



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

NOTAT

Til: Landbruksdirektoratet
Kopi til: Utviklingsfondet v/ Elin Brekke
Fra: Alice Budai, Prosjektleder
Dato: 24.mai 2019
Saksnr: 17/03006

BIOKULL I FÔR TIL SAU – VIL DE SPISE DET?

Sluttnotat til forprosjekt for testing av biokull som tilsetning i fôr til sau

Forfattere: Budai, A., O'Toole, A., Weldon, S., Lind V.

Sammendrag

Biokull er kjent for sin evne til å forbedre jordas agronomiske egenskaper og øke innholdet av karbon som er motstandsdyktig mot nedbryting over lang tid (> 100 år) (Rasse et al., 2017). Som et tilsetningsstoff til dyrefôr har biokull potensiale til å forbedre dyrehelse og redusere enterisk metan fra drøvtyggere. Selv om de gunstige effektene ved bruk av biokull i husdyrhold er mindre dokumenterte, er det et voksende miljø blant bønder i Tyskland og Østerrike for å ta i bruk biokull i fôr og til behandling av blautgjødning (Kammann et al., 2017).

Dette forprosjektet vil kunne legge et grunnlag for videre forskning på tilsetning av biokull til dyrefôr, for å oppnå flere mål innenfor landbruk samtidig: 1) reduksjon av enterisk metan fra drøvtyggere, 2) forbedret dyrehelse f.eks. redusert diaré og redusert behov for antibiotika, og 3) økt karbon i jord fra møkk som inneholder biokull. Så langt har det vært lite forskning på dette temaet både i Norge og internasjonalt. Vårt første spørsmål er: Vil sau spise biokull i det hele tatt? Målet med forprosjektet er å finne et svar, før videre forskning om metangassutslipp og karbon i jord undersøkes nærmere.

For å utnytte praktisk kunnskap fra bønder som bruker biokull som fôrtilsetning i utland, ble et litteraturstudie av tysk litteratur utført. Produsenter av biokull-beriket fôr ble oppsøkt for å lære om utfordringer med produksjon av forblandinger. Disse produsentene hjalp oss å få kontakt med bønder som bruker produktet. En studietur til Sveits ble tatt av to forskere for å se bruk av biokullfôr i praksis, og bedre vurdere muligheter for videre forskning.

Biokull kan gis til dyr direkte. For å ha bedre kontroll på mengde biokull dyr spiser, og for å unngå mulige helseeffekter av støv fra biokull hos både dyr og mennesker i fjøs, ble det produsert pellets med biokullinnhold på inntil 4,6% av tørrvekt. Vi hadde ambisjoner om å produsere fôret selv med biokullinnhold på inntil 10% av tørrvekt, men utfordringene var større enn forventet. Fire ulike typer kraftfôr-pellets ble produsert i samarbeid med Fôrtek ved NMBU på Ås, der forskjellige andeler biokull ble blandet inn. På grunn av utfordringene ved å omgjøre biokull til pellets, var 4,6% den høyeste tilgjengelige konsentrasjonen i fôrpellets.

To fôringsforsøk ble utført ved NIBIO Tjøtta for å registrere om sau spiser biokull i ulike former. I det første testforsøket observerte vi om kastrerte værer ville spise biokull «as is», det vil si som rent biokull og tildelt sammen med vanlig rundballe-surfôr. Testforsøket ble gjennomført av 3 elever fra 9.klasse valgfag «Forskning i praksis» ved Sandnessjøen Ungdomsskole. Elevene testet i løpet av én dag om dyrene ville spise to ulike typer ubehandlet biokull tildelt enten tørt eller blandet med vann. Overraskende nok, både for forskerne og elevene, spiste værene biokullet «as is». Imidlertid konkluderes det med at bruken av biokull i denne formen ikke er realistisk i praksis, da det er vanskelig å jobbe med. I tillegg blir alt svart der hvor biokullet er, både i omgivelser og rundt fjeset på dyrene. I et større forsøk, gjennomført av to bachelorstudenter fra Nord Universitet Steinkjer, ble 20 Norsk Kvit Sau tildelt en av totalt fire ulike typer kraftfôr med økende innhold av biokull. Målet for bachelor-oppgaven er å registrere om grovfôropptaket er likt mellom de fire gruppene eller om innhold av biokull kan påvirke grovfôropptaket. Begge de to forsøkene som ble gjort ved NIBIO på Tjøtta viser at sauene spiste biokull.

I forsøket med biokull inkludert i kraftfôret, ble 8 værer plassert i metabolismebokser for oppsamling av avføring. Avføring skal brukes i videre undersøkelser av effekter av biokull. Hensikten med å samle avføring fra værene er å etablere en metode for å gjenfinne biokullet i avføringen. Videre skal biokullet undersøkes for dets biokjemiske egenskaper. Ubehandlet biokull skal sammenlignes med biokull som har vært under varmebehandling for kraftfôrproduksjon, og deretter vært gjennom fordøyelsen til en sau.

Biokull er kjent for å ha en stor overflate som kan binde stoffer. Når det brukes som fôrtilskudd, kan bindingen av giftige stoffer forbedre næringsopptaket hos dyret. Etter å ha forlatt dyret, forventes biokull å binde næringsstoffer som ikke brukes av dyret, noe som fører til en mer stabil organisk gjødsel. Biokull er et karbonrikt materiale med en langsom

nedbrytningshastighet, og det er foreløpig ikke kjent om dens utholdenhet i jord påvirkes av inntak (Joseph et al., 2015). Med formål å studere stabiliteten av biokull i animalsk avføring for konsekvent karbonfangst i jord, ønsker vi til slutt å utforske de høye nivåene av biokull-inkorporeringsfrekvenser i dyrefôr.

Summary

Biochar is known for its benefits as a soil additive: it can improve the agronomic properties of soil and it increases soil carbon stocks on a long-term scale (>100 years) through its stability against decomposition (Rasse et al., 2017). As an additive to animal feed, biochar has the potential to improve animal health and reduce the climate footprint of ruminants. Although the beneficial effects from the use of biochar in animal husbandry are less documented, farmers in Europe are more likely to purchase certified biochar for use as feed and for treating manure, than for direct application to agricultural fields (Kammann et al., 2017).

This pilot project could lay the groundwork for further research on the addition of biochar to animal feed, in order to simultaneously achieve several goals in agriculture: 1) reduction of enteric methane emissions from ruminants, 2) improved animal health e.g. reduced diarrhea and reduced need for antibiotics, and 3) increased carbon in soil from animal manure containing biochar. So far, there has been little research on this topic in Norway and internationally. Our first question is: Will sheep eat biochar in the first place? The goal of the pilot project is to find an answer to this question before further research on methane gas emissions and carbon in soil is carried out.

