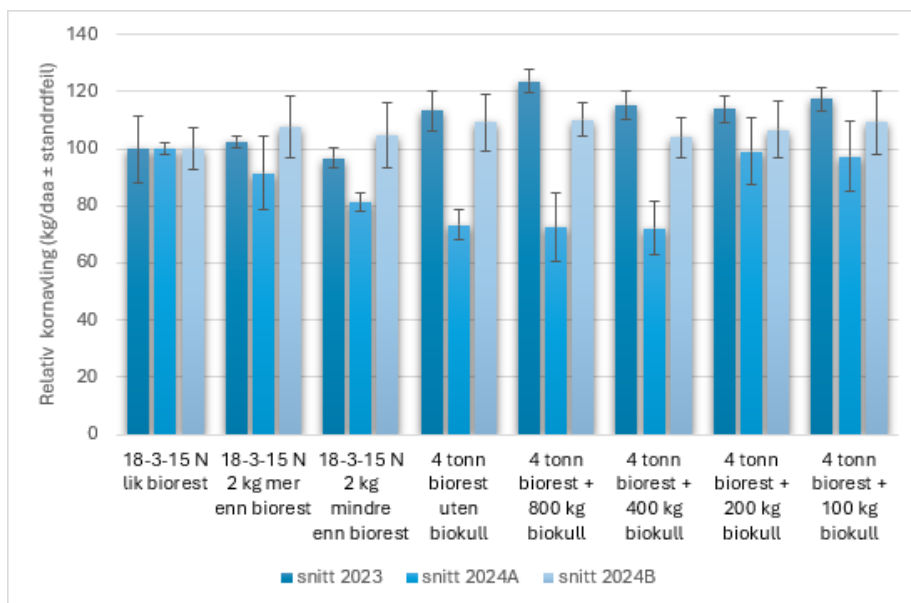


Figur 2 viser avlingseffekten av stigende mengder biokull i feltforsøkene på Blæstad

3.2 Feltforsøk på sandjord (felt nr. 2,3 og 4)

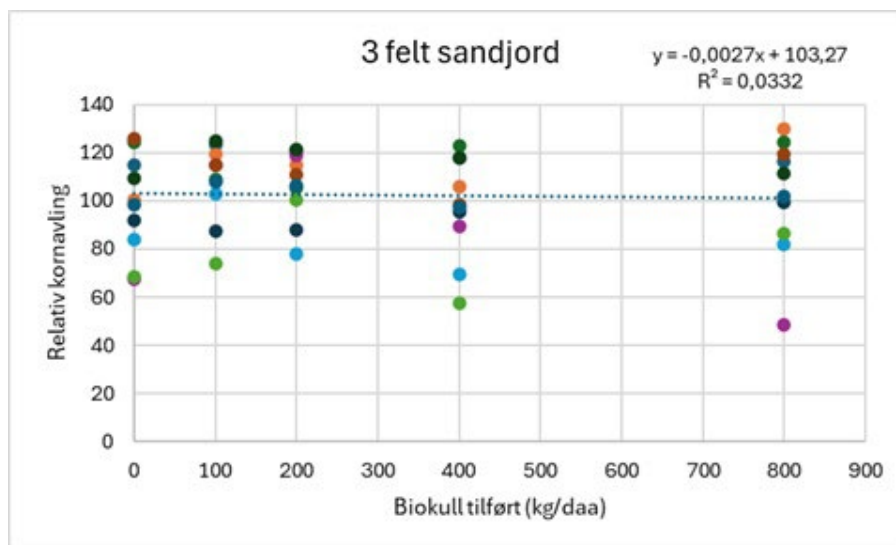
Søylene i figur 3 viser avlingene for hvert av leddene fordelt på ett felt i 2023 og to felt i 2024 (A og B). Alle på sandjord. Forsøksdesign og leddene er likt som i Blæstadfeltet som lå på morenejord (felt nr. 1).

Det var en del regn høsten 2024. Feltet 2024 A fikk derfor endel legde og aksknekk som førte til lavere avlinger, særlig i de rutene som vi kunne forvente størst avling (se bilde 1 nedenfor). Dette tatt i betraktning, så viste resultatene at det var en klar tendens til at Bioresten gir bedre avling enn mineralgjødsel-leddene med like mye og 2 kg mer N pr dekar, enn mengden lettløselig N pr dekar i Bioresten, her på sandjord.



Figur 3 viser de relative avlingene (100 = avling oppnådd i leddet med mineralgjødning 18-5-15). Resultater fra de tre feltene på sandjord i Elverum, ett felt i 2023 og to felt i 2024 (A og B)

Vi fant ingen sammenheng mellom mengde tilført biokull og kornavling på de tre feltene ($P = 0.769$, $R^2 = 0.03$)(Figur 3B).



Figur 3 B. Sammenhengen mellom mengde tilført biokull og relativ kornavling (100 = avling oppnådd i leddet med mineralgjødning 18-3-15) for de tre feltene på sandjord (ett felt i 2023 og to felt i 2024).



Bilde 3 viser feltforsøket i bygg på sandjord i 2024 (2024 A). Feltet bærer tydelig preg av aksnekk og delvis legde.

3.3 Andres forsøk med Biorest fra Mjøsanlegget

Rådgiver Franz Andreas Bakken i Norsk Landbruksrådgivning har i de fem årene 2017-2021 kjørt feltforsøk med Biorest fra Mjøsanlegget (Bakken, 2022). Resultatene er summert opp i tabell 4.

Tabell 4. Gjennomsnittlige avlinger for andre forsøk utført i perioden 2017-2021 av Franz Andreas Bakken fra NLR (Bakken, 2022).

