



ENSILERING AF HALM SAMMEN MED GRØN BIOMASSE TIL BIOGASPRODUKTION

STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Halm er en oplagt biomasseressource til biogasproduktion, men der er ofte behov for forbehandling for at øge metanpotentialet.

Ensilering af halm sammen med en grøn restbiomasse kan være en mulig forbehandling, der samtidig sikrer lagring af den grønne biomasse med lavt lagringstab.

SAMMENDRAG

Et amerikansk forsøg med ensilering af halm ved tilsætning af vand og melasse viste, at der ikke i sig selv er nok vandopløseligt sukker i halm til at sænke pH-værdien tilstrækkeligt. Det er derfor nødvendigt med tilsætning af en sukkerkilde for at få en god ensileringsproces. Forsøget viste også, at der kan være et stort tørstofstab på op mod 20 pct. under ensileringen, hvis ikke pH-værdien kommer ned under 5 og gerne ned tæt på 4.

I to danske forsøg med sam-ensilering af halm og roetop er metanpotentialet øget markant via 6-9 måneders ensilering. I blandinger med 10, 15, 20 og 25 pct. halm (friskvægtbasis) blev metanpotentialet øget med hhv. 16, 19, 20 og 31 pct. ved 35 dages udrådning og 19, 22, 23 og 34 pct. ved 65 dages udrådning. Den større ensilerings effekt i blandinger med højere halmandel formodes at skyldes, at ensileringen primært har effekt på halmfraktionen, og at der derfor er større potentiale for forbedring i blandinger med mere halm.

Ved ensilering i pilot-skala siloer af en blanding med 24 pct. halm og med 29,2 pct. tørstof i blandingen forekom der ikke noget saftafløb, og det gennemsnitlige massetab efter 6 måneders ensilering var 0,1 pct.. Dette bekræfter ældre forsøg, der viser, at risikoen for saftafløb fra halm+roetop er meget lille, hvis tørstofindholdet i blandingen er minimum 30 pct.. I et tredje

forsøg medførte sam-ensilering af halm og roetop ikke nogen klar stigning af metanpotentialiet, formodentlig fordi halmens metanpotentiale i forvejen var ret højt.

Et dansk forsøg med sam-ensilering af blandinger af vårbyghalm og efterafgrøde af enten italiensk rajgræs eller rødkløver viste, at pH-niveauet falder fint til et lavt niveau på 4,1-4,3 i løbet af ensileringen. Desuden steg metanpotentialiet signifikant med stigende ensileringstid, og i løbet af 10 måneders ensilering var stigningen på 9-12 pct..

Sam-ensilering af halm med grønne restbiomasser synes derfor at have et betydeligt potentiale som forbehandlingsmetode for halm til biogasproduktion. Der er dog brug for at klarlægge yderligere, hvordan sam-ensileringen gøres i praksis, så effekten optimeres og omkostningerne minimeres.

HALM ER INTERESSANT TIL BIOGASPRODUKTION

I biogasproduktion er der behov for at supplere gylle med mere energirig biomasse for at få en rentabel produktion. I Danmark er der en stor mængde halm, som ikke udnyttes, og da halm er kategoriseret som restbiomasse, er der ikke nogen lovgivningsmæssige restriktioner mht., hvor meget halm et biogasanlæg må anvende (i modsætning til anvendelsen af deciderede energiafgrøder). Der er derfor stor interesse for at anvende halm i biogasproduktionen. Der kan imidlertid være udfordringer ved at anvende halm i biogasanlæg. Dels har halm en vandskyende overflade og 'hulrum' med luft og kan derfor have tendens til at danne flydelag i biogasreaktoren, og dels er metanpotentialiet i halm generelt ret lavt. Begge dele kan tale for at foretage en forbehandling af halmen, før den indføres i biogasanlægget.