To utilize practical knowledge from farmers who use biochar as feed additives abroad, a literature study of German literature was carried out. Manufacturers of biochar-enriched feed were sought out to learn about the challenges associated with the production of pelletized feed mixtures. These manufacturers helped us connect with farmers who use the product. A study trip to Switzerland was taken by two researchers to learn about the use of biochar feed in practice, and to better assess possibilities for further research.

Biochar can be given to animals directly. To have better control of the amount of biochar animals eat, and to avoid possible health effects of dust from biochar in both animals and humans in barns, pellets with biochar content of up to 4.6% of dry weight were produced. We

had ambitions to produce the feed ourselves with a biochar content of up to 10% dry weight, but the challenges were greater than expected. Four different types of biochar-feed pellets were produced in collaboration with Fôrtek at NMBU in Ås, where different proportions of biochar were mixed in. Due to the challenges of including biochar in the pellets, 4.6% is the limit for biochar concentration in the pellets we produced.

Two feeding trials were carried out at NIBIO Tjøtta to register if sheep eat biochar in their various forms. In the first test experiment, we observed whether neutered rams would eat biochar "as is", that is, as pure biochar provided alone or added to round-bale silage. The test experiment was carried out by 3 pupils from the 9th grade elective "Research in practice" at Sandnessjøen Ungdomsskole. The pupils tested in one day whether the animals would eat two different types of untreated biochar assigned either dry or mixed with water. Surprisingly, for both the researchers and the students, the animals ate the biochar "as-is". However, it is concluded that the use of biochar in this form is not realistic in practice, as it is difficult to work with. In addition, everything becomes black where the biochar is, both in the general surroundings and around the faces of the animals. In a larger experiment conducted by two undergraduate students from North University Steinkjer, 20 Norwegian "Kvit Sau" were provided one of a total of four different pellet concentrates with increasing content of biochar. The goal of the bachelor thesis is to register whether the feed intake is the same between the four groups or whether the content of biochar can affect the feed silage intake. Both of the experiments that were done at NIBIO in Tjøtta show that the sheep ate biochar.

In the experiment where biochar was included in the feed concentrate, 8 rams were placed in metabolic boxes for collection of manure. Animal feces were collected for possible inclusion in further studies. The purpose of collecting the manure is to establish a method for recovering the biochar in the stool. Furthermore, the biochar is planned to be examined for its biochemical properties. Untreated biochar should be compared to biochar that has been exposed to heat treatment for feed production and then passed through the digestive tract of a sheep.

Biochar is known to have an active surface that can bind substances. When used as a feed supplement, its binding of toxic substances can improve nutrient uptake of the animal. Upon exiting the animal, biochar is expected to bind nutrients not utilized by the animal, leading to a more stable organic fertilizer. Biochar is a highly stable carbon-rich material, and it is currently not known whether its persistence in soil is impacted by ingestion (Joseph et al.,



NIBIO

2015). For studying the stability of biochar in animal feces for consequent carbon sequestration in soil, we would eventually like to explore the high ranges of biochar incorporation rates into animal feed.

Introduksjon

Bruk av biokull som tilsetningsstoff til dyrefôr er et lovende bruksområde, som har potensial til å forbedre helsen og redusere klimaavtrykket fra drøvtyggere. Dette er et område som har fått lite vitenskapelig oppmerksomhet og er et eksempel hvor bønder går foran i praksis. For eksempel har flere hundre bønder i Sveits og Østerrike nå prøvd ut biokull i husdyrproduksjon, og godkjent biokull er oftere solgt til husdyrbønder enn til andre bransjer innen landbruk (Kammann et al., 2017). De som bruker biokull til innblanding i dyrefor melder om positive resultater, blant annet: reduksjon i diaréer, redusert lukt i fjøset, og forbedret næringsinnhold i husdyrgjødselen (Weber et al., 2016). I de få vitenskapelige forsøk som har blitt utført, vises det også reduksjon i metangassutslippene fra drøvtyggere med biokull i dietten. Reduksjon i metangassutslipp i 20% fra kyr har vært rapportert etter tilsetning av kun 0.6% biokull i fôret (Leng et al., 2012b). Andre studier viser derimot ingen eller liten effekt på metangassutslipp fra drøvtyggere. Biokull er ikke et homogent materiale og kan variere i egenskaper avhengig av råstoff brukt og produksjonsprosess (Budai et al., 2014), noe som kan forklare de ulike resultater. Litteraturen henviser til bruk av biokull men i liten grad til prosessen og råstoffene, noe som gjør denne forstudien viktig for videre forskning. I tillegg kan interaksjoner mellom fôr og biokull også forklare forskjeller i resultatene, med for eksempel 40 - 49% reduksjon i metan utslipp oppnådd med bruk av nitrat i in vivo og in-vitro studier (Leng et al., 2012a; Leng et al., 2012b). Dannelse av metan i vommen er en indikasjon for at energien i fôret ikke er fullstendig utnyttet av dyret, og det er behov for både grunn- og anvendt forskning for å fastslå forklarende mekanismer for redusert metangassutslipp med biokull og for å kunne produsere fôr som gir dyr bedre helse og større vekst.

Inklusjon av biokull i fôr resulterer i husdyrgjødsel som også inneholder biokull. Tilsetning av husdyrgjødsel til jord, sammen med biokull, fører til lavere klimagassutslipp enn bruk av husdyrgjødsel alene (Rogovska et al., 2011). Et interessant spørsmål er om fordelene en finner med bruk av biokull tilsatt i husdyrgjødsel også gjelder for husdyrgjødsel som kommer fra dyr der fôret er beriket med biokull. Biokull er 60 ganger mer stabil mot nedbryting enn fersk biomasse (Budai et al., 2016), og karbonfangst i jord er sannsynligvis også oppnådd når biokull er introdusert tidligere i kretsløpet.

Prosjektmål

Målet med forprosjektet er å etablere et kunnskapsgrunnlag for bruk av biokull som tilsetning i sauefôr.