Gjødsling	Snitt av avling for fire felt, 2017-2021 (kg/daa)
Ugjødslet	209
4 tonn biorest	387
4 tonn biorest + Opti NS	490
4 tonn biorest + Sulfan	490
8 kg N i Fullgjødsel 22-3-10	418
12 kg N i Fullgjødsel 22-3-10	487

Feltene til Bakken var planlagt ut ifra erfaring om at det er 2 kg ammonium-N pr tonn Biorest. Analysene viste imidlertid at det var 1,76 kg NH₄-N pr tonn. Leddet med 4 tonn biorest hadde dermed 7,04 kg lettløselig N pr dekar, og ga 31 kg korn mindre pr dekar enn 8 kg N i Fullgjødsel 22-3-10.

4 tonn Biorest supplert med Opti-NS eller Sulfan hadde bare 10,4 kg lettløselig N pr dekar. Allikevel var avlingen like god som fra 12 kg N i Fullgjødsel 22-3-10. Bakken rapporterte ikke på signifikans i forsøkene.

3.4 Drøfting av effekt på avling av Biorest fra Mjøsanlegget

I kapittel 1.4 har vi vist analysebevis for Biorest fra april 2022. Her var det 3,0 kg Total-nitrogen og 1,66 kg ammonium-N. Det er ikke nitrat-N i bioresten. I alle forsøkene våre, og i feltene til Bakken (2023), har Bioresten gitt bedre avling enn det man normalt vil forvente ut ifra mengde ammonium-N. Selv med rask nedmolding vil en betydelig del av ammonium i organisk gjødsel tapes som ammoniakk (Bechmann et al., 2023). Dette tyder på at plantene i løpet av vekstsesongen får tilgang til endel av det nitrogenet som i utgangspunktet måles til å være i den tungløselige delen av nitrogeninnholdet. I kapittel 1.4 har vi vist analysebevis for Biorest fra april 2022.

3.5 Drøfting av effekt på avling av Biokull fra Obio

Det er mange internasjonale studier som konkluderer med at Biokull gir økte avlinger. Shahla H. Bai og hans team publiserte i 2022 en meta-analyse som sammenfattet resultatene av 57 studier (Bai et.al., 2022). Resultatene viste at biokull i gjennomsnitt økte avlingene med 25,3 prosent, og de fant best effekt av Biokull på meget sur jord ($\text{pH} \leq 5,0$). De konkluderte også med at Biokull pluss mineralgjødsel ga ytterligere 10 prosent avlingsøkning. For norske forhold har det foreløpig ikke vært forsøk eller studier som har vist avlingseffekt av betydning av Biokull, i Norge og Norden, men man har funnet noen positive effekter på jordkvalitet (O'Toole et al., 2022).

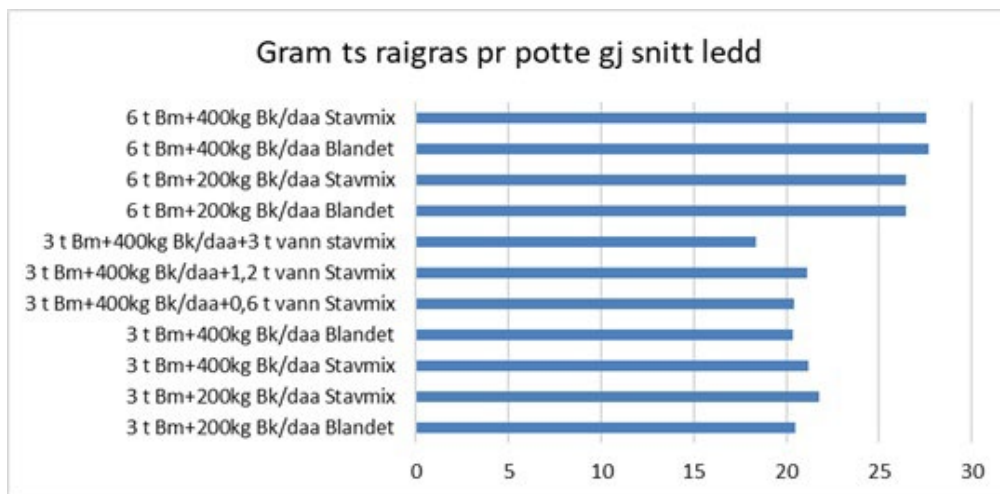
Oppsummert, så viste det treårige feltforsøket vårt på morenejord ingen effekt på avling av stigende mengder Biokull fra 0 via 100 til 800 kg biokull pr dekar og år. De tre ettårige feltene på sandjord kan derimot tolkes til at Biokull muligens kan gi en positiv effekt i korn på slik jord på Østlandet.

4. Effekter av Biomasse fra HIAS og Biokull fra Obio

4.1 Resultater avling vekstromforsøk (vekstromforsøk nr 1)

Dette var et orienterende forsøk. Resultatene viser at 6 tonn biomasse pr dekar ga høyere avling av raigras enn 3 tonn biomasse i forsøket, der raigras ble dyrket i pottes under kontrollerte forhold i vekstrom i 8 uker før høsting. (Figur 4).

Forsøket viste videre at en dobling av mengden Biokull fra 200 til 400 kg Biokull pr dekar ga både litt positiv og litt negativ effekt på avlingen av raigras. Blandingsintensiteten av Biokull og Biomasse ga ikke noe utslag på avling. Det gjorde heller ikke forskjellig mengde vann blandet inn i Biokull og Biomasse.

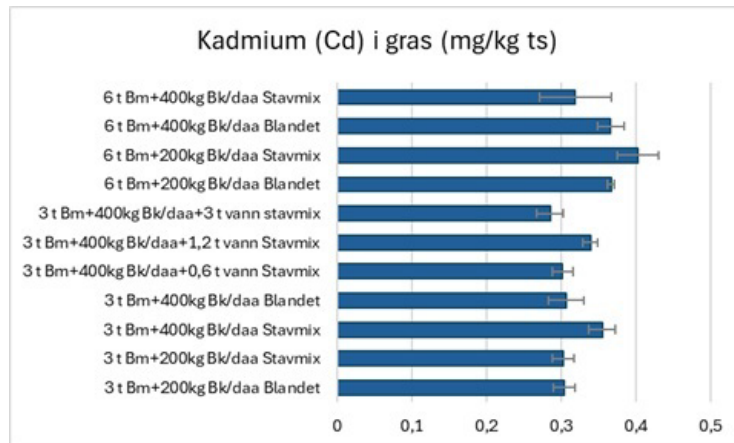


Figur 4. Avlingsresultatene (i gram TS av raigras per potte) i vekstromforsøket med forskjellige mengder Biomasse og Biokull samt vanntilsetning og blandingsintensitet for leddene. De to lyseblå søylene viser to kontroll-ledd som ble kjørt med bare et gjentak og det etter at resten av forsøket var høstet.