METANPOTENTIALIET I HALM ER GENERELT LAVT

Det teoretiske metanpotentiale for halm er 432 NL CH₄ pr. kg VS (Møller et al., 2004). I mange undersøgelser med batch-udråkning af hvedehalm er der dog opnået væsentligt lavere metanpotentiale af halm. I tabel 1 ses det opnåede metanpotentiale for hvedehalm i en række undersøgelser. Der er påfaldende stor variation i metanpotentialiet mellem undersøgelserne varierende fra 145 til 302 NL CH₄ pr. kg VS, svarende til en udnyttelse på mellem 34 og 70 pct. af det teoretiske metanpotentiale. Variationen i metanpotentiale kan skyldes forskellige betingelser ved de forskellige undersøgelser (se boks om analyse af metanpotentiale), f.eks. halmens partikelstørrelse, men umiddelbart ses der ikke nogen særligt klar tendens til, at mindre partikelstørrelse fører til højere metanpotentiale. Generelt er metanpotentialiet dog relativt lavt (i gennemsnit 224 NL CH₄ pr. kg VS), og det er stærkt ønskeligt at kunne udnytte en større andel af halmens teoretiske metanpotentiale. Dette er baggrunden for, at der arbejdes meget med at udvikle effektive og billige forbehandlingsmetoder til halm, f.eks. mekaniske eller kemiske metoder. Ensilering af halm kan også være en mulig forbehandlingsmetode, som

formodentlig virker ved, at der sker en begyndende hydrolyse af halm ved lavt pH-niveau.

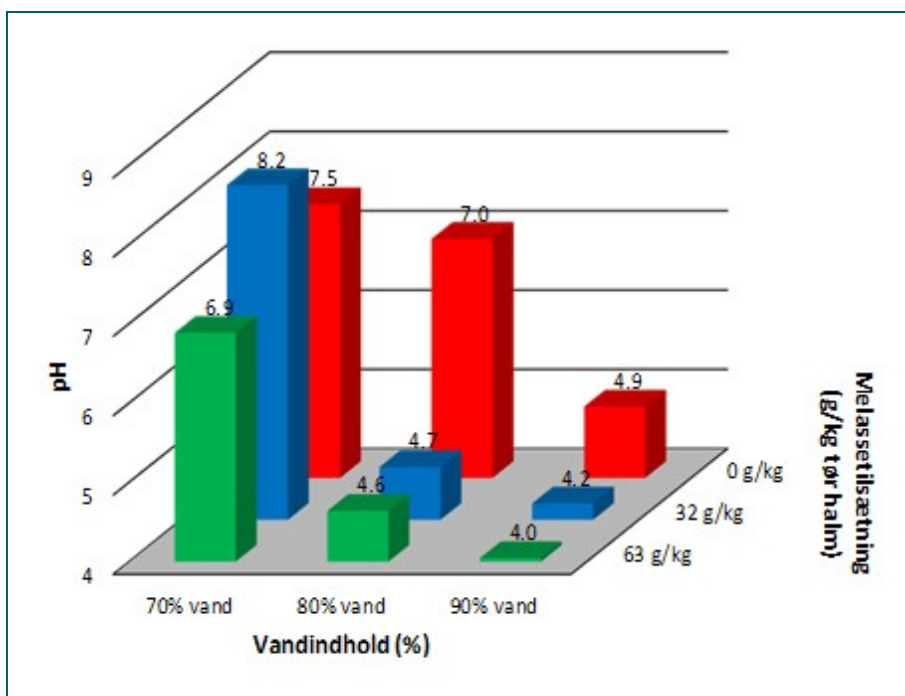
Tabel 1. Metanpotentiale for hvedehalm, opnået ved batch-test i en række studier. Analyserne er udført med forskellige partikelstørrelser og udrådningstider samt forskellige testtemperaturer, dog er der for 14 af de 15 værdier anvendt en udrådningstemperatur på mellem 35 og 40 °C. Det teoretiske metanpotentiale for halm er 432 NL CH₄ pr. kg VS (Tabel fra Larsen et al., 2017).