Delmålene var:

- a. Lage fôrblandinger med biokull som er lett spiselig for sau og som samtidig ivaretar deres næringsbehov
- b. Finne grensen for hvor mye biokull sauene vil/kan spise i en fôrblending
- c. Beregne teoretisk klimaeffekt av biokull-fôrblandinger ekstrapolert fra fôringsforsøket og litteraturstudien (dette inkluderer kun økt karbon i husdyrgjødsel fra biokull – metan effekter ventes til hovedprosjekt)
- d. Generere hypoteser for videre bruk i hovedprosjektet

Litteraturstudie og Studietur

Som en opplæringsdel i dette prosjektet, besøkte prosjektforskere Alice Budai og Vibeke Lind selskaper og bønder i Sveits, Østerrike og Tyskland for å lære mer om hvordan biokull brukes i praksis. Biokull brukes enten i sin naturlige form og gjøres tilgjengelig for dyr å spise som de ønsker (Hans-Peter Schmidt), innlemmet i fôrpellets (CharLine GmbH), eller innlemmet i et fôrtilskudd som fermenteres anaerobt med melkesyrebakterier (Verora GmbH, EM-Schweiz og EM-Chiemgau). Forskere som har publisert om biokull i fôr rådet oss å besøke bedrifter EM. Bønder som benytter den fermenterte biokullblandingen hevder gode resultater, samt reduserte ammoniakk fra fjærfegjødsel, mindre behov for sanering av fjøset, bedre dyrehelse, og reduserte veterinærutgifter, samtidig som de eliminerte bruken av antibiotika fra sine produksjonssystemer. Kunder som kjøper egg fra høner som mottar fermentert biokullfôr, hevder at eggene smakte bedre og kjører langt for å skaffe dem. Samlet sett ble tid eller penger spart gjennom det mer jevnt løpende husdyrholdet, brukt på å skaffe eller produsere det gjærede biokullfôret som må tilføres kontinuerlig. Når det er på plass, sies produksjonssystemet basert på fermentert biokull-fôr å være fordelaktig på grunn av bedre tilførselskonvertering (større vektøkning av dyrene pr. enhet fôr tilført).

Det fermenterte biokull-fôrtilskuddet som er solgt i Sveits og Tyskland, er et interessant kommersielt produkt som er aktuelt for oss å teste i videre forsøk. Men i dette prosjektet, fordi det involverer aktive mikrober og et komplekst samspill mellom biokull og de andre produktene i kosttilskuddet, bestemte vi oss for ikke å bruke dette produktet i forprosjektet. Det ville være interessant å vurdere effekten av gjæret selv og den ekstra fordelene av biokull på dyres helse, klimagassbalanser og kvaliteten på husdyrgjødsel når det gjelder bruk som organisk gjødsel.

Blant de få vitenskapelige studiene som rapporterer om bruk av biokull i dyrefôret, har Leng et al. (2012b) dokumentert reduksjoner i metanutslippene på 20% og 25% større vektøkning, hos storfe som spiste små mengder biokull (0,6%). Generelt er positive effekter rapportert ved inkorporering av biokull i fôr til dyr, inkludert storfe, geiter, fjærfe, svin og fisk (Schmidt et al., 2016; Toth & Dou, 2016).

Materiale og metode

Deler av tekst presentert i denne seksjon er kopiert med tillatelse fra Talita Bastesen Nilsen og Gunhild Lidtveit sin bacheloroppgave som innleveres til Nord Universitet i mai 2019. De har samarbeidet med NIBIO i utføring av fôringsforsøket.

Dyreutvalg

Utvalget besto av 20 sauer i alderen 2 til 6 år. Utvalget var delvis tilfeldig. Vi ville ha friske dyr i normal størrelse og vekt for å kunne være representative for rasen. De tolv søyene som er med i forsøket er eid av Tom Hjellestad som forpakter gården. Sauene er av rasen Norsk kvit sau. De åtte kastrerte værene er eid av NIBIO Tjøtta og har tidligere vært brukt i flere forsøk og er dermed vant med å bli håndtert. Dyrene ble inndelt i ulike grupper etter hvilken diett de skulle ha. I hver diettgruppe var det tre søyer og to værer. Det ble gjort registreringer av fôr og fôrrester, og det ble tatt gjødselprøver.



Figur 1. Sau som har spist biokull

Innsamling av materiale

Forsøket ble gjennomført fra 14.-28. januar 2019. Dyrene hadde en tilvenningsperiode på 5 dager med opptrapping av kraftfôr og 10 påfølgende dager med full rasjon av kraftfôret og registrering av grovfôropptak. Alle forsøksdyrene ble veid og inndelt ved start av forsøket, dyrene ble merket med ulike farger etter inndelingen og hvilken diett de skulle ha. For hver diett var det fem dyr innad i hver diettgruppe som fikk samme diett under hele forsøksperioden.

Registeringer

Dyrene ble først veid ved forsøksperiodens start den 14.01. De ble sortert i individuelle binger for tilvenning til den bestemte kraftfôrdietten brukt i forsøket. Sauene ble så inndelt i grupper for de ulike kraftfôrdiettene med hensyn til både kjønn og vekt for å unngå store variasjoner. Til veiing av sauene ble det brukt en elektronisk vekt "Biocontrol WSS 3000" som ble kalibrert før veiing.

Registreringer av fôr ble gjennomført ved å veie grovfôret før det ble gitt ved fôring om morgenen og om ettermiddagen. Fôret ble fylt i poser og veid med en digital vekt. Fôrrester fra fôring dagen før ble samlet inn fra fôrbrettet og bingen påfølgende morgen, og veid på samme måte som ved tildelingen av fôret.

Ved flytting av de kastrerte værene til metabolismeboksene ble alle forsøksdyrene igjen veid og registrert. I tillegg til å veie fôr og fôrrester på tilsvarende måte som i fjøset, ble også mengden avføring veid og registrert før 10% ble merket og fryst ned til senere

analyse. Avføringsprøvene er tatt ut til bruk i forprosjektet “Endringer av egenskaper i biokull før og etter fôring til sau”. Resultatene fra disse vil dermed ikke være med i denne oppgaven.

Alle dyrene ble veid og registrert ved forsøkets slutt.

Fjøs og forsøksavdeling

Forsøksfjøsset er et uisolert fjøs med sprekkpanel (Fig. 2a). Sauene sto i enkeltbinger med målene 2,0m x 1,5m. Innredningen består av bingeskiller med stående spiler i stål og komposittgulv i bingene.

Metabolismeboksene som de kastrede værene ble satt i under “gjødselforsøket”, sto i en egen forsøksavdeling i fjøsset med tette vegger (Fig. 2b). Disse boksene er tilpasset dyr i forsøk der det er ønsket å samle opp gjødsel fra enkeltindivider, så avføring og urin havner derfor i separate beholdere for videre bearbeiding.



