



HØST AF HALM+EFTERAFGRØDER TIL BIOGASPRODUKTION

STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug

En samlet høst af halm og efterafgrøder efter ribbehøst eller mejetærskning med høj kornstub kan være en mulighed for at gøre det rentabelt at høste biomassen til biogasproduktion

Konklusioner

- Stigende krav om at dyrke efterafgrøder gør det aktuelt at sikre et økonomisk afkast af efterafgrøden ud over den almindelige eftervirkning.
- Ved at efterlade en høj stub (ideelt set efter ribbehøst) og lade en forårsudlagt efterafgrøde vokse op i stubben kan der etableres så stor en samlet mængde biomasse, at den kan høstes til biogasproduktion.
- Selvom der er mange omkostninger forbundet med at bjærge halm+efterafgrøde som ensilage til biogasproduktion, vil gasudbyttet kunne give en lille gevinst til sædskiftets økonomi, især når man medregner efterafgrødens kvælstofværdi og jordforbedrende virkning.
- Da den økonomiske margin er lille, er det vigtigt at kunne høste en stor mængde biomasse. Der er derfor behov for at udvikle et praktisk og dyrknings sikkert system til produktion af ensilage af halm+efterafgrøde. Dyrkning af kornet med øget rækkeafstand med plads til udvikling af efterafgrøden, kombineret med ribbehøst og frakørsel i høstsporene kunne være et bud på, hvordan dette system kan se ud.

Dyrkning af efterafgrøder kan forbedre jordens frugtbarhed og reducere udvaskningen af

næringsstoffer, og i dansk landbrug dyrkes efterafgrøder oftest med henblik på miljøeffekten. I forbindelse med vedtagelsen af Landbrugspakken i 2015 og Naturpakken i 2016 er der sat fokus på at øge arealet med efterafgrøder, og der vil kunne søges tilskud til efterafgrøder på særlige målrettede miljøfølsomme arealer. Det forventes at øge arealet med efterafgrøder med 120.000-140.000 ha. Det vil være en økonomisk fordel, hvis man samtidig kan udnytte efterafgrøderne til produktion. Efterafgrøder kan ses som en biomasseressource, hvor den overjordiske del kan høstes og anvendes f.eks. til biogasproduktion (se artiklen [Efterafgrøder til biogas](#)). Det er imidlertid erfaringen fra både forsøg og praksis, at udbyttet af efterafgrøder er stærkt varierende, og selvom udbyttet kan optimeres på forskellige måder (se f.eks. artiklen [Optimering af biomasseproduktionen i efterafgrøder](#)), så er udbyttet ofte for lavt til, at det kan betale sig at høste biomassen til biogas (se artikel om [økonomi ved høst af efterafgrøder til biogas](#)).

En mulighed for at øge biomasseudbyttet, og dermed gøre det økonomisk interessant, kan være, at høste efterafgrøden sammen med en større eller mindre del af halmen fra den foregående kornafgrøde, så man får en blanding af halm+efterafgrøde. Dette koncept er bl.a. beskrevet i artiklen [Halm og efterafgrøde til biogas](#). Denne artikel belyser perspektiverne og de foreløbige erfaringer ved dette koncept.

VALG AF EFTERAFGRØDE OG UDLÆGSMETODE

Der er mange plantearter, der potentielt kan anvendes som efterafgrøder. I praksis anvendes ofte enten korsblomstrede arter som olieræddike eller gul sennep eller græsarter som alm. rajgræs. De korsblomstrede efterafgrøder udsås typisk først nogle få uger før høst af kornet eller lige efter høst af kornet, da de ville udvikle sig for kraftig ved forårsudlæg. Erfaringerne viser dog, at etableringen generelt er usikker, når frø af efterafgrøder udsås i juli måned og uden jordbearbejdning. Og hvis efterafgrøderne først sås efter høst af kornet, vil vækstsæsonen ofte være for kort til at nå et ordentligt udbytte.

