

GRØN VIDEN

FORBRÆNDING AF SEPARERET HUSDYRGØDNING I MINDRE FYRINGSANLÆG

DJF HUSDYRBRUG NR. 50 • JUNI 2009



DET JORDBRUGSVIDENSKABELIGE FAKULTET

AARHUS UNIVERSITET



FORBRÆNDING AF SEPARERET HUS- DYRGØDNING I MINDRE FYRINGS- ANLÆG

EFFEKT AF SAMFYRING AF GYLLEFIBRE OG HALM PÅ ENERGIUDNYTTELSE OG MILJØPÅVIRKNING

Landbruget anvender i stigende omfang gylleseparering for at sikre god udnyttelse af gyllens gødningsværdi og for at reducere miljøbelastningen. Ved separering opdeles gyllen dels i en eller flere vandige fraktioner, som indeholder størstedelen af gyllens kvælstof, og dels i en fiberfraktion som indeholder størstedelen af tørstof, fosfor og organisk bundet kvælstof i gyllen.

Fiberfraktionen fra separeret gylle udnyttes i dag primært som jordforbedrende, fosforholdig gødning til planter, eller den anvendes i biogasanlæg for at øge tørstofindhold og biogasproduktion.

I områder med høj husdyrtæthed, hvor der er overskud af fosforgødning, kan det være vanskeligt at opnå en god udnyttelse af fiberfraktionen. Her kan forbrænding komme på tale. Ved forbrændingen produceres CO₂-neutral energi, og fosforen opkoncentreres i forbrændingsasken, som eventuelt kan indgå i gødningsproduktion.

Formålet med undersøgelsen beskrevet i denne Grøn Viden var at afklare,

- hvilke blandingsforhold, der er praktisk mulige og mest optimale for afbrændingen
- hvordan forskellige fibertyper og blandingsforhold mellem halm og fiber påvirker energiudnyttelsen og miljøpåvirkningen ved samfyring med halm og gyllefiber

- hvordan blandingsforholdet påvirker miljøet i form af partikelforurening og udledning af kvælstof (NO_x).

Fyringsanlæg

Blandingen af halm og fiberbiomasse blev afbrændt i et forsøgsanlæg med et 200 kW REKA stokerfyr. Kedlen er med vandrerist og forsynet med blæsere til indblæsning af henholdsvis under- og overforbrændingsluft. I kedlens forbrændingskammer var der i forhold til en standardkedel lavet en ekstra udmuring for at optimere forbrændingen af de fugtige fibre.

Halmen blev oprevet med en REKA halmklipper, før den med en snegl styret af et variatorgear blev indført i kedlen. Fiberen blev via en doseringsnegl automatisk indført i halmtransportsystemet umiddelbart over udløbet af sneglen fra halmklipperen. Ved den videre transport ind mod kedlen blev fiber og halm blandet sammen. Stokerfyret var udstyret med et automatisk indføringssystem, der regulerede indfyringen af biomassen i forhold til iltindholdet i røgen.

For hvert blandingsforhold og fibertype blev energiefektivitet og emission bestemt ved kontinuerle online målinger. Alle målinger blev gennemført under minimum 5 timers stabile forbrændingsforhold.



Figur 1. Forsøgsanlægget på Forskningscenter Bygholm, Institut for Jordbrugsteknik, blev anvendt til undersøgelsen med samfyring af gyllefibre og halm

Brændsel

Tørstofindhold og brændværdi i fiberfraktionen afhænger af den benyttede separationsteknologi og af gylletypen, men under normale forhold er tørstofindholdet i fiberfraktionerne mellem 20 og 30 % tørstof.

Gyllefibrene i undersøgelsen var af tre forskellige typer. Det første parti var afgassede fibre fra Fangel biogas-anlæg (Fangel). Fiberfraktionen produceres her med dekantercentrifugering. De to andre partier af gyllefibre blev produceret ved separering af ubehandlet slagtesvinegylle med henholdsvis et kommercielt Kemira separeringsanlæg med kemisk fældning og skruepresning (Kemira) og et kommercielt West Falia dekantercentrifugeringsanlæg (West Falia).