Figur 2. Forsøksfjøsset (a) og metabolismebokser (b) i forsøksavdelingen på Tjøtta

Kraftfôr

Kraftfôret ble produsert av Center for feed technology (Fôrtek) og er laget på bestilling fra NIBIO. Kraftfôret har samme ingredienser, men biokull er inkludert i ulik grad. Konsentrerte pellets med biokullkonsentrasjoner på 0, 1, 5 og 10% ble planlagt for eksperimentet. Vi refererer til Van et al. (2006) som begrunnelse for disse konsentrasjonene, et forsøk på geiter der 0,5, 1,0 og 1,5 g biokull ble brukt per kg masse av forsøksdyr. De beste resultatene ble oppnådd ved 0,5 g per kg dyr, som tilsvarer 13% biokull hvis dette biokullet tilføres gjennom 400 g fôrkonsentrat for et 100 kg dyr. Denne verdien kan sammenlignes med det kommersielt tilgjengelige fermenterte fôrsupplementet nevnt tidligere, som inneholdt 10% biokull. På grunn av utfordringene ved å omgjøre biokull til pellets, var 4,6% den høyeste tilgjengelige konsentrasjonen i fôrpellets brukt i dette prosjektet.

For å fastslå næringsinnholdet i de ulike kraftfôrdiettene ble det sendt inn prøver til Eurofins for analyse. Tabell 1 viser næringsinnholdet i de ulike kraftfôrdiettene. Tallene som vi har brukt videre er tørrstoffprosenten, og den varierer fra 86,6 til 87,5 %. Analysene kunne ikke levere næringsverdien og kraftfôret har dermed blitt estimert til å ha 0,93 FEm/kg TS.

Tabell 1. Næringsinnholdet i de ulike kraftfôrdiettene (analyse fra Eurofins Norge)

Analyse	Resultat				Enheter	LOQ	MU	Metode
	Kontroll	D1	D2	D3				
LW03P Aske	5,35	5,96	6,01	6,17	g/100 g	0,1		2009/152/EU mod.
Bufferløselig protein								
LP165 Løselig protein	0,50	0,51	0,49	0,48	g/100 g			Kjeldahl (titrimetri)
Fett i fôr og korn								
LP06W Råfett	4,79	4,83	4,85	4,75	g/100 g	0,1	10 %	2009/152/EU mod.
LP08D NDF	13,00	12,30	14,90	14,40	g/100 g	2	10 %	ISO/CD 16472
Protein (Nx6.25) (Kjeldahl)								
LW03S Protein (Nx6.25)	14,60	14,90	14,80	14,80	g/100 g	0,3	10 %	2009/152/EU
Vanninnhold i tørre fôrprodukter								
LW01N Fuktinhold	13,40	13,00	12,50	12,80	g/100 g	0,1	10 %	2009/152/EU mod.

I forsøket ble dyrene tildelt 400 gram kraftfôr per dag, ved to tildelinger, klokka 08:00 om morgen og 15:00 ettermiddag. Kraftfôrmengden ble bestemt på bakgrunn av at det skal være større mulighet til å kunne oppdage forskjell i fôropptaket, og at det skal være lettere å undersøke gjødselprøvene i videre forsøk.

Biokull

Biokullet som ble valgt for dette studiet var en blanding av bøk, eik, or, gran, furu og edelgran, produsert i et PYREG P500 system ved pyrolyse på rundt 550°C ved oppholdstid av omtrent 15 minutter. Biokullet er produsert med den hensikt å brukes i kraftfôr. Biokullet brukt i forsøket ble analysert av Eurofins Umwelt Ost GmbH (Bobritzsch-Hilbersdorf, Germany). Biokullet innfrir kravene definert av European Biochar Certificate.

Figurene 3 og 4 viser bilder av de ulike kraftfôrdiettene etter og før pelletering. Bildet viser hvordan de ulike kraftfôrdiettene så ut i forhold til hverandre. Inklusjonsmengden er bestemt på bakgrunn av forsøk med geiter av Van et al. (2006). Inklusjonsmengden av biokull fordeler seg slik i de ulike diettene:

Diett Kontroll: Ingen tilsetning av biokull

- Diett 1: 1,0 % biokull tilsatt i kraftfôr
Diett 2: 2,3 % biokull tilsatt i kraftfôr
Diett 3: 4,6 % biokull tilsatt i kraftfôr



Figur 3. Fire typer kraftfôr med hhv 0 (kontroll), 1, 2.3 og 4.6% biokull



Figur 4. Biokull-kraftfôrblending brukt i forsøket, før og etter pelletering.

Grovfôr

Grovfôret ble tildelt etter appetitt, dette betyr at dyrene har tilgang til å spise så mye de ønsker. Et krav for appetittfôring er at det skal være minst 10% fôr igjen på fôrbrettet til neste tildeling (Tine Rådgiving, 2012). For å fastslå næringsverdien av grovfôret ble det sendt inn prøver til Eurofins for analyse.

Tabell 2 viser analysen fra Eurofins. Tallmaterialet som er brukt videre fra analysen er tørrstoffinnholdet (46 %TS/KG) og FEm (0,85 FEm/KG TS). Det ble også tatt ut prøver som ble lagt i tørkeskap for å fastsette tørrstoffprosenten. Prøvene var i tørkeskapet i 48 timer på 50 °C. Figur 5 viser bildet av tørkeprøvene etter de hadde blitt tørket.



Figur 5. Tørkeprøve av grovfôret

Tabell 2. Næringsverdi i grovfôret – Eurofins

Analyse	Resultat	Enhet	Analyse	Resultat	Enhet
Tørrstoff	46	%	Nasjonale fôrverdier		
Fett	27	g/kg TS	FEm	2,56	kg/Fôrenhet
OMD	71,3	%	FEm	0,85	Fôrenheter/kg TS
Protein	125	g/kg TS	AAT	74	g/kg TS
Løselig råprotein	685	g/kg råprotein	PBV	-3	g/kg TS
NDF	552	g/kg TS	Opptaksindeks	94	%
Sukker	63	g/kg TS			
Melkesyre	48	g/kg TS			
Eddiksyre	15	g/kg TS			
Ammonium-N (NH ₄ -N)	102	g/kg N			
Aske	54	g/kg TS			
pH	4,3				
Nitrat (NO ₃ -N)	0,8	g/kg TS			
Fôrverdier beregnet i NorFor					
NEL 20kg	6,04	MJ/kg TS			
AAT 20 kg	79	g/kg TS			
Fyllverdi	0,54	Fyllverdi/kg TS			
Tyggetid	79	min/kg TS			
iNDF, ufordøyelig fiber	178	g/kg NDF			

Statistiske metoder

Til behandling av resultatene er det brukt Excel versjon 2016 (Microsoft) og statistikkprogrammet SAS Institute. Det er forutsatt et signifikansnivå på 0,05. P-verdier < 0,05 representerer signifikante forskjeller.