Hvis biomasseproduktion udgør et vigtigt formål med efterafgrøderne, synes det mere oplagt med forårsudlagte efterafgrøder. Når efterafgrøder udlægges i vårsæd, opnås der generelt en god og sikker etablering. Efterafgrødernes tilvækst vil dog afhænge meget af, hvor kraftig kornafgrøden er, og balancen mellem korn og efterafgrøde kan bl.a. styres via udsædsmængden af korn. Normalt ønsker man ikke, at efterafgrøden bliver så kraftig, at den reducerer kornudbyttet alvorligt, men hvis man satser på at høste efterafgrøden, kan man mindske udsædsmængden af korn, evt. med et mindre tab af kornudbytte til følge. På lignende vis kan man formodentlig styre balancen mellem korn og efterafgrøde ved at dyrke korn med større rækkeafstand, hvor der så er bedre plads til efterafgrøden, evt. med radrensning i en periode før udsåning af efterafgrøden.

Som forårsudlagte efterafgrøder har italiensk rajgræs i forsøg generelt givet gode udbytter, men der kan formodentlig også anvendes produktive sorter af f.eks. alm. rajgræs eller hvidkløver og rødkløver. Med de gældende regler for pligtige og målrettede efterafgrøder må disse ikke indeholde bælgplanter. Har man yderligere marker med efterafgrøder, må der gerne isås f.eks.

kløver, som kan sikre en god vækst i efterafgrøden, hvor der er sparsomt med kvælstof tilbage i jorden.



Italiensk rajgræs (t.v.) og rødkløver (t.h.) som forårsudlagt efterafgrøde i vårbyg, fotograferet 30/6 2015 i forsøg ved Ølgod. Kornet blev efterfølgende ribbehøstet 12/8 2015, og kornstrå og efterafgrøder blev høstet samlet 13/10 2015. Det samlede udbytte af halm+efterafgrøder var 3,9 og 3,5 tons tørstof pr. ha i parceller med hhv. italiensk rajgræs og rødkløver. Heraf bidrog begge efterafgrøder med godt et ton tørstof pr. ha. (Foto: Søren Ugilt Larsen, Teknologisk Institut).



Rajgræs vokser godt til efter høst med høj stub, hvis der er kvælstof tilbage i jorden. Her er kornet høstet med høj alm. skærebord og høj stub. (Foto: Erik Fog, SEGES).



Rødkløver vokser frem i bunden af den høje halmstub. Rødkløver er særlig relevant ved lavt gødningsniveau. Det er dog endnu ikke tilladt at bruge bælgplanter i pligtige og målrettede

efterafgrøder. (Foto: Erik Fog, SEGES).

HØST AF KORN MED RIBBEBORD ELLER SKÆREBORD MED HØJ STUB

Hvis man ønsker at høste efterafgrøden sammen med halm af kornafgrøden, så skal kornstrået så vidt muligt efterlades stående efter kornhøsten. Dette kan enten opnås ved at høste med ribbebord eller ved at efterlade en høj stub ved høst med alm. skærebord.

Et ribbebord rykker kerner, aksdele og lidt blade af kornet men lader selve strået stå tilbage på marken.



Ribbehøstet vårbyg, hvor kun kernerne er fjernet (Foto: Erik Fog, SEGES).

Ribbebordet kan enten monteres på en finsnitter eller på en mejetærsker, og høstkapaciteten er generelt stor, da det kun er aksfraktionen, der skal igennem maskinen. På nuværende tidspunkt findes der kun ganske få ribbeborde i Danmark, og de bruges primært sammen med finsnittere til høst af korn 2-3 uger før modenhed og efterfølgende ensilering til f.eks. kalvefoder. Når kornet ribbehøstes lidt tidligere end ved modenhed, vil det i princippet give mulighed for lidt mere lys og bedre vækstbetingelser til efterafgrøder i bunden af kornet. I hidtidige forsøg har den tidligere ribbehøst af kornet dog ikke øget udbyttet af efterafgrøderne nævneværdigt sammenlignet med mejetærskning ved kornets modenhed. Ribbebordet vil som nævnt også kunne bruges på en alm. mejetærsker til høst ved kornets modenhed.