4.2 Resultater tungmetaller vekstromforsøk (vekstromforsøk nr 1)

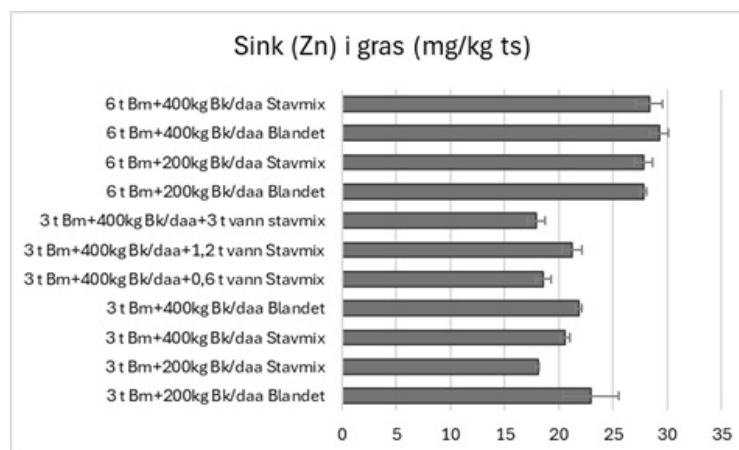
Vekstromforsøket var et orienterende forsøk, og da en forløper for å gi oss erfaringer til å lage feltforsøk med de samme problemstillingene i kommende vekstsesong (2024).

I samråd med Hias analyserte vi grasprøvene fra vekstromforsøket for Cadmium, Zink, Nikkel, Kobber, Bly, Kvikksølv og Krom. Resultatene viste at 6 tonn Biomasse per dekar jevnt over ga tendens til noe høyere mengder av tungmetaller enn 3 tonn Biomasse pr dekar, men det var forskjeller mellom de enkelte tungmetall og forskjellen mellom 6 og 3 tonn Biomasse var fra null til 20 prosent. For Hias så er det Kadmium (Cd) og Zink (Zn) som gir utfordringer. Derfor presenterer vi her bare diagramresultatene for disse to tungmetallene.



Figur 5 viser mengder av kadmium (Cd) pr kg tørr avling av raigras i vekstromforsøket

I gjennomsnitt ga 3 tonn Biomasse pr dekar 0.32 mg kadmium pr kg tørrstoff i graset. Dette var for alle leddene med 3 tonn Biomasse, uavhengig av hvordan biomasse og biokull ble blandet. For 6 tonn Biomasse pr dekar var det tilsvarende tallet 0.053 mg kadmium pr kg tørrstoff i graset. Forskjellen var signifikant ($P = 0.0165$, t-test). Det ble ikke funnet noen forskjell mellom 200 og 400 kg tilsatt Biokull pr dekar på mengde Cd i grasavlingene ($P = 0.75$, parvis t-test). Det var heller ingen effekt av om blandingen ble gjort med stavmikser eller bare rørt inn manuelt ($P = 0.67$, parvis t-test).

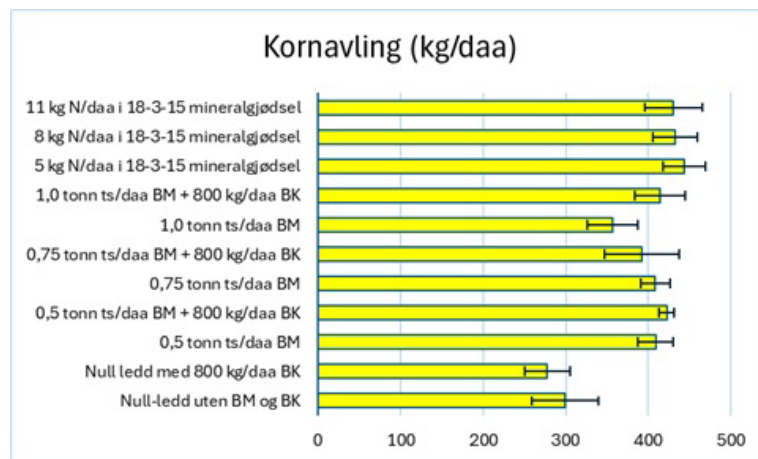


Figur 6 viser mengder av Zink pr kg tørr avling av raigras i vekstromforsøket

For sink viser resultatene at 3 tonn Biomasse pr dekar i gjennomsnitt ga 20.2 mg Zn pr kg tørrstoff i graset. For 6 tonn Biomasse pr dekar ble det funnet 28.3 mg Zn pr kg tørrstoff i graset. Forskjellen var klart signifikant ($P < 0.001$, t-test). Selv om det ble funne noe lavere verdier av sink der det ble tilsatt 400 kg Biokull pr dekar (25.0 mg pr kg tørrstoff) sammenlignet med 200 kg Biokull pr dekar (24.2 mg pr kg tørrstoff), så var forskjellene ikke statistisk sikker ($P = 0.35$, parvis t-test). Derimot var det en viss effekt av om blandingen Biomasse + Biokull ble rørt sammen med stavmikser eller blandet manuelt ($P = 0.067$, parvis t-test). Lavest sinkverdier ble oppnådd ved bruk av stavmikser.