Dataene er bearbeidet med bruk av uparet T-test, gjennomsnittsberegninger og Repeated measures. Fôropptaket påvirkes av fôropptaket dagen før, og for å sikre at verdiene gjennom perioden er sammenlignbare ble det brukt Repeated measures som analysemetode.

På bakgrunn av registreringer er det sett nærmere på grovfôropptaket ved start og slutt, grovfôropptak for ulike dietter mot kontroll. Resultatdelen viser også biokullandelen i totalrasjonen.

Resultater

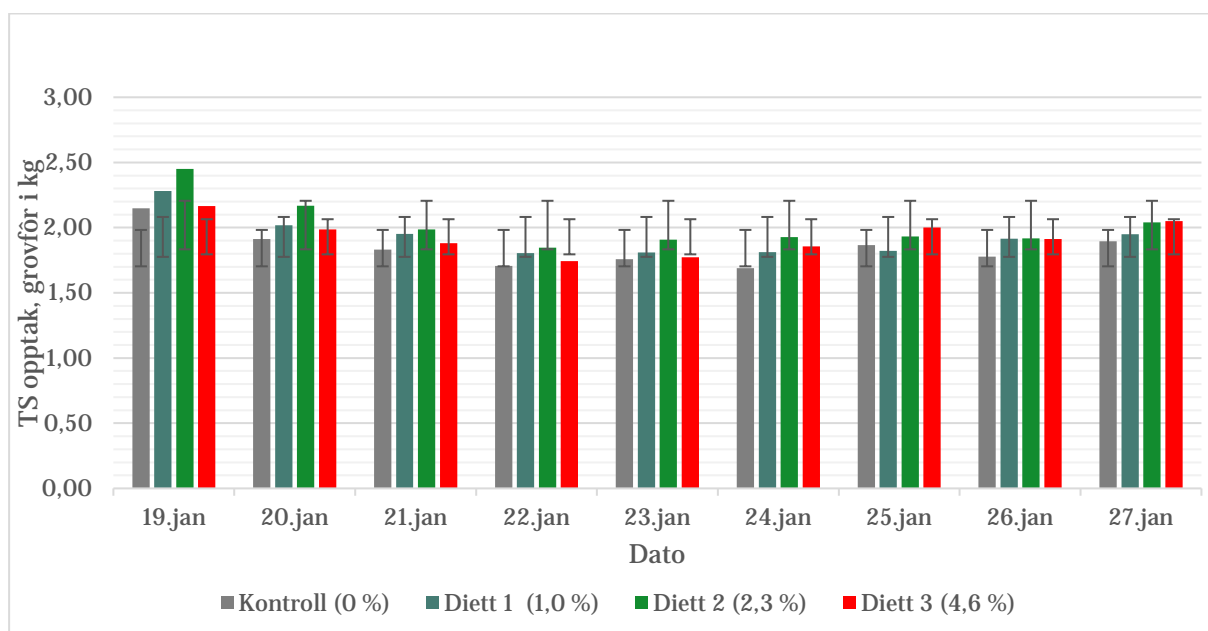
Resultatene og tekst presentert i denne seksjon er kopiert med tillatelse fra Talita Bastesen Nilsen og Gunhild Lidtveit sin bacheloroppgave som innleveres til Nord Universitet i mai 2019.

Kraftfôropptak

Vi undersøkte først om sauene ville spise sin tildelte mengde av kraftfôrdiettene (Kontroll- 0%, D1-1%, D2-2,3% og D3-4,6%). Alle dyrene i forsøket spiste den tildelte kraftfôrmengden på 400g fordelt på to fôringer per dag.

Grovfôropptak

Figur 6 viser hvordan det gjennomsnittlig grovfôropptaket i hver diettgruppe varierer fra dag til dag gjennom forsøksperioden \pm SD. Da sauene ble tildelt lik fôrmengde hver dag gjennom denne perioden, er det interessant å se om variasjonene skyldtes fôring med biokull. Tabell 3 viser det gjennomsnittlig grovfôropptak i kg TS (\pm SD) for de ulike diettgruppene gjennom perioden.

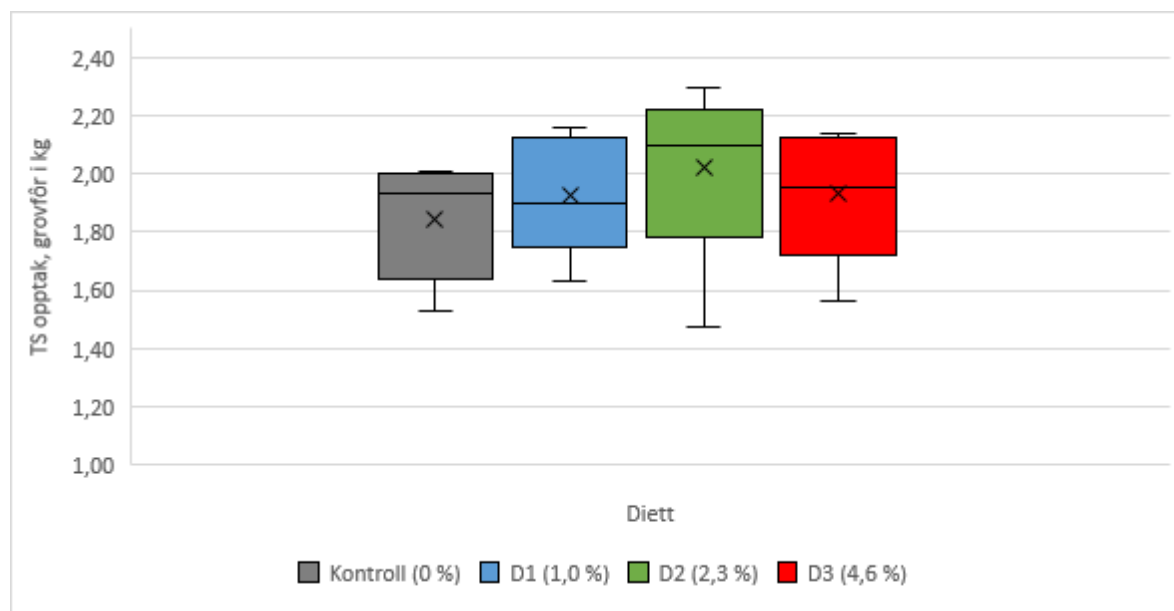


Figur 1. Gjennomsnittlig grovfôropptak i hver diettgruppe varierer fra dag til dag gjennom forsøksperioden (\pm SD). SD=Standardavvik.

Tabell 3. Gjennomsnittlig grovfôropptak (\pm SD). SD=Standarsavvik.