Høst af vâbyg med 24 fods ribbebord monteret på finsnitter. Ribbehøst blev foretaget 8/7 2014, ca. 3 uger før modenhed. Bemærk køresporene, hvor kornstrået bliver nedtromlet. (Foto: Søren Ugilt Larsen, Teknologisk Institut).



Detaljer fra et ribbebord. (Foto: Erik Fog, SEGES).

Som alternativ til høst med ribbebord kan kornet høstes med mejetærsker med alm. skærebord, hvor der efterlades en høj stub. Her løftes skærebordet så højt op som muligt uden at miste aks. Når der anvendes et bredt skærebord, og specielt hvis marken er ujævn, vil skærebordet ikke kunne løftes så højt op uden at risikere at miste aks. Derfor vil mængden af 'stående' halm også begrænses ved denne metode, og det skønnes, at mængden af strå til senere høst sammen med efterafgrøden kun vil være mellem halvdelen og to tredjedele sammenlignet med mængden efter ribbehøst. Den øverste del af strået, der høstes af mejetærskeren, bør snittes og fordeles for ikke at hæmme væksten af efterafgrøden.



Mejetærskning af vårhvede med høj stub, her ca. 40 cm stubhøjde. Strå længden var ca. 80 cm, men for at undgå tab af kornudbytte var det ikke muligt at sætte en stub på mere end godt 50 cm. Fotograferet 24/8 2014. (Foto: Søren Ugilt Larsen, Teknologisk Institut; Erik Fog, SEGES).

Uanset om kornet høstes med ribbebord eller skærebord, vil der opstå kørespor efter finsnitteren eller mejetærskeren, hvor strået tromles ned. Ved høst med et 24 fods ribbebord vil sporene udgøre omtrent 2 af de 7 meters skårbredde. Erfaringen er, at det nedtromlede strå kun i meget begrænset omfang rejser sig op igen i perioden fra kornhøst til høst af halm+efterafgrøde i oktober. Samtidig kan væksten for nogle efterafgrøder være begrænset i disse spor. Det er derfor vigtigt at minimere sporkørslen mest muligt, bl.a. ved at bruge et bredt ribbebord eller skærebord og ved at undgå unødigt kørsel i marken med frakørselsvogne. Hvis det ikke kan tilpasses, at frakørselsvognen under aflæsning af korn fra mejetærskeren kører i sporet fra finsnitter eller mejetærsker, kan det være nødvendigt at henlægge aflæsningen til forageren af marken, selvom det vil nedsætte høstkapaciteten.



Eksempel på ekstra sporkørsel med frakørselsvogn i en mark, hvor kornet er høstet med høj stub. Sporkørslen giver større tab af halm. (Foto: Erik Fog, SEGES).



Ribbehøstet hvedemark med rajgræsudlæg, fotograferet 28/9 2015. Strået ligger stadig ned i sporene fra ribbehøsten. (Foto: Søren Ugilt Larsen, Teknologisk Institut).

SAMLET HØST AF HALM+EFTERAFGRØDE

Efter høst af kornet kan efterafgrøden udvikle sig i halmstubben og på den måde forøge

biomasseudbyttet og samtidig opsamle næringsstoffer fra jorden. Blandingen af halm+efterafgrøde vil typisk skulle høstes omkring 1. oktober, hvor efterafgrødernes vækst aftager. Ved valg af høsttidspunkt er det vigtigt at tage hensyn til kørselsforholdene, så kørsel på våd jord og risiko for strukturskader på jorden så vidt muligt undgås. Da efterafgrødernes vækst aftager meget i løbet af oktober måned, er det bedre at høste lidt tidligere på relativt tør jordbund end at vente på yderligere tilvækst med risiko for nedbør og skader på jorden, især på jordtyper der er følsomme for køreskader. Høst af halm+efterafgrøder gøres enklest ved en skårlægning med efterfølgende finsnitning, hvorefter den snittede halm-efterafgrødemasse kan køres til ensilering ved biogasanlægget.