4.3 Resultater avling feltforsøk med biomasse og biokull (felt nr 6)

Dette feltet ble skadet av legde allerede i juli. Mye regn og svak åker rundt feltet ga tidligst og verst legde i de leddene som normalt ville gitt størst avling. Derfor må resultatene tolkes deretter. Ingen biomasse, 0,5 tonn tørrstoff i Biomasse og 0,75 tonn tørrstoff i Biomasse fikk alle lavere avling ved kombinasjon med Biokull (Figur 7). 1 tonn tørrstoff i Biomasse er 3 tonn vare. I 1 tonn tørrstoff av Biomasse er det som vist i kapittel 1.5, 4,8 kg lettløselig N i form av NH₄, og det er hele 52 kg Total-N. Vi observerte at rutene med ledd 7, 10 og 11 var de som fikk den flateste legden og har dermed trolig mistet betydelig med korn før treskingen av feltet. For leddene med null, 0,5 og 0,75 tonn tørrstoff av Biomasse har 800 kg Biokull pr dekar ført til lavere avlinger. For ledd 7 med 1,0 tonn tørrstoff av Biomasse ble avlingene lavere enn ledd 5 med 0,75 kg tørrstoff av Biomasse pr dekar, men når 1 tonn tørrstoff av Biomasse ble kombinert med 800 kg Biokull pr dekar (ledd 8) – da økte avlingen. En aktuell forklaring på dette er at Biokull ved lav til moderat gjødsling med Biomasse ga redusert avling, og at denne avlingsreduserende effekten var positiv i ledd 8 med 1 tonn tørrstoff Biomasse fordi biokullet bidro til å begrense avlingsskaden av legde.



Figur 7 viser byggavlingene i kg pr dekar (15 % vann) av forsøksleddene med forskjellige mengder mineralgjødsel, Biokull (BK) og Biomasse (BM).

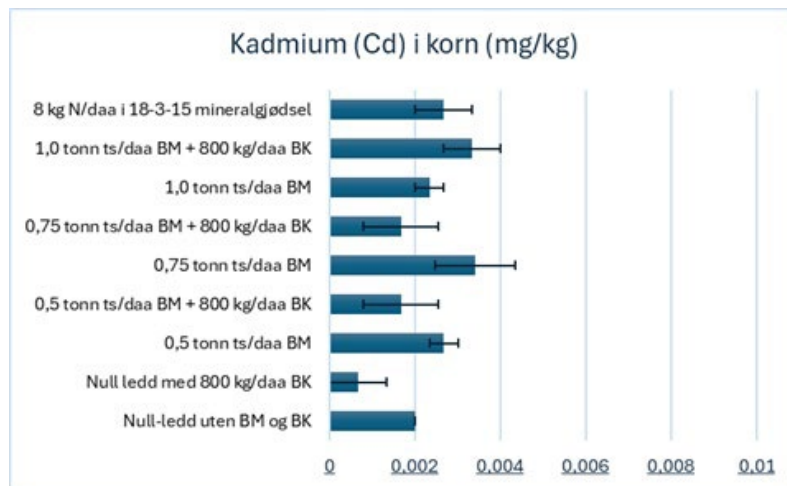
I et normalår skulle ledd 9, 10 og 11 med henholdsvis 5, 8 og 11 kg N pr dekar i mineralgjødsel 18-3-15 gitt stigende avling, men i 2024 i dette feltet så ga 8 og 11 kg N/dekar i mineralgjødsel lavere avling enn 5 kg N pr dekar i mineralgjødsel. Forklaringen på dette må her også være legdeskade for 8 og 11 kg N pr dekar. Dermed så mistet vi den planlagte muligheten med å kunne måle nitrogeneffekten av Biomasse med den «nitrogenstigen» som vi hadde her med 5, 8 og 11 kg N/dekar i mineralgjødsel.

4.4 Resultater PFAS og tungmetaller i korn fra feltforsøket

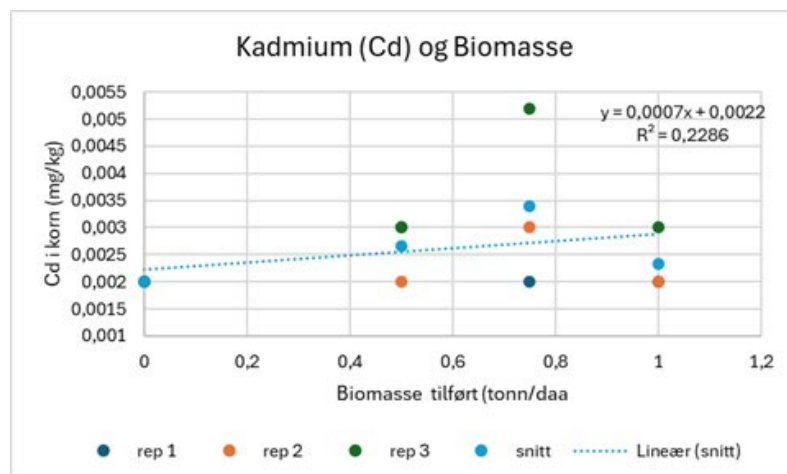
Det var ikke målbare mengder av PFAS, Bly (Pb), Kvikksølv (Hg) og krom (Cr) i byggavlingen, altså er det svært lite av disse stoffene i byggavlingen uavhengig av ledd/behandling. Analyseresultatene for de nevnte stoffene er derfor ikke gjengitt. Derimot var det målbare mengder av Kadmium, Sink, Kobber og Nikkel, og analyseresultatene er gjengitt nedenfor.

4.4.1 Kadmium (Cd)

Resultatene for de ulike leddene er gjengitt i figur 8 med gjennomsnitt og standardfeil. Regresjonsanalysen viste en svak økning med mengde Biomasse, men sammenhengen var ikke statistisk sikker ($p = 0.39$, $R^2 = 0.22$). Resultatene fra de statistiske analysene viste videre at 800 kg biokull pr dekar i gjennomsnitt ga 0,0081 mg Cd pr kg korn mens ingen tilførsel av biokull ga 0.0026 mg Cd pr kg korn. Det var en tendens til at forskjellene var signifikante ($p = 0.12$, parvis t-test). Men, vi merker oss at resultatene var sprikende. For 0,5 og 0,75 tonn ts/daa i Biomasse ga 800 kg Biokull lavere innhold av kadmium, men for 1 tonn ts/daa i Biomasse ga 800 kg Biokull en tydelig økning.