	Gjennomsnitt grovfôropptak (\pm SD)
Kontroll	1,84 (\pm 0,14) kg TS
Diett 1	1,93 (\pm 0,15) kg TS
Diett 2	2,02 (\pm 0,19) kg TS
Diett 3	1,93 (\pm 0,13) kg TS

Det var variasjon på grovfôropptaket innad i de ulike diettgruppene gjennom perioden, variasjonene kan sees i Figur 7. Det er gruppe D2 som har størst gjennomsnittlig grovfôropptak på $2,02 \pm 0,19$ kg TS gjennom perioden. Det er også denne gruppen som har størst variasjon i grovfôropptaket (1,48kg TS – 2,30 kg TS) gjennom perioden. Det er gruppen Kontroll som har minst gjennomsnittlig grovfôropptak på $1,84 \pm 0,14$ kg TS gjennom perioden og minst variasjon (1,53 kg TS – 2,01 kg TS) i grovfôropptaket.



Figur 2. Gjennomsnittlig grovfôropptak på gruppenivå over hele perioden.

Grovfôropptaket var ikke signifikant forskjellig ($P=0,094$) mellom de ulike diettgruppene fra forsøkets start til forsøkets slutt. Det var heller ikke signifikant forskjell ($P=0,824$) på dyrenes vekt fra start til slutt. Resultatene viser dermed at fôring med biokull i dietten ikke har hatt negativ innvirkning på dyrene med hensyn til vekt og fôropptak gjennom forsøksperioden.

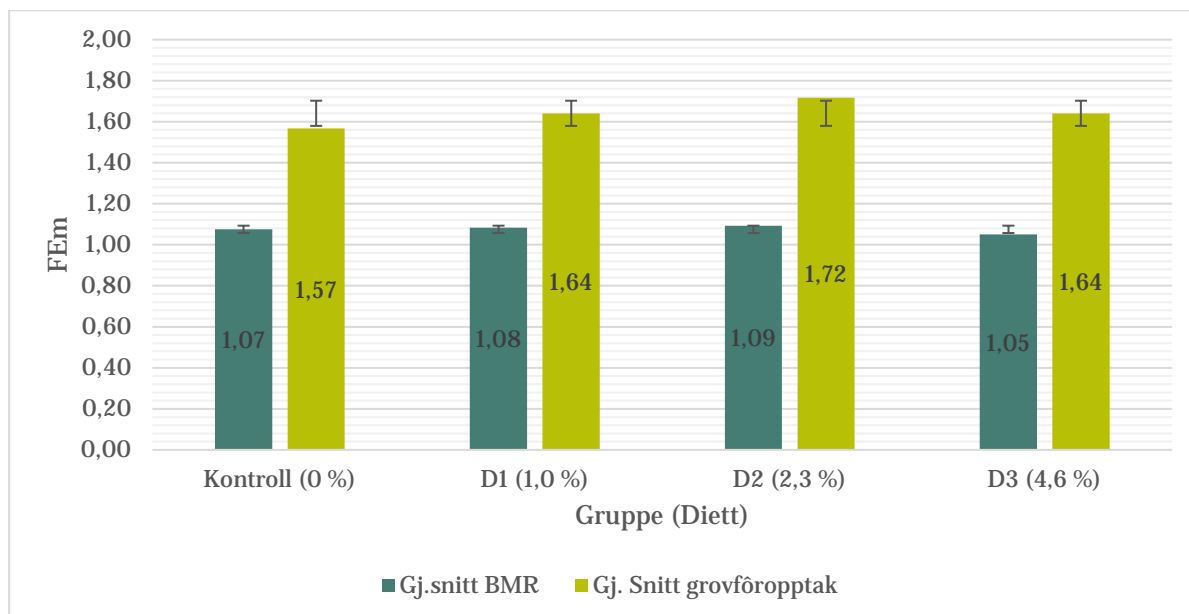
Vi beregnet det gjennomsnittlig metabolske vedlikeholdsbehovet oppgitt i FEm (\pm SD) (Tabell 4) for de ulike diettgruppene gjennom forsøksperioden (SD = Standardavvik).

For å kunne undersøke differansen mellom det metabolske vedlikeholdsbehovet og grovfôropptaket måtte de ha samme benevnning. Vi har derfor regnet ut hvor mange FEm sauen får gjennom grovfôropptaket sitt.

Tabell 4. Gjennomsnittlig metabolsk vedlikeholdsbehov (\pm SD).

	Gjennomsnitt metabolsk vedlikeholdsbehov (\pm SD)
Kontroll	1,07 (\pm 0,13) FEm
Diett 1	1,08 (\pm 0,11) FEm
Diett 2	1,09 (\pm 0,11) FEm
Diett 3	1,05 (\pm 0,12) FEm

Grovfôret som ble brukt i forsøket hadde en energikonsentrasjon på 0,85 FEm/kg TS. I tillegg til grovfôropptaket kommer 400 gram kraftfôr per dag som gir ca. 0,37 FEm/dag ekstra per sau. Sauene ble fôret etter appetitt og sto da fritt til å spise så mye de ønsket. Dette gjorde det mulig å måle mulige endringer i grovfôropptaket. Figur 8 viser at sauene hadde et større gjennomsnittlig grovfôropptak enn hva det gjennomsnittlig metabolske vedlikeholdsbehovet var. Differansen mellom gjennomsnittlig grovfôropptak og gjennomsnittlig vedlikeholdsbehov fordeler seg slik i de ulike diettene: Kontroll 0,49FEm, D1 0,56 FEm, D2 0,62 FEm og D3 0,59 FEm. Dette utgjør en gjennomsnittlig overspising på 52,68% mer enn det metabolske vedlikeholdsbehovet.



Figur 3. Gjennomsnittlig metabolsk vedlikeholdsbehov og gjennomsnittlig grovfôropptak pr. diettgruppe (SD). SD=Standardavvik.

Kraftfôrdiettene som inneholdt biokull ble testet mot kontrollgruppen (Diett Kontroll). Dette var for å undersøke om det var andre faktorer utenom biokull som spilte inn på grovfôropptaket i forsøksperioden.

Når grovfôropptaket i de ulike diettgruppene (D1, D2, D3) sammenlignes med grovfôropptaket i kontrollgruppen er det ingen signifikant forskjell (Tabell 5). Resultatene viser dermed at ulike mengder biokull i kraftfôret ($\leq 4,6\%$) ikke påvirker grovfôropptaket.

Tabell 5. Kraftfôrdietter med ulik inklusjon av biokull testet mot kontrollgruppen (0%). (\pm SD).