Kilde	Land	Partikelstørrelse	Batch-testens varighed (dage)	Metanpotentiale (NL CH ₄ pr. kg VS)	Udnyttelsesgrad af teoretisk metanpotentiale (%)
Møller et al., 2004	Danmark	Max. 30 mm	60	145	34
		Max. 1 mm	60	161	37
		Max. 1 mm	110	195	45
Menardo et al., 2012	Italien	Max. 50 mm	60	182	42
Sambusiti et al., 2013	Italien	Gnsn. 1 mm	31	204	47
Risberg et al., 2013	Norge	Max. 10 mm	25	170	39
		Max. 10 mm	60	240	56
Theuretzbacher et al., 2015a	Østrig	Max. 1 mm	48	210	49
Ferreira et al., 2014	Spanien	30-50 mm	42	239	55
		Max. 1 mm	42	232	54
Reilly et al., 2015	UK	Max. 10 mm	30	234	54
Theuretzbacher et al., 2015b	Østrig	Max. 5 mm	45	276	64
Leitner & Lindorfer, 2016	Østrig	Snittet m.kompostkværn	-	270	62
Kaparuja et al., 2009	Danmark	Max. 1 mm	60	297	69
Peng et al., 2014	Sverige	5 mm	30	303	70
<i>Gennemsnit</i>			50	224	52

DER SKAL SUKKER TIL EN ENSILERING

En god ensileringsproces er karakteriseret ved, at der hurtigt sker en dannelse af organiske syrer (især mælkesyre og eddikesyre), som sænker pH-værdien til et relativt lavt niveau, helst ned i nærheden af 4. En forudsætning for denne proces er, at der er tilstrækkeligt

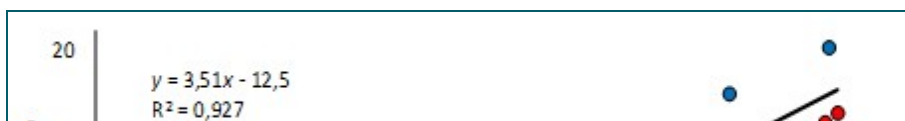
vandopløseligt sukker til stede i biomassen. Dette er illustreret i en amerikansk undersøgelse, hvor der er lavet småskala-forsøg med ensilering af hvedehalm med tilsætning af forskellige mængder vand og forskellige mængder sukker i form af melasse (Thompson et al., 2005). Halmen blev snittet til ca. 0,6 cm partikellængde, der blev tilsat vand til et vandindhold på enten 70, 80 eller 90 pct., og der blev tilsat enten 0, 32 eller 63 g melasse pr. kg tør halm. Melassen indeholdt 36 pct. sukrose, 5,6 pct. fruktose og 2,6 pct. glukose. Blandingerne blev ensileret i 83 dage, hvorefter der blev målt bl.a. pH-værdi og tørstof-tab. I figur 1 ses pH-værdien ved de forskellige behandlinger. Det var kun ved tilsætning af sukker og med det høje vandindhold, at pH-værdien nåede ned i nærheden af 4. Det konkluderes, at der ikke er nok vandopløseligt sukker tilgængeligt i halm til at der kan ske tilstrækkelig ensilering til at sikre et pH-fald.

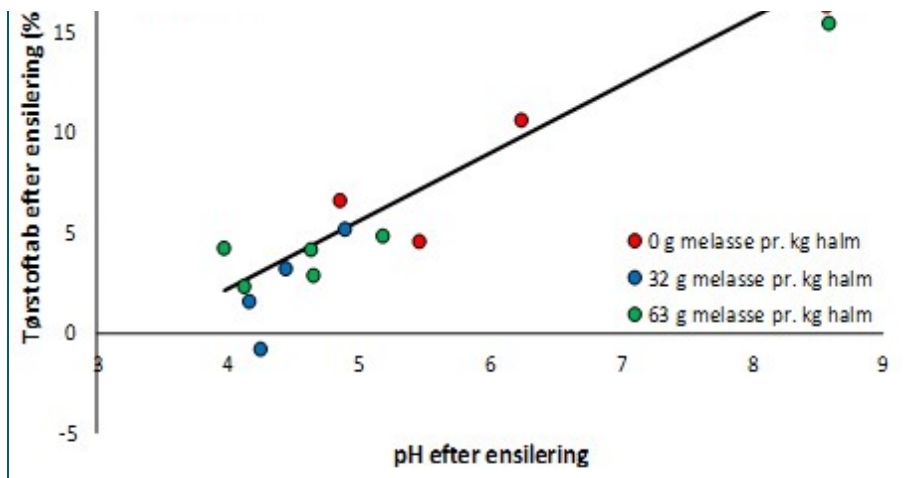


Figur 1. Effekt af vandindhold og melassetilsætning på pH efter 83 dages ensilering af snittet hvedehalm. pH i ikke-ensileret halm var 5.23. (Data fra Thompson et al., 2005).