Figur 8A. Leddvise gjennomsnitt av analyseresultatene for Kadmium i mg pr kg korn

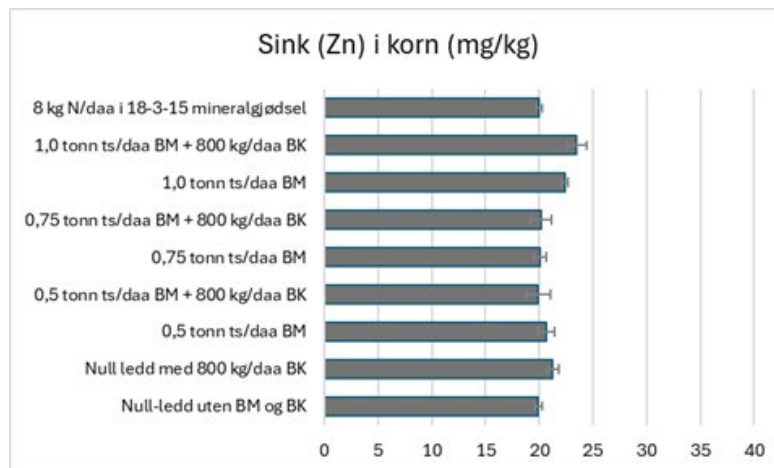


Figur 8B. Regresjonsanalyse for kadmium (i mg pr kg korn) i forhold til tilført mengde biomasse (her kun tatt med ledd uten biokull)

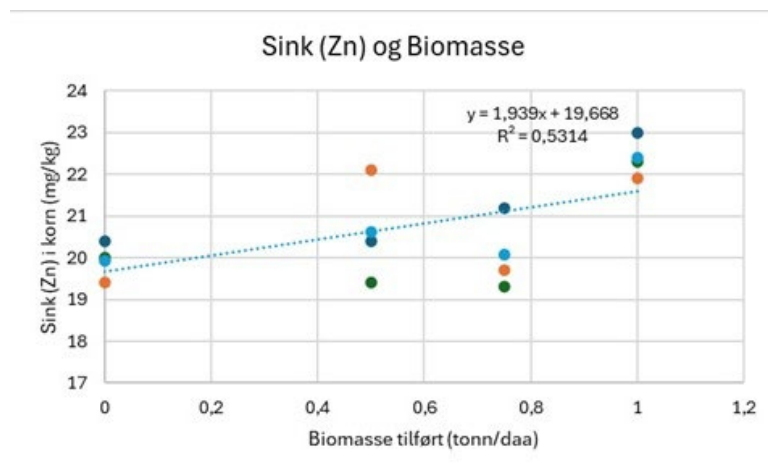
4.4.2 Sink

Resultatene for de ulike leddene er gjengitt i figur 9A. Det var en klar sammenheng, hvor økende mengde Biomasse ga økt mengde sink i kornavling ($p = 0.049$, $R^2 = 0.53$) (Figur 9B).

Det er ikke grunnlag for å si at Biokull gir lavere mengde sink i korn. Resultatene viste videre at 800 kg biokull pr dekar i gjennomsnitt ga 21.22 mg Cd pr kg korn mens ingen tilførsel ga 20.76 mg Cd pr kg korn. Det var ingen sikker forskjell mellom disse to ($p = 0.27$, parvis t-test).



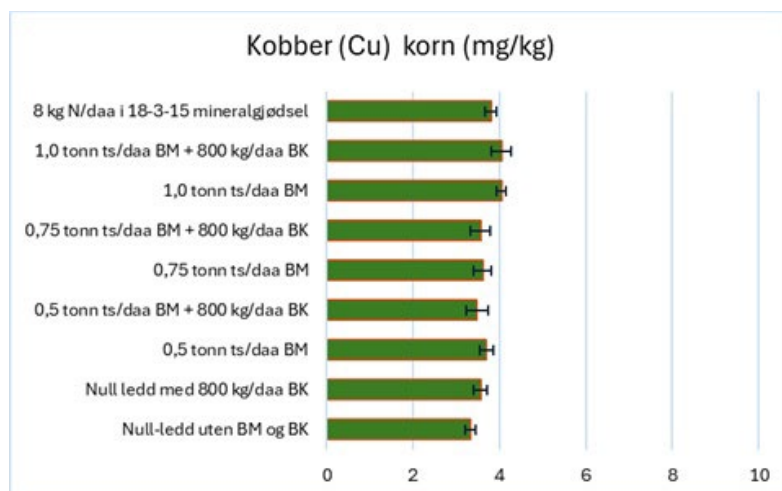
Figur 9A viser leddvise gjennomsnitt av analyseresultatene for Sink i mg pr kg korn



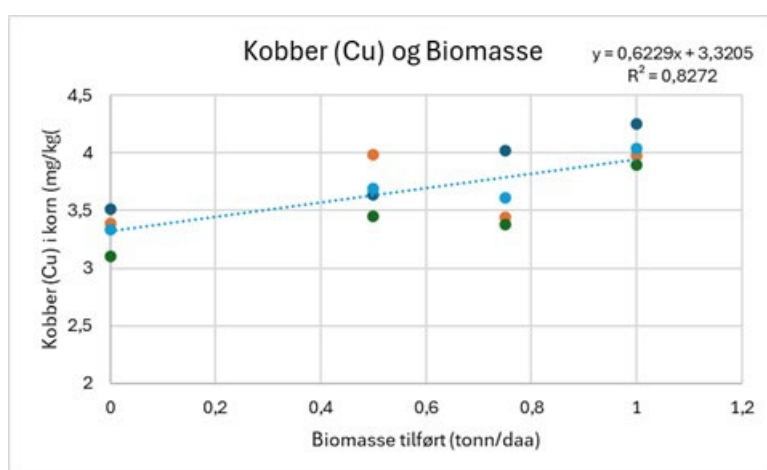
Figur 9B. Regresjonsanalyse for sink (i mg pr kg korn) i forhold til tilført mengde biomasse og uten biokull

4.4.3 Kobber

Resultatene for de ulike leddene er gjengitt i figur 10A. Det er en klar sammenheng at økt mengde Biomasse gir økt mengde kobber i korn ($p = 0.012$, $R^2 = 0.82$) (Figur 10B). Resultatene gir ikke grunnlag for å si at Biokull gir lavere mengde kobber i korn. I gjennomsnitt ga tilførsel av biokull 3,67 mg Cu pr kg korn, mens ingen tilførsel ga 3,66 mg pr kg korn.