Diett	Gj. Snitt. kg TS (\pm SD)	Diett	Gj. snitt. kg TS (\pm SD)	P-verdi
D1 (1,0 %)	1,95 (\pm 0,31)	Kontroll	1,90 (\pm 0,36)	0,81

D2 (2,3 %)	2,04 (± 0,36)	Kontroll	1,90 (± 0,36)	0,55
D3 (4,6 %)	2,05 (± 0,36)	Kontroll	1,90 (± 0,36)	0,52

Biokullandel i totalrasjonen: Tabell 6 viser det gjennomsnittlige fôropptaket oppgitt i kg TS gjennom perioden for de ulike diettene. Tabellen viser oss hvor mye biokullet i kraftfôret utgjør av det totale fôropptaket, oppgitt i prosent. I kraftfôrdiett 3 med høyest biokullandel med 4,6 % biokull ser vi at biokullandelen utgjør 0,72 % av et gjennomsnittlig fôropptak på 2,26 kg TS.

Tabell 6. Gjennomsnittlig fôropptak i kg TS og hva av gjennomsnittlig fôropptak i forsøksperioden

	Gj. Snitt fôropptak/kg TS	% biokull av totalt fôropptak
Kontroll (0%)	2,18	0,00
D1 (1,0%)	2,27	0,16
D2 (2,3%)	2,36	0,35
D3 (4,6%)	2,26	0,72

Bruk av biokull som tilsetningsstoff til dyrefôr er et lovende bruksområde, som har potensial til å forbedre helsen og redusere klimaavtrykket fra drøvtyggere. Dette er et område som har fått lite vitenskapelig oppmerksomhet, hvor bønder går foran i vitenskap med utviklingen. For eksempel, i Sveits og Østerrike er salgskanalen for biokull hovedsakelig til husdyrprodusenter som teller flere hundrer, ifølge biokullforskere i disse to landene (Kamman et al. 2017). NIBIO organiserte en biokullstudietur til Østerrike i juni 2018. Der besøkte norske deltagere et produksjonsanlegg fra firmaet CharLine GmbH, som utvikler biokull-fôrprodukter til husdyr. CharLine GmbHs daglige leder Dominic Dunst forklarer at deres produkter har blitt utviklet via utprøving hos bønder med ulike råstoff og konsentrasjonskombinasjoner. Tilbakemelding fra involverte bønder om fordeler opplevd så langt er: reduksjon i diaréer, reduserte stress-symptomer, redusert lukt i fjøset, og forbedret næringsinnhold i husdyrgjødselen. Forretningskonseptet til CharLine GmbH er at kostnad med biokullinnkjøp mer enn utjevnes av disse nevnte fordelene, som fører til redusert dødelighet og økt vekst, og

reduisert veterinære kostnader. Klimagevinsten påvist så langt i laboratoriestudier (se under) er reduserte CH₄ utslipp og økt karbonbinding i jord, med at husdyrgjødsel blir anriket i biokull som blir med på lasset når det spres på land.

I de få vitenskapelige forsøkene som har blitt utført, vises det også reduksjon i metangassutslippene fra drøvtyggere med biokull i dietten. Reduksjon i metangassutslipp i 20% fra kyr i Indonesia har vært rapportert etter tilsetning av kun 0.6% biokull i fôret (Leng et al. 2012). Nyere in vitro studier fra England viser mindre effekt: 4% CH₄ reduksjon sammenlignet med kontroll (Cabeza et al., 2018). Dannelse av metan i vommen er en indikasjon for at energien i fôret ikke er fullstendig utnyttet av dyret, og det er behov for både grunn- og anvendt forskning for å fastslå forklarende mekanismer for redusert metangassutslipp med biokull og for å kunne produsere fôr som gir dyr bedre helse og større vekst.

Klimaeffekt av biokulltilsetning til sauefôr

For å vise teoretisk potensial som klimatiltak ved anvendelse av biokull som fôrtilsetning, beregnet vi totalt reduksjon i CO₂-ekvivalenter når alle drøvtyggere i Norge får 1% biokull under tidsperioden der de oppholder seg innendørs (Tabell 7).

Klimaeffekten forutsetter en 4% reduksjon i CH₄ (Cabeza et al., 2018) og at biokull blir igjen i husdyrgjødsel som er levert til biogassanlegg eller i husdyrgjødsel som senere spres på jorda. Det forutsettes at det kun er mulig å tilsette biokull til fôr når dyrene holdes innendørs (75% av året for kyr, 50% av året for sau og geit).

Karbonbindingseffekten er beregnet med forutsetning om 80% karboninnhold i biokull og 70% stabil karbonandel i biokull etter 100 år (Camps-Arbestain et al., 2015; Lehmann & Joseph, 2015), og for å være konservativ at CH₄ reduksjon blir ikke mer redusert ved høyere biokull % innblanding. Det forutsattes at det er kun mulig å tilsette biokull til fôr når dyrene er holdt innendørs (50% av året for sau).

Tabell 7. Teoretisk karbonlagrings potensial hvis biokull blir tilsatt i de ulike konsentrasjoner fra forsøket (1%, 2,3% og 4,6%), til kraftfôr som gis til alle sau i Norge (i løpet av vinterhalvåret)

Konsentrasjon av biokull i sauför	Antall sau i Norge 2017 ¹	CH ₄ dyr ¹ -år ⁻¹ (normal)	CH ₄ dyr ¹ -år ⁻¹ (med 4% reduksjon)	t CO ₂ -e år ⁻¹ reduksjon med 5% redusert CH ₄ fra fordøyelse	tonn tilspist biokull-C som er igjen 100 år etter biokull innholding møkk er spredt på jorda *	t CO ₂ -e år ⁻¹ reduksjon fra biokull andel i husdyrgjødsel lagret i jord	t CO ₂ -e år ⁻¹ med 4% CH ₄ reduksjon + C lagrings effekt
1%	1,123,732	10	9,6	5619	5664	20 729	26348
2,3%	1,123,732	10	9,6	5619	13026	47 676	53295
4,6%	1,123,732	10	9,6	5619	26053	95 353	100 972

*Tabell er modifisert for norske forhold fra Kammann et al. (2017). Det forutsettes en 80% C innhold i biokull tilsatt til dyrefôr, at det er ca. 70% andel av karboninnhold som er motstandsdyktig mot nedbryting over en 100-års periode (Lehmann et al. 2015, Camps-Arbestain et al. 2015), og for å være konservativ at CH₄ reduksjon blir ikke mer redusert ved høyere biokull % innblanding. Det forutsattes at det er kun mulig å tilsette biokull til fôr når dyrene er holdt innendørs (50% av året for sau).