Høst af halm+efterafgrøde i forsøg ved Haverslev, fotograferet 13/10 2015. Efterafgrøderne var italiensk rajgræs eller rødkløver, der blev forårsudlagt i vårbyg, og kornet blev ribbehøstet 1/8 2015. Bemærk at strået i køresporene fra ribbehøsteren stadig ligger ned og ikke høstes med sammen med efterafgrøden. (Foto: Søren Ugilt Larsen, Teknologisk Institut).



Alvorlige køreskader efter høst af halm+efterafgrøder på for våd jord. (Foto: Erik Fog, SEGES).

ENSILERING AF HALM+EFTERAFGRØDE

Ensilering af blanding af halm+efterafgrøde praktiseres som ensilering af grovfoder. Det er vigtigt at få biomassen godt kørt sammen under indlægningen samt en god tildækning. Ved en god ensileringspraksis forventes energitabet under lagringen at være meget begrænset. Selvom biogasanlægget ikke er 'kræsent' mht. forekomst af skimmelsvampe m.m., så er det vigtigt, at udtagningsfladen ikke er for stor i forhold til det daglige forbrug af stakken, da eftergæring i udtagningsfladen medfører energitab.

Normalt er tørstofindholdet i efterafgrøder lavt (typisk under 20 %), og ved høst af ren efterafgrøde uden vejring vil tørstofindholdet derfor være for lavt til at undgå saftfløb under ensileringen. Når efterafgrøder høstes sammen med halm, vil halmen øge det gennemsnitlige tørstofindhold i blandingen, dvs. halmen vil absorbere saft fra efterafgrøderne. Tørstofindholdet vil afhænge af vejrforholdene ved høst samt blandingsforholdet mellem halm og efterafgrøde, hvilket igen afhænger af, hvor godt efterafgrøden er kommet, og hvor meget halm der er høstet med. I forsøg er der opnået tørstofindhold i intervallet 30 til 70 % i blandinger af halm+efterafgrøde men oftest mellem 35 og 45 %. Derfor synes der generelt ikke at være risiko for saftfløb ved ensilering af halm+efterafgrøde. Risikoen må dog vurderes i den konkrete situation, idet der godt kan forekomme situationer, hvor udlægget er blevet meget kraftigt, og hvor der måske er efterladt en middelhøj halmstub.



Ensilageprøve af grov-snittet halm+efterafgrøde, bestående af vårhvedehalm og alm. rajgræs. (Foto: Erik Fog, SEGES).



Ensileret halm-efterafgrøde blandes let ind i biogasanlægget. (Foto: Erik Fog, SEGES).

Metanpotentialiet i en blanding af halm+efterafgrøde vil afhænge af blandingsforholdet mellem halm og efterafgrøder samt metanpotentialiet i hver af de to komponenter. Metanpotentialiet kan variere mellem efterafgrøder, men normalt er det relativt højt, da planterne stadig er i den vegetative fase (Molinuevo-Salces *et al.*, 2013). Metanpotentialiet i halm er normalt væsentligt lavere, men da forholdet mellem halm og efterafgrøde kan variere betydeligt, er det vanskeligt at forudsige metanpotentialiet i blandingen. I et markforsøg i 2013 blev der fundet metanpotentialer i blandinger af halm+efterafgrøder i intervallet 154-223 m³ metan pr. ton VS (Molinuevo-Salces *et al.*, 2015).