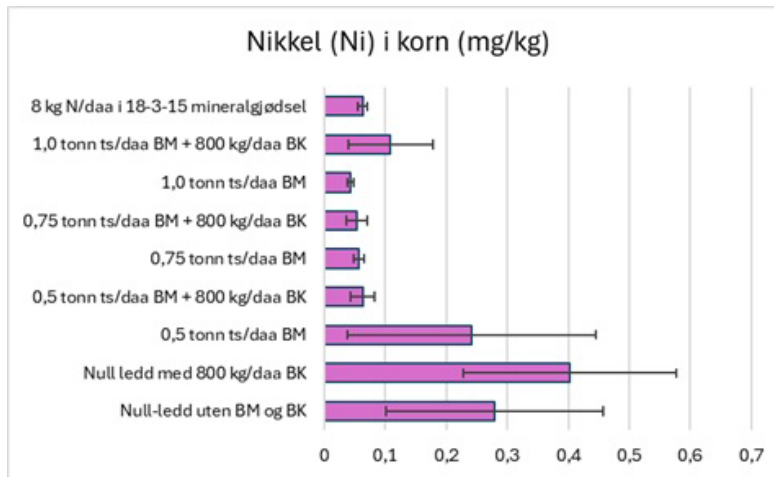
Figur 10A viser leddvise gjennomsnitt av analyseresultatene for Kobber i mg pr kg korn



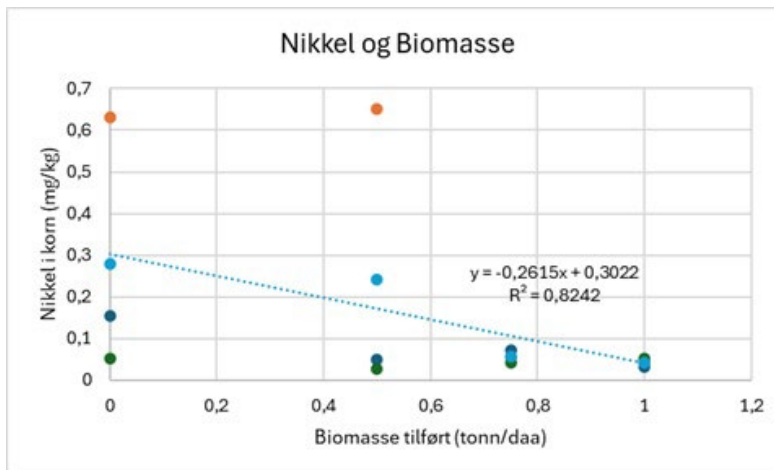
Figur 10B. Regresjonsanalyse for kobber (i mg pr kg korn) i forhold til tilført mengde biomasse og uten biokull

4.4.4 Nikkel

For nikkel er resultatene for de ulike leddene er gjengitt i figur 11A. Disse viste at det er mindre Nikkel etter gjødning med 8 kg N pr dekar i Mineralgjødning (ledd 10) enn i null-leddet (ledd 1). Videre er det tendens til mindre Nikkel etter gjødning med Biomasse tilsvarende 0,75 og 1 tonn pr dekar (ledd 3 til 8)) enn i null-leddet (ledd 1) ($p = 0.15$, $R^2 = 0.83$). Dette kan tyde på at økende mengde nitrogen gir lavere mengde Nikkel pr kg korn, som er det samme som å si at økende avling gir lavere konsentrasjon av Nikkel i korn, som igjen kan tolkes som en uttynningseffekt. Resultatene gir ikke grunnlag for å si at Biokull gir lavere mengde nikkel i korn. I gjennomsnitt ga tilførsel av biokull 0.157 mg Ni pr kg korn, mens ingen tilførsel ga 0.155 mg pr kg korn.



Figur 11A viser leddvise gjennomsnitt av analyseresultatene for Nikkel i mg pr kg korn



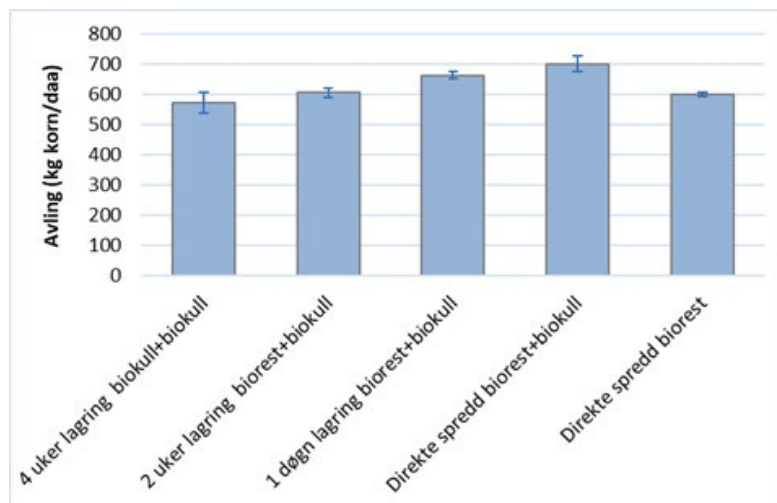
Figur 11B. Regresjonsanalyse for nikkel (i mg pr kg korn) i forhold til tilført mengde biomasse og uten biokull