Kostnad knyttet til dette tiltaket er fortsatt ukjent, men hvis de anekdotiske fordelene beskrevet (forbedret dyrehelse og redusert antibiotika-forbruk) fra Østerrike også blir tilfelle i Norge, så vil disse fordelene spare kostnader for bønder og muligens betale for den ekstra kostnaden knyttet til biokulltilsetning til dyrefôr.

Videre arbeid og forskningsbehov

I mai 2019 skal det gjennomføres et nytt pilotprosjekt, der det samme kraftfôret med 0 og 4,6 % biokull brukt fra dette forsøket benyttes i et nytt fôringsforsøk. Pilotprosjektet vil gi noen indikasjoner på om biokull kan redusere metangassproduksjonen hos sau, som det vil være aktuelt å jobbe videre med i et hovedprosjekt. Pilotprosjektet skal

¹ SSB: <https://www.ssb.no/jordhus>



gjennomføres som en del av en ERASMUS-utveksling med forsker Özge Sizmaz fra Tyrkia.

Forskningsbehovet er stort for dette temaet. Vi ser behov for in vivo studier som kan kartlegge effekt av biokull på enterisk CH₄, og undersøke mekanismer bak effekten. I tillegg trengs det undersøkelser av effekten av biokull nedstrøms i verdikjeden (effekt på CH₄-utbytte i biogassanlegg, og gjødselvirkning og drivhusgasser fra husdyrgjødsel anriket med biokull spredt på jorda). Dette kan gi et mer komplett bilde av klimanytte av biokullinnholdige dyrefôr.

Oppskriften for den beste biokull-fôr blandingen burde utforskes, da biokull lagd av forskjellige planterester og under forskjellige pyrolyseforhold har forskjellige egenskaper. Bruk av biokull sammen med ferment anvendt i Tyskland og Sveits er et veldig interessant område hvor det er stor behov for videre forskning. Om biokull alene har like gode effekt på fôropptak og dyrehelse, som rapportert av bønder som bruker biokull sammen med fermentert fôr, er fortsatt ikke klart.

Referanser

- Budai, A., Rasse, D.P., Lagomarsino, A., Lerch, T.Z., Paruch, L. 2016. Biochar persistence, priming and microbial responses to pyrolysis temperature series. *Biology and Fertility of Soils*, 1-13.
- Budai, A., Wang, L., Gronli, M., Strand, L.T., Antal, M.J., Abiven, S., Dieguez-Alonso, A., Anca-Couce, A., Rasse, D.P. 2014. Surface Properties and Chemical Composition of Corncob and Miscanthus Biochars: Effects of Production Temperature and Method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **62**(17), 3791-3799.
- Cabeza, I., Waterhouse, T., Sohi, S., Rooke, J.A. 2018. Effect of biochar produced from different biomass sources and at different process temperatures on methane production and ammonia concentrations in vitro. *Animal Feed Science and Technology*, **237**, 1-7.
- Camps-Arbestain, M., Amonette, J.E., Singh, B., Wang, T., Schmidt, H.-P. 2015. *A Biochar Classification System and Associated Test Methods*. J Lehmann and S Joseph; Routledge, New York, NY, United States(US).; Pacific Northwest National Lab. (PNNL), Richland, WA (United States).
- Joseph, S., Pow, D., Dawson, K., Mitchell, D.R.G., Rawal, A., Hook, J., Taherymoosavi, S., Van Zwieten, L., Rust, J., Donne, S., Munroe, P., Pace, B., Graber, E., Thomas, T., Nielsen, S., Ye, J., Lin, Y., Pan, G., Li, L., Solaiman, Z.M. 2015. Feeding Biochar to Cows: An Innovative Solution for Improving Soil Fertility and Farm Productivity. *Pedosphere*, **25**(5), 666-679.
- Kammann, C., Ippolito, J., Hagemann, N., Borchard, N., Cayuela, M.L., Estavillo, J.M., Fuertes-Mendizabal, T., Jeffery, S., Kern, J., Novak, J., Rasse, D., Saarnio, S., Schmidt, H.-P., Spokas, K., Wrage-Mönnig, N. 2017. Biochar as a tool to reduce the agricultural greenhouse-gas burden – knowns, unknowns and future research needs. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, **25**(2), 114-139.
- Lehmann, J., Joseph, S. 2015. *Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation*. Taylor & Francis.
- Leng, R.A., Inthapanya, S., Preston, T.R. 2012a. Biochar lowers net methane production from rumen fluid in vitro. *Livestock Research for Rural Development*, **24**.
- Leng, R.A., Preston, T.R., Inthapanya, S. 2012b. Biochar reduces enteric methane and improves growth and feed conversion in local “Yellow” cattle fed cassava root chips and fresh cassava foliage. *Livestock Research for Rural Development*, **24**.
- Rasse, D.P., Budai, A., O’Toole, A., Ma, X., Rumpel, C., Abiven, S. 2017. Persistence in soil of Miscanthus biochar in laboratory and field conditions. *PLOS ONE*, **12**(9), e0184383.
- Rogovska, N., Laird, D., Cruse, R., Fleming, P., Parkin, T., Meek, D. 2011. Impact of Biochar on Manure Carbon Stabilization and Greenhouse Gas Emissions. *Soil Science Society of America Journal*, **75**(3), 871-879.
- Schmidt, H.-P., Kammann, C., Gerlach, A., Gerlach, H. 2016. Der Einsatz von Pflanzenkohle in der Tierfütterung. *Ithaka Journal*, 364-394.
- Tine Rådgiving. 2012. Förlingsstrategier, Vol. 26.01.2019, TINE RÅDGIVING.
- Toth, J.D., Dou, Z. 2016. Use and Impact of Biochar and Charcoal in Animal Production Systems. in: *Agricultural and Environmental Applications of Biochar: Advances and Barriers*, (Eds.) M. Guo, Z. He, S.M. Uchimiya, Soil Science Society of America, Inc. Madison, WI, pp. 199-224.
- Van, D.T.T., Mui, N.T., Ledin, I. 2006. Effect of method of processing foliage of Acacia mangium and inclusion of bamboo charcoal in the diet on performance of growing goats. *Animal Feed Science and Technology*, **130**(3), 242-256.
- Weber, K., Eichenauer, S., Stadlbauer, E., Schulten, M.-A., Echterhof, T., Kammann, C., Schmidt, H.-P., Gerlach, A., Gerlach, H. 2016. Verwendung von Biomassekarbonisaten. in: *Biokohle: Herstellung, Eigenschaften und Verwendung von Biomassekarbonisaten*, (Eds.) P. Quicker, K. Weber, Springer Fachmedien Wiesbaden. Wiesbaden, pp. 213-346.