Den benyttede hvedehalm havde fået en del regn på marken inden presningen. Når halm udvaskes af regn inden presningen, bliver den mere velegnet til forbrænding. Vandindholdet var 13-14 %, og askeindholdet var 2-3 %.

Der var stor forskel på de tre typer gyllefibre. Kemira fibre virkede meget klæge og var næsten flydende, mens West Falia fibre var meget smuldrede og mindede mere om spagnum. Fangel fibre var ligeledes ret smuldrede, men mere klæbrige end West Falia fibre. Det fremgår af tabel 1, at brændværdien var højere i Kemira fibre end i West Falia fibre, mens tørstofindholdet i begge typer udgjorde knap 25 %. Der blev ikke bestemt brændværdi i Fangel fibre, men den anførte brændværdi i tabellen er beregnet på baggrund af den målte energiproduktion ved forbrændingsforsøget. Den lavere brændværdi og det højere askeindhold i Fangel fibre skyldes sandsynligvis tab af kulstof ved både afgasning og efterfølgende lagring.

Forbrændingseffektivitet

For at fastslå, om der reelt var et netto energioverskud ved forbrændingen af gyllefibre i dette anlæg, blev der for to af typerne udført forbrændingsforsøg med henholdsvis lavt og højt indhold af gyllefibre i det indfyrede brændsel. Ved Fangel fibre blev der kun udført forsøg med højt indhold af fibre. På baggrund af brændværdianalyser for Kemira og West Falia fibre kunne kedlens virkningsgrad bestemmes for disse forsøg. For sammenligningens skyld blev kedlens virkningsgrad desuden bestemt ved fyring med ren halm. De vigtigste resultater er vist i tabel 2.

Virkningsgraden af biomasserne var tæt på 80% uanset typen. Ved indfyring af en stor mængde dekanterfiber faldt virkningsgraden til 76,5 %, hvilket sandsynligvis skyldtes et højt tab af CO i røgen og dermed tab af kulstof. Den forholdsvis store indfyring af fiber lod til at forhindre en optimal forbrænding af biomassen. Til

Brændsel	Gylletype	Separationstype	Tørstof %	Aske % af ts	Brændværdi	
					MJ kg ts ^{-1 1)}	MJ kg ^{-1 2)}
Fangel	Bioforgasset	Dekanter	30-35	29-35	8,8 ³⁾	-
Kemira	Slagtesvin	Kemisk fældning	24	15	19,5	2,8
West Falia	Slagtesvin	Dekanter	23	16	16,5	2,2
Halm			86	3	17,8	16,0

¹⁾ Angivet som procent af tørstof - ²⁾ Effektivitet (nedre) brændværdi i våd prøve - ³⁾ Beregnet på grundlag af målt energiproduktion ved fyrringsforsøg
Tabel 1. Brændværdi og indholdet af tørstof og aske i de anvendte brændsler. Brændværdien er opgjort henholdsvis per kg tørt brændsel (MJ kg ts⁻¹) og per kg vådt brændsel (MJ kg⁻¹)

Brændsel	Mængde af gyllefibre ¹⁾ %	Kedeleffekt (total) kW	Kedeleffekt (fra fibre) kW	Virkningsgrad %	CO ²⁾ i røggas ppm	NO _x ²⁾ i røggas ppm	Støvemission ³⁾ mg/nm ³
Fangel	54	207	21,5	-	1145	-	2000
Kemira	33	239	22,7	80,1	561	458	2007
Kemira	55	228	40,1	80,1	959	345	2586
West Falia	27	237	10,4	79,9	405	462	1496
West Falia	38	231	17,6	76,5	1279	346	2423
Halm	0	230	0	78,1	280	-	650
Halm	0	246	0	77,6	473	432	876

¹⁾ Vægtprocent regnet på fugtigt brændsel - ²⁾ Ved 10 % ilt i røgen - ³⁾ Ved 0°C og 1013 millibar