5. Gjødseffekt av Biorest og Biokull med ulik tid for blanding (felt nr 1)

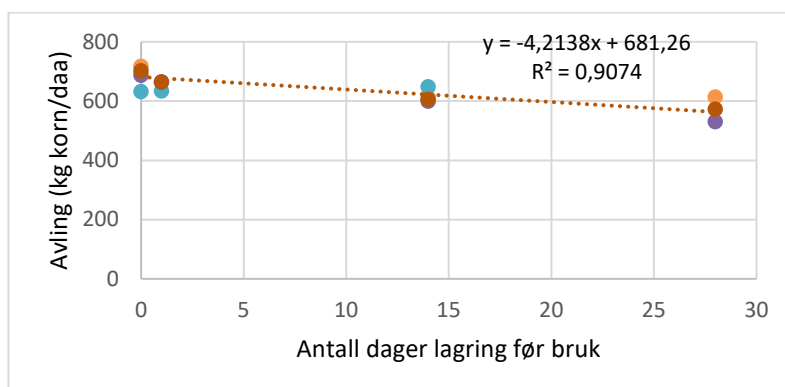
I vekstforsøket som vi hadde i 2021 (Cottis et al., 2022) med blant annet blanding av Biorest og Biokull og forskjellige lagringstider konkluderte vi med følgende: «Blanding av biokull og biorest samme dag som såing ga bedre avling enn to dagers lagring før såing, som igjen ga høyere avling enn tre måneders lagring før såing, men biorest uten biokull ga høyest avling i vårt pottforsøk.

Feltforsøket i 2022 var en fullskala oppfølging av dette vekstforsøket. Resultatene for lagringstid av ferdig blanding av Biokull i Biorest i feltforsøket viser mye av det samme som i vekstforsøket. Det er jevnt stigende avling med å redusere lagringstiden av blandingen fra 4 uker til 2 dager, fra 571 kg bygg pr dekar, via 620 til 649 kg bygg pr dekar (Figur 12). Det å spre Biokull og Biorest direkte på jordet uten blanding i forkant ga ytterligere 29 kg større avling enn 2 dager lagring. Det ble spredd 4 tonn biorest pr dekar i alle ledd. Effekten av lagring var statistisk signifikant ($p < 0.05$, fra regresjonsanalyse) og korrelasjonskoeffisienten var på hele 0.9 (Figur 13).

Litt overraskende, men interessant, er at ledd 5 med 4 tonn Biorest alene, ga like lav avling som ledd 1 hvor Biokull og Biorest var blandet og lagret i 4 uker før spredning.



Figur 12. Gjennomsnittlig avling i kg bygg 15 % vanninnhold, av forskjellig tid fra blanding av biokull og biorest.

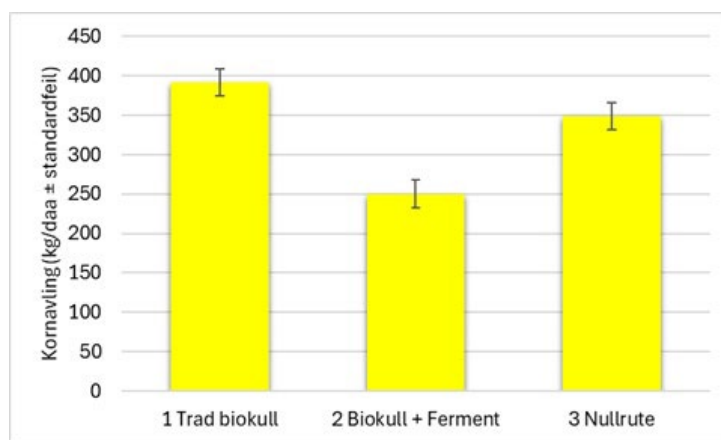


Figur 13. Effekt av lagring av biokull og biorest på Gjennomsnittlig avling i kg bygg 15 % vanninnhold

6. Biokull i forhold til Biokull i fermentblanding fra Urban natur (felt nr 7)

Før vi går inn i resultatene så minner vi om at hele feltet fikk en lik grunnkjødsling med 11 kg nitrogen pr dekar i mineralkjødsel.

Resultatene fra forsøket viser at Biokull alene ga høyest avling (391 kg bygg pr dekar), 141 kg mer enn Biokull i ferment ($p = 0.003$, parvis t-test), og 53 kg mer enn Nullrutene ($p = 0.01$, parvis t-test) (Figur 13). Når vi imidlertid tar i betraktning bilde 4 nedenfor av feltet så ser vi at rutene med Biokull blandet i ferment de fikk den tidligste og hardeste legden. Det tyder på at blandingen av Biokull i ferment fra Urban Natur mest sannsynlig ga et høyere avlingspotensiale enn Biokull alene, når det er gjødslet med 11 kg nitrogen pr dekar i mineralkjødsel.



Figur 13 viser avlingene i kg bygg pr dekar av Biokull alene og Biokull i ferment fra Urban Natur, samt nullrute.



Bilde 4 er tatt av feltet et par uker før tresking. Det var helt tydelig at rutene med Biokull blandet i ferment hadde hardest legde.

7. Praktisk bruk av biokull på dyrka jord

Nedenfor viser vi noen bilder av praktiske prosesser i prosjektet for lasting, spredning og innblanding av biokull. Våre erfaringer er at fastgjødselspreder med stående valser og hydraulisk bakluke kan gi meget effektiv og jevn spredning av biokull. Videre vil de fleste gjødseltankvogner med fanespreder kunne gi en effektiv og jevn spredning av bioest eller bløtgjødsel iblandet biokull.



Bilde 5 viser spredning av 2500 kg Biokull pr dekar med Samsung tørrgjødselspreder med stående kastevalser og hydraulisk bakluke.



Bilde 6 viser fylling av Biokull i Samsung tørrgjødselspreder



Bilde 7 viser Samsung tørrgjødelspreder i aksjon med spredning av Biokull. Sprederen har her både hydraulisk bakluke og ekstra bakluke bak spredevalsene for å få lav spredning.