Lav pH-værdi er vigtig for at minimere energitabet under ensilering

I den amerikanske undersøgelse havde prøverne med højest pH-værdi generelt en dårlig lugt af ammoniak og smørsyre, der tyder på, at der har været aktivitet af clostridium-bakterier, som kan trives, hvis pH ikke kommer langt nok ned, og som medfører betydeligt tørstof-tab. I figur 2 ses sammenhængen mellem pH-værdi og tørstof-tab efter 83 dages ensilering. I prøver med høje pH-værdier på op mod 9 var tørstoffabet mellem 15 og 20 pct., mens der for prøver med pH-værdier under 5 generelt ikke var tørstoffab på over 5 pct.. Dette illustrerer klart vigtigheden af at opnå en lav pH-værdi for at minimere tørstoffabet og dermed energitabet under ensileringsprocessen.

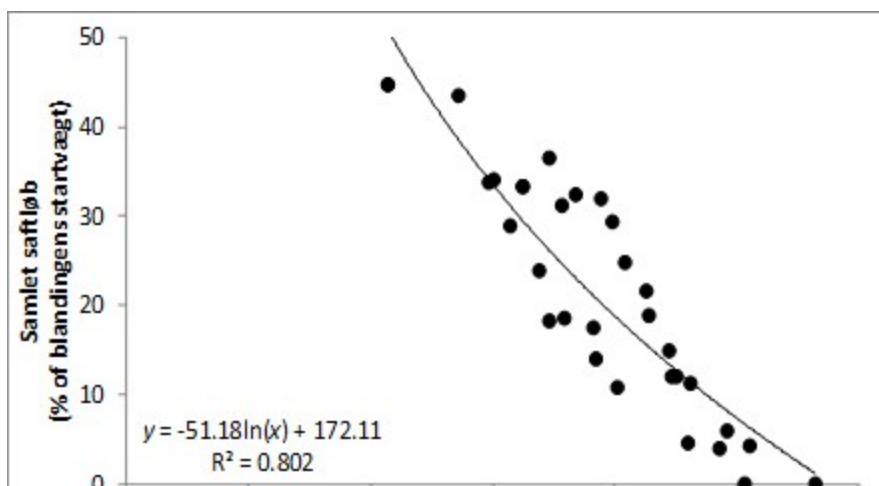




Figur 2. Sammenhæng mellem pH og tørstof tab efter 83 dages ensilering af snittet hvedehalm med forskellig tilsætning af vand og melasse. I tørstoffabet er ikke medregnet opløst tørstof. pH i ikke-ensileret halm var 5.23. (Data fra Thompson et al., 2005).

GRØNNE BIOMASSER HAR OFTE HØJT INDHOLD AF SUKKER OG VAND

Grønne biomasser har ofte relativt højt vandindhold (dvs. lavt tørstofindhold) og et pænt indhold af vandopløseligt sukker, dog afhængig af bl.a. planteart og udviklingstrin. Vandindholdet i visse grønne biomasser er så højt, at der vil være et betydeligt saftfløb fra ensilagen, hvis biomassen ikke enten fortørres, eller der iblandes saftopsugende biomasse. Dette gælder f.eks. for roetop med typisk 12-14 pct. tørstof og efterafgrøder med typisk omkring 15 pct. tørstof. Disse grønne, våde biomasser kan således bidrage med både sukker og vand, så der ved sammenblanding med halm kan ske en god ensileringsproces. Samtidig kan halmen fungere som absorberende biomasse, så den grønne biomasse kan lagres uden saftfløb. Tidligere forsøg med sam-ensilering af roetop og halm har vist, at saftfløbet reduceres, efterhånden som andelen af halm og dermed tørstofindholdet i blandingen øges, og hvis tørstofindholdet er oppe i nærheden af 30 pct., så er risikoen for saftfløb meget lille (figur 3).