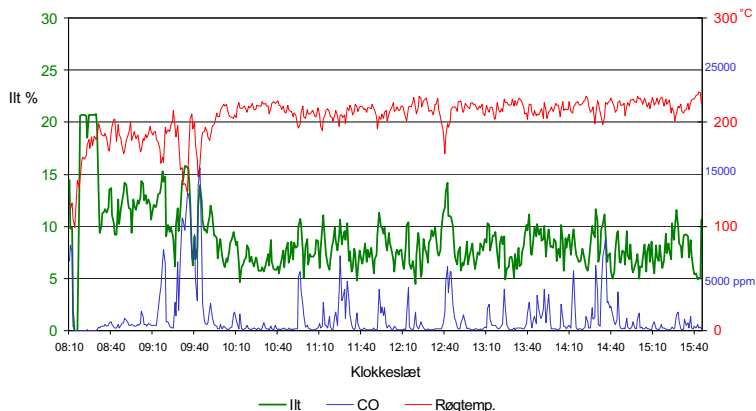
Tabel 2. Forbrændingsforsøg med gyllefibre og med halm

sammenligning var kedlens virkningsgrad i gennemsnit 77,9 % ved fyring med ren halm. Denne virkningsgrad forekommer dog at være en smule for lav for den pågældende kedel i standard udførelse. Det må skyldes, at varmeafgivelsen i brændkammeret pga. den ekstra udmuring var lavere end i en standardkedel ved normal fyring med ren halm.

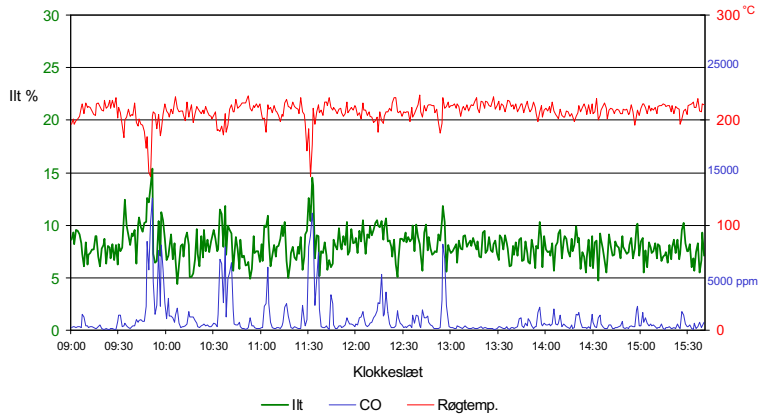
Det ses, at langt den største del af kedeleffekten på ca. 235 kW kommer fra halmen, mens der kun kommer ca. 10 – 40 kW fra fiberfraktionen, svarende til 4 – 18 % af den totale kedeleffekt.

Den forholdsvis store forskel på den maksimalt opnåelige mængde af fiber i brændslet for de to typer af ikke-bioforgassede gyllefibre må tilskrives forskellen i

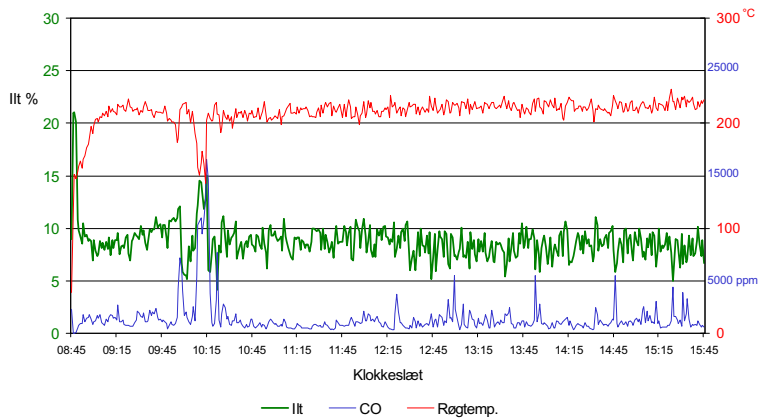
struktur og i brændværdi. Den meget klæge Kemira fiber blev ved med at hænge sammen i klumper under transporten gennem indfyringssneglene, mens de mere smuldrede West Falia fibre blev blandet homogent op med halmen i sneglene. Ved indføring af Kemira fibre forblev størstedelen af fibrenes fugtighed i klumperne, mens halmen blev ved med at være forholdsvis tør og derfor havde let ved at brænde. Ved West Falia fibre derimod blev en stor del af fibrenes fugtighed optaget af halmen, som derved blev ret fugtig inden den nåede brændkammeret, hvilket kan have hæmmet forbrændingsprocessen. Den lidt lavere brændværdi af West Falia fibre kan også være en medvirkende faktor. Hovedresultater fra forbrændingsforsøgene med gyllefibre er desuden vist grafisk i figur 2, 3 og 4. Figur 5 viser resultater fra et referenceforsøg, hvor der i anlægget