Bilde 8 viser Biokull etter spredning med Samsung tørrgjødelspreder.



Bilde 9 viser tømning av biokull opp i blandekum for bløtgjødsel.



Bilde 10 viser omrøring av Biokull i bløtgjødsel



Bilde 11 viser spredning med fanespreder av bløtgjødsel iblandet Biokull på eng.

8. Konklusjoner

- 4 tonn Biorest inneholdt ca 6,5-7 kg raskt plantetilgjengelig N (NH₄-N) og ga like god, eller litt bedre gjødseleffekt i bygg og havre, enn like mye nitrogen i mineralgjødning 18-3-15.
- 4 tonn Biorest inneholdt ca 12-16 kg tungt plantetilgjengelig N (N-total). En betydelig del av dette nitrogenet ser ut til å bli tilgjengelig for plantene gjennom vekstsesongen.
- Biokull ga ikke avlingsøkning i et treårig feltforsøk med bygg på typisk morenejord på Hedemarken.
- Feltforsøkene på sandjord kan tolkes til at Biokull ga en tendens til avlingsøkning i havre og bygg.
- 3 tonn Biomasse fra Hias inneholder cirka 4,8 kg ammonium-N, og hele 52 kg Total-N. Vi fikk gode indikasjoner på at 3 tonn Biomasse pr dekar er god gjødselmengde til bygg på morenejord på Hedemarken, før feltet ble skadet av legde. For å fastsette nitrogenverdien av Biomassen fra Hias anbefaler vi at det blir kjørt et eller flere nye feltforsøk av samme type som vårt.
- Det var en klar tendens til at økende mengde Biomasse ga økt mengde Kadmium, Sink og Kobber i byggavling.
- Mengde biokull ga ingen påvirkning på tørrstoffavling av raigras, enten biokull supplerte Biorest eller Biomasse i vekststofforsøk.
- Blandingsintensitet eller vanninnblanding i Biokull og Biomasse ga liten eller ingen endring i tørrstoffavling av raigras i vekststofforsøk.
- Hverken vekststofforsøk eller feltforsøket med Biomasse viste klare reduksjoner av mengde Kadmium, Sink, Kobber eller Nikkel som resultat av innblanding av Biokull.
- Biokull med ferment gir trolig bedre avling enn biokull alene.
- Fastgjødselspreder med stående valser og hydraulisk bakluke kan gi meget effektiv og jevn spredning av Biokull
- De fleste gjødseltankvogner med fanespreder kan gi effektiv og jevn spredning av biorest eller bløtgjødsel iblandet Biokull.
- Innblanding og lagring av Biokull i Biorest gir lavere avling i bygg enn spredning av Biorest og Biokull hver for seg før nedmodning og såing. Økt lagringstid av slik blanding (2, 14 og 28 dager) ga synkende avling av bygg.

Litteraturliste

Bakken F (2022). God avlingsrespons med biorest i korn. NLR Kunnskap. Tilgjengelig online fra <https://www.nlr.no/fagartikler/korn/innlandet/god-avlingsrespons-med-biore-rest-i-korn>


Bechmann M, Frøseth RB, Rivedal S, Brod E, Fischer F, Seehusen T og Øgaard AF (2023). Tiltak for bedre nitrogenforvaltning i norsk jordbruk. Nibio Rapport 9 (44) 2023.

Cottis T, Solberg S, Myrvang M og Mousavi H (2022). Regionale gjødselressurser: avlingseffekt av biokull i blanding med biorest. Resultater fra Høgskolen i Innlandet sitt arbeid i 2021 Høgskolen i Innlandet, Skiftserien 4 2022. Tilgjengelig online fra <https://brage.inn.no/inn-xmloi/handle/11250/2977151>

Nibio Gjødslingshåndbok (u.å). Gjødslingsplanlegging. Tilgjengelig online fra <https://www.nibio.no/tema/jord/gjodslingshandbok>

O'Toole A, Lunder OE, Weldon SM, Rassat A, Joner E, Lind V og Rasse D (2022). Effekt av biokull i planteproduksjon, gjødsellager og husdyrproduksjon. Nibio Rapport 8(46) 2022.

Bai SH, Omidvar N, Gallart M, Kämper W, Tahmasbian I, Farrar MB et al (2022). Combined effects of biochar and fertilizer applications on yield: A review and meta-analysis. *Science of The Total Environment* 808 (2022), 15207



På oppdrag fra Prosjekt Innlandsgjødsel 2 har Institutt for jordbruksfag ved Universitetet i Innlandet planlagt og behandlet 7 feltforsøk og 1 vekstformforsøk. Gjennom forsøkene skulle vi finne gjødselverdien for Biorest fra Mjøsanlegget AS, Biomasse fra HIAS IKS, og begge i kombinasjon med Biokull fra Oplandske Bioenergi. For Biomasse og Biokull skulle vi også finne effekten på tungmetaller og PFAS av forskjellige mengder Biomasse og Biokull. Norsk landbruksrådgivning anla, driftet og høstet alle feltforsøkene. Vekstformforsøket ble utført av INN.

Våre viktigste funn var at 4 tonn Biorest ga like god, eller litt bedre gjødseleffekt i bygg og havre, enn mineralgjødsel 18-3-15 med like mye eller 2 kg mer lettløselig nitrogen. Analyser viste at 4 tonn Biorest inneholdt ca 12-16 kg tungt plantetilgjengelig N (N-total). En betydelig del av dette nitrogenet ser ut til å bli tilgjengelig for plantene gjennom vekstsesongen.

Biokull ga ikke avlingsøkning i et treårig feltforsøk med bygg på typisk morenejord på Hedemarken, men Feltforsøkene på sandjord kan tolkes til at Biokull ga en tendens til avlingsøkning i havre og bygg. Innblanding og lagring av Biokull i Biorest gir lavere avling i bygg enn spredning av Biorest og Biokull hver for seg før nedmolding og såing.