Det er tænkeligt, at sam-ensilering af halm med grøn biomasse kan øge metanpotentialiet i halmfraktionen via en begyndende hydrolyse af halmen ved lavt pH. Hidtidige forsøg med sam-ensilering af halm+efterafgrøde har dog ikke vist tegn på væsentlige ændringer i metanpotentialiet i forhold til friske biomasseblandinger (Molinuevo-Salces *et al.*, 2015). Igangværende forsøg med ensilering af halm+efterafgrøde kan ventes at give mere viden om dette, herunder om der kan ske en hurtigere metanproduktion, når biomassen først er ensileret.

ØKONOMI

I en tidligere artikel, [Ensileret halm/efterafgrøde til biogas et interessant alternativ til almindelig halm](#), er der regnet på økonomien ved biogasproduktion baseret på halm, hvor ensileret halm+efterafgrøde er sammenlignet med biogasproduktion baseret på traditionelt bjærget halm, der har været gennem en brikettering, der er nødvendig, før det kan anvendes i biogasanlægget. Beregningen viser, at omkostninger til høst og forbehandling af biomassen beløber sig til 2,90 kr. pr. produceret m³ metan og for ensileret halm+efterafgrøde til 4,16 kr.

Det er især finsnitning og ensilering, der er en del dyrere end almindelig halmbjærgning. Dertil kommer udgifter til såning af efterafgrøden, som dog under alle omstændigheder vil være afholdt ved pligtige efterafgrøder. Hvis udsæd og såning trækkes ud af regnestykket, kommer halm+efterafgrøde ned på en pris på 3,17 kr./m³ metan.

Det kvælstof, som efterafgrøden opsamler, vil kunne anvendes i sædskiftet gennem forfrugtsværdi og kvælstof i den afgassede gødning fra biogasanlægget. Hvis denne kvælstofværdi sættes til 700 kr./ha (svarende til 100 kg N/ha) kommer nettoudgiften til produktion af biogas på halm+efterafgrøde ned på 2,39 kr./m³ metan. Disse beløb skal sammenlignes med salgsværdien af en kubikmeter metan på 4,50 kr. Biogasanlægget skal dog også have dækket deres omkostninger til håndtering af biomassen på anlægget. Hvis disse sættes til 125 kr./tons biomasse (Jensen, 2014), og denne pris lægges oven i omkostningerne til høsten, kommer omkostningerne til tør halm op på 3,50 kr./m³ metan og for halm+efterafgrøde inkl. kvælstofværdi på 3,78 kr./m³ metan. Halm+efterafgrøde får en større behandlingsafgift, fordi mængden af biomasse pr. ha er større. Der vil således være plads til en lille fortjeneste på 0,72 til 1,00 kr. pr. produceret m³ metan.

Hvis fortjenesten omregnes til potentialet pr. ha, giver det 675 kr./ha for traditionel halmbjærgning (672 m³ metan/ha) og 640 kr./ha for halm+efterafgrøde (893 m³ metan/ha).

Det kan således bidrage med et mindre økonomisk bidrag til planteproduktionen, at lade planteresterne omdanne til biogas, og samtidig bidrager man til at reducere CO₂-belastningen fra samfundet. Bruger man halm+efterafgrøde-modellen får man samtidig en større kulstoflagring i marken fra efterafgrødens rodmasse, hvilket også sikrer en frugtbar jord, selvom man sender halmen og efterafgrøden til afgang i biogasanlægget.

KILDER

Jensen, A. (2014). *Bånlev Biogas. Personlig kommunikation.*

Molinuevo-Salces, B., Larsen, S.U., Ahring, B. K. & Uellendahl, H. (2013). *Biogas production from catch crops: Evaluation of biomass yield and methane potential of catch crops in organic crop rotations. Biomass and Bioenergy, 59, 285-292.*

Molinuevo-Salces, B., Larsen, S.U., Ahring, B. K. & Uellendahl, H. (2015). *Biogas production from catch crops: Increased yield by combined harvest of catch crops and straw and preservation by ensiling. Biomass and Bioenergy, 79, 3-11.*