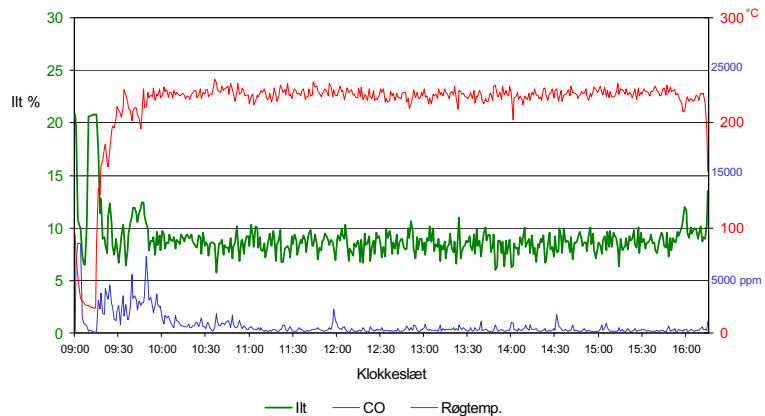
Figur 2. Koncentration af ilt og CO i røggas samt røgtemperatur ved forbrænding af halm og Fangel afgasset fiberfraktion



Figur 3. Koncentration af ilt og CO i røggas samt røgtemperatur ved forbrænding af halm og Kemira gyllefiberfraktion



Figur 4. Koncentration af ilt og CO i røggas samt røgtemperatur ved forbrænding af halm og West Falia gyllefiberfraktion



Figur 5. Koncentration af ilt og CO i røggas samt røgtemperatur. Referenceforsøg med forbrænding af halm i REKA forsøgsanlægget.

fyres med halm uden iblanding af gyllefibre. Figureerne viser røggassens temperatur og indhold af ilt og CO gennem en hel fyringstest. Kurverne kan ses som et udtryk for, hvor stabil og jævn forbrændingen var. Det fremgår, at der var tendens til lidt større udsving i ilt og CO under samfyring af halm og gyllefibre end ved forbrændingen af ren halm.

Emission af støvpartikler i røgen

Gyllefibre indeholdt 15 – 35 % aske i tørstoffet, mens halmen kun indeholdt ca. 3 % aske. En del af asken følger med røgen ud af kedlen, hvilket resulterede i en forholdsvis stor emission af støv fra skorstenen, når der blev fyret med gyllefibre. Der blev målt støvmængder på 1500-2600 mg pr. m³ røg. Emissionen af støv var stigende med stigende mængde indfyret fiber. En del af støvemissionen bestod af sorte delforbrændte fibre, som faldt ned i umiddelbar nærhed af skorstenen, og som f.eks. kunne ses på taget af en bil. Ved fyring med ren halm var støvemissionen til sammenligning 650-876 mg pr. m³ røg.

På grund af den store emission af støv vil der være behov for at forsyne forbrændingsanlæg der afbrænder husdyrgødningsfibre, med en eller anden form for røgrensning. Den synlige del af støvet vil sandsynligvis kunne fjernes med en cyklon, mens de meget små partikler fra halmen kun kan fjernes med et pose- eller elektrofilter eller evt. en røgvasker.