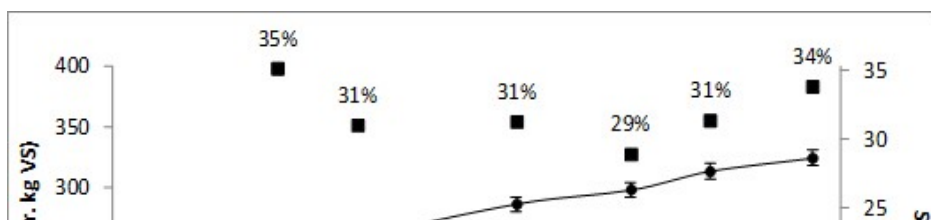


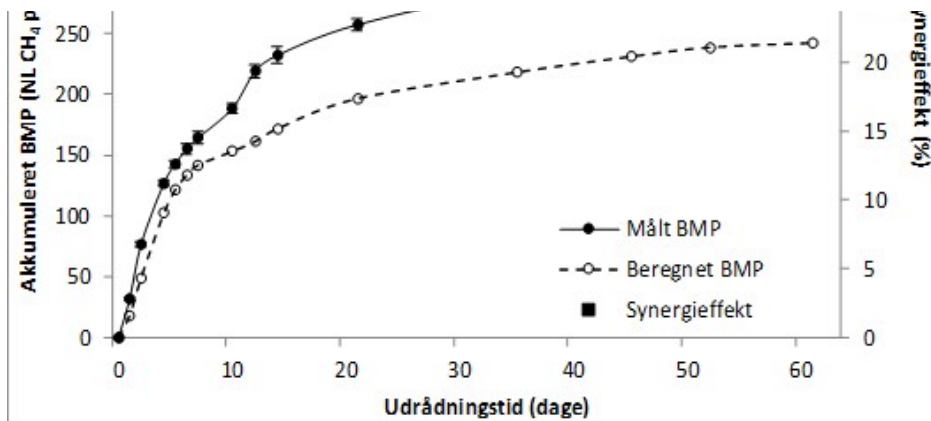
Figur 3. Sammenhæng mellem tørstofindhold ved start og samlet saftafløb ved ensilering af blandinger af roetop og halm (fra 0 til 20 pct. på friskvægtbasis). (Data fra Nørgaard Pedersen & Witt, 1979).

FORSØG MED SAM-ENSILERING AF HALM OG ROETOP

Roetop er i biogassammenhæng kategoriseret som restbiomasse, og må derfor ligesom halm bruges i ubegrænsede mængder i biogasproduktion. Der er i perioden 2013-2016 lavet flere forsøg med sam-ensilering af halm og roetop med fokus på anvendelse af ensilagen til biogasproduktion (Larsen et al., 2017). Der er i 2013-2014 lavet forsøg i vakuumposer med ensilering af halm og roetop i forskellige blandingsforhold med 10, 15, 20 eller 25 pct. halm på friskvægtbasis, svarende til hhv. 43, 54, 63 eller 69 pct. halmandel på tørstofbasis. Tørstofindholdet i blandingerne var hhv. 22, 25, 29 og 32 pct.. Halmen blev snittet til omtrent 2-4 cm partikellængde, mens roetoppen blev snittet i en Hay-Buster, hvorefter de to biomasser blev blandet i de planlagte blandingsforhold. Efter ensilering i 9 måneder, blev der målt metanpotentiale i blandingerne samt i ren, ikke-ensileret halm og i ren ensileret roetop (se boks om analyse af metanpotentiale). Ud fra andelen af de to biomasser i blandingerne og ud fra metanpotentialet i hver af de to rene biomasser blev der beregnet et forventet metanpotentiale ('beregnet BMP'), altså metanpotentialet uden sam-ensilering. I figur 4 ses kurver for det målte metanpotentiale og det forventede metanpotentiale for blandingen med 25 pct. halm og 75 pct. roetop. Det målte metanpotentiale var mellem 29 og 35 pct. højere end det forventede metanpotentiale, dvs. sam-ensileringen har medført en 'synergieffekt' på op til 35 pct. ekstra metanproduktion, lidt afhængig af udrådningstiden. For blandingerne med 10, 15 og 20 pct. halm var der ligeledes en positiv effekt af sam-ensileringen på metanpotentialet, om end knap så stor som for blandingen med 25 pct. halm. I figur 5 ses forventet og målt metanpotentiale i de forskellige blandinger, og synergieffekten var 16-31 pct. efter 35 dages udrådning og 19-34 pct. efter 61 dages udrådningstid.