Udledning af NO_x (kvælstofilte)

Ved forsøgene med Kemira og West Falia gyllefibre blev emissionerne af NO_x bestemt i forbindelse med energimålingerne. Målingerne viste et NO_x-indhold på ca. 460 ppm ved lav mængde indfyret gyllefiber og et indhold på ca. 350 ppm ved høj mængde fiber. Til sammenligning var NO_x-indholdet ca. 430 ppm ved fyring med ren halm. Resultaterne tyder altså ikke på, at forbrænding af husdyrgødning sammen med halm øger emissionen af NO_x på trods af, at fyring med gyllefibre markant øger kvælstofindholdet af biomassen. Der blev derfor i flere omgange målt NO_x som funktion af den indfyrede fibermængde. Ved målingerne blev doseringen ændret for hver halve time. Resultaterne

viser, at koncentrationen af NO_x i røggassen er relativt uafhængig af mængden af indfyret fiber. Koncentrationen af NO_x i røggassen steg dog svagt indtil andelen af indfyret fiber nåede ca. 20 %, hvorefter koncentrationen faldt igen ved stigende andel fiber.

Ved nogle af NO_x målingerne blev temperaturen i brændkammeret under røgafgang målt ved hjælp af et termoelement. Målingerne viser, at NO_x kurven i hovedtræk følger temperaturkurven. Dette indikerer, at det snarere er temperaturen i brændkammeret end indfyringen af fiber, der er afgørende for indholdet af NO_x i røgen. Fra andre forbrændingssystemer er det kendt, at der ved en høj forbrændingstemperatur dannes NO_x ud fra luftens indhold af N₂ og O₂. I forbindelse med denne undersøgelse er det dog snarere en kombination af temperatur og fiberindhold, som er bestemmende for NO_x indholdet i røgen. Ved lavt indhold af fiber i den indfyrede biomasse er brændkammertemperaturen stadig høj, og NO_x indholdet stiger derfor i takt med det stigende indhold af kvælstof i brændslet. Ved indfyret af biomasse med et højt indhold af fiber, og dermed et højt vandindhold, falder forbrændingstemperaturen, hvilket betyder at NO_x indholdet i røggassen falder på grund af den lavere forbrændingstemperatur.

At temperaturen i brændkammeret tilsyneladende er lidt højere ved lave indhold af fiber end ved ren halm kan skyldes, at forbrændingen ved fyring med ren halm rykker helt tilbage i brændkammeret, hvor der ikke er udmuret, hvorfor en del af varmen afgives til kedelvæggen.

Udledning af N₂O (lattergas)

Koncentrationen af lattergas i ind- og udgangsluften fra forbrændingen blev bestemt ved N₂O gas detektorer (Kitagawa gas detection tubes), efter at forbrændingen havde forløbet konstant i mere end to timer. Alle analyser blev gentaget tre gange. Lattergasemissionen blev beregnet ved at sammenholde den gennemsnitlige lattergaskoncentration med den mængde luft, der blev udledt fra forbrændingskammeret.

Brændsel	Mængde af fibre %	Total-N mg/kg	NH ₄ -N mg/kg	Fosfor (P) mg/kg	Kalium (K) mg/kg
Kemira	33	155	<5,0	85.500	96.500
	55	575	6	99.000	57.500
West Falia	27	71	<5,0	76.000	85.000
	38	300	<5,0	104.000	90.000
Halm	-	120	<5,0	46.500	190.000

Tabel 3. Askens indhold af næringsstofferne kvælstof, fosfor og kalium

Resultaterne indikerede, at koncentrationen af lattergas i røgen steg ved samfyring med fibre. Ved fyring med ren halm blev røggassens N₂O (lattergas) koncentration beregnet til 1,5 ppm. Ved samfyring med husdyrgødningsfibre var den tilsvarende gennemsnitlige værdi 1,9 ppm. Resultaterne viste samtidig, at koncentration af lattergas varierede betydeligt over tid. Der er derfor behov for, at metoden til bestemmelse af udledningen af lattergas udvikles således, at der kan gennemføres en kontinuerlig online registrering af lattergaskoncentrationen i hele fyringsforløbet.

Næringsstofindhold i asken

Indholdet af næringsstoffer i asken blev bestemt ved at udtage to repræsentative prøver af asken efter hvert forbrændingsforsøg. Prøverne blev efterfølgende analyseret for indhold af totalt kvælstof (N), ammonium kvælstof (NH₄-N), total fosfor (P) og kali (K). Resultaterne fremgår af tabel 3.

Det fremgår at askens kvælstofindhold var lavt. Langt hovedparten af fiberens kvælstofindhold tabes altså under forbrændingen. En væsentlig del af brændslets fosfor- og kali indhold blev derimod bevaret i asken. I forbindelse med fosfor skal det nævnes, at aske fra forbrænding generelt har en lav plantetilgængelighed sammenlignet med fosfor i handelsgødning. Fosforen kan dog forventes at være plantetilgængelig på lang sigt. Der er igangsat forsøg med fosfortilgængelighed i aske fra de beskrevne forbrændingsforsøg.

Konklusion

Forsøgene har vist, at det med en enkel teknologi er muligt at afbrænde gyllefibre sammen med halm i et mindre stokerfyringsanlæg til halm. Fiberens høje vand-

procent betyder dog, at fiberen max. kan udgøre 50 % af den indfyrede masse. Afbrændingen af gyllefibre ved samfyring med halm bidrager positivt til varmereproduktionen. Selv med den størst mulige mængde indfyrede gyllefibre udgør energiproduktionen fra fibre dog kun ca. 20 % af kedlens totale energiproduktion, mens de 80 % kommer fra halmen. Ved tilsvarende fibermængde afbrændt i en kedel med røggaskondensering ville ca. 30 % af energiproduktionen komme fra fibre.

Samfyring af fiber og halm øgede ikke emissionen af NO_x sammenlignet med emissionen ved afbrænding af halm. Til gengæld viste det sig, at afbrænding af gyllefibre markant øgede støvemissionen fra skorstenen i forhold til emissionen fra afbrænding af halm. Støvet indeholder en vis andel af synlige sorte partikler, som vil kunne give gener ved nedfald på biler, vasketøj, terrassetage m.v. Ved et evt. kommercielt anlæg bør der derfor som minimum være en røggascyklon på kedlen.

Forskellen på forbrændingsegenskaberne for forskellige typer gyllefibre er stor, og der er behov for en nøjere kortlægning af, hvad der betinger den store forskel. Herunder bør det undersøges, om det er muligt at afbrænde en større andel af gyllefibre ved at indfyre dem på en måde, så de ikke afgiver fugtighed til halmen eller til evt. anden form for biobrændsel.

Undersøgelsen er gennemført på fyringslaboratoriet ved Institut for Jordbrugsteknik, Aarhus Universitet i samarbejde med AgroTech A/S og Landscentret, Plan & Miljø. Den er støttet af EU's landbrugsfond for udvikling af landdistrikterne og af Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Direktoratet for FødevarerErhverv.

RESUME

Ved gylleseparering deles gyllen i en flydende og en fast del. Den faste del kan enten bruges til gødning og jordforbedring eller til afbrænding. Afbrænding vil især være aktuel i områder med stor husdyrtæthed.

Tre forskellige typer gyllefibre er blevet afprøvet i fyringsforsøg. Fibrene blev blandet op med halm, og anvendt i et stokerfyr. Fibrenes værdi som brændsel blev bestemt, og der blev taget prøver af bl.a. udledning af lattergas, støv og kvælstofilte.

FORFATTERE

Erik Fløjgaard Kristensen

Jens Kristian Kristensen

Institut for Jordbrugsteknik

Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet

Aarhus Universitet

Postboks 50

8830 Tjele

Peter Sørensen

Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø

Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet

Aarhus Universitet

Martin Nørregaard Hansen

AgroTech A/S

Grøn Viden indeholder informationer fra Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet.

Grøn Viden udkommer i en mark-, en husdyr- og en havebrugsserie, der alle henvender sig til konsulenter og interesserede jordbrugere.

ABONNEMENT TEGNES HOS

Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet

Aarhus Universitet

Postboks 50, 8830 Tjele

Tlf. 89 99 10 28 / www.agrsci.au.dk

ADRESSEÆNDRINGER

meddeles særskilt til postvæsenet.

Claus Bo Andreasen (ansv. red.)

Jette Illkjær (red.)

LAYOUT OG TRYK

DigiSource Danmark A/S

ISSN 1397-9868