Da roetoppen i sig selv har relativt højt metanpotentiale (433 NL CH₄ pr. kg VS i dette forsøg), formodes ensileringen primært at have haft en effekt på halm-fraktionen i blandingen. Hvis roetoppens metanpotentiale antages at være upåvirket af ensileringen, så er halmens metanpotentiale i princippet øget fra 178 NL CH₄ pr. kg VS for ikke-ensileret halm til 254-281 NL CH₄ pr. kg VS for ensileret halm, afhængig af blanding. Derfor synes der ikke at være nogen meget klar forskel i ensileringseffekten på halmfraktionen mellem de 4 blandinger i figur 4.





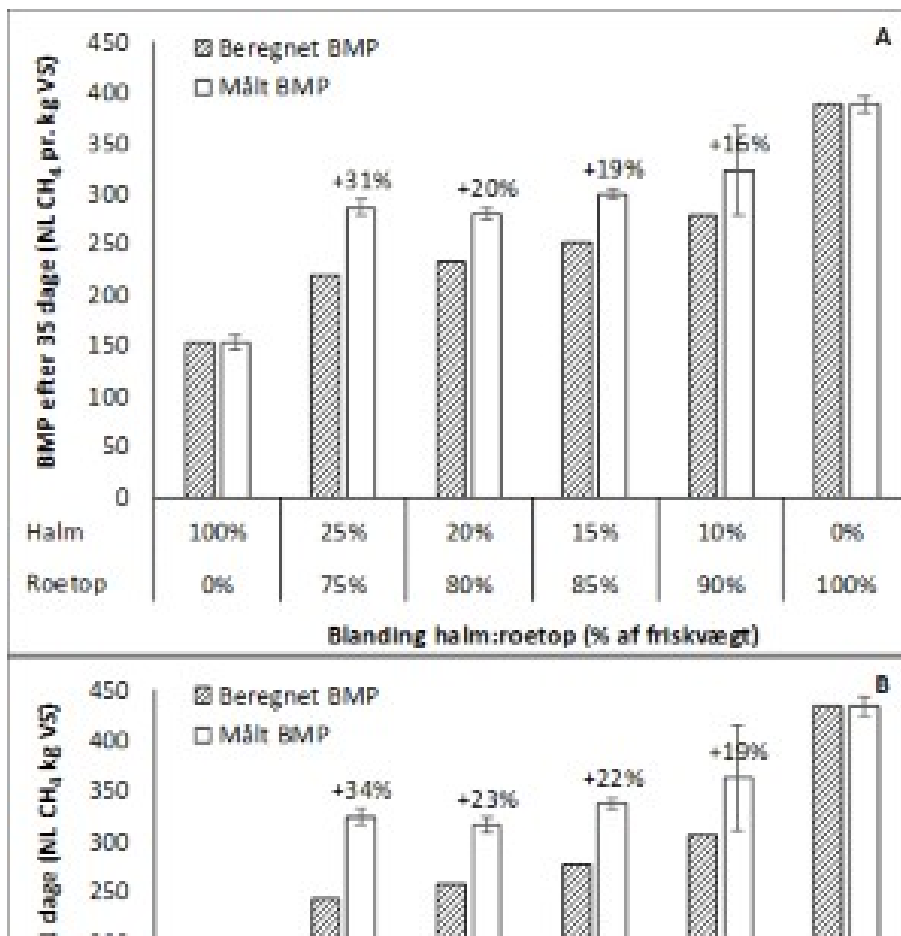
Figur 4. Akkumuleret metanpotentiale (BMP) for en blanding med 25 pct. halm og 75 pct. roetop

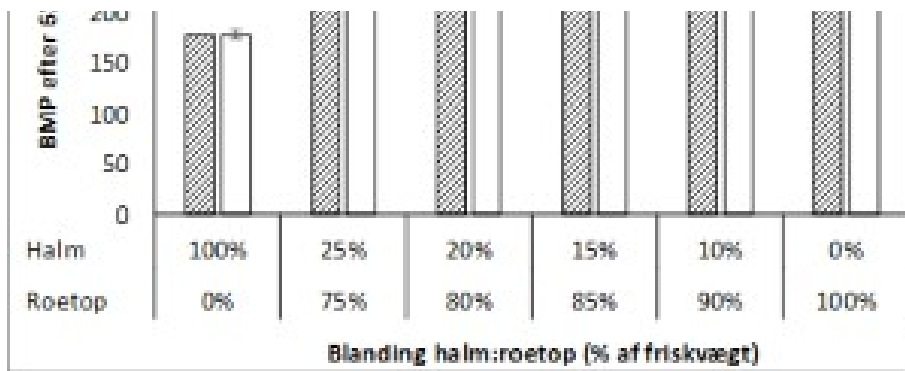
(friskvægt) efter 9 måneders ensilering i vakuumposeforsøg. Målt BMP er det målte metanpotentiale

i ensilagen, mens beregnet BMP er det forventede metanpotentiale, beregnet ud fra metanpotentialet

i ikke-ensileret halm og roetop og andelen af de to biomasser i blandingen. Synergieffekten udtrykker,

hvor meget metanpotentialet er øget ved ensileringen.



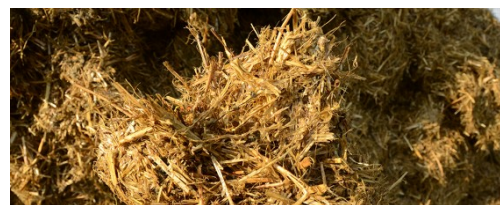


Figur 5. Målt og beregnet metanpotentiale (BMP) for forskellige blandinger af hvedehalm og roetop efter ensilering i vakuumposer i 9 måneder. Figur A og B viser metanpotentialet efter hhv. 35 og 61 dages udrådning i batch-test. Tal over søjlerne angiver synergieffekten ved ensilering, dvs. hvor meget højere metanpotentialet er i ensileret biomasse sammenlignet med ikke-ensileret biomasse.

Synergieffekten ved sam-ensilering af halm og roetop blev bekræftet i et forsøg i pilot-skala i 2015-2016, hvor der blev ensileret en blanding med 24 pct. halm og 76 pct. roetop på friskvægtbasis (hhv. 67 og 33 pct. på tørstofbasis) og med et tørstofindhold på 29,2 pct. i blandingen. Halm og roetop blev blandet og i nogen udstrækning snittet i en Trioliet fodermixer, hvorefter blandingen blev ensileret i 4 siloer på 3,3 m højde og med ca. 800 kg blanding i hver silo. Efter 6 måneders ensilering blev der målt metanpotentiale, og også i dette forsøg var der en klar synergieffekt, idet sam-ensileringen medførte 22-24 pct. højere metanpotentiale efter 20-58 dages udrådning. Der var ikke noget saftfløb fra nogen af siloerne, hvilket bekræfter, at risikoen for saftfløb fra halm+roetop er meget lille, når der er minimum 30 pct. tørstof i blandingen (jf. figur 3). For dels at minimere risikoen for saftfløb og dels at have tilstrækkeligt vand til at optimere ensileringseffekten (jf. det amerikanske forsøg med ensilering af halm med vand og melasse), så vurderes det at være hensigtsmæssigt at tilstræbe ca. 30 pct. tørstof i blandingen.

Som gennemsnit af de 4 siloer var der et massetab på 0,1 pct. i løbet af de 6 måneders ensilering. Da metanpotentialet er øget væsentligt pga. ensileringen, har dette mere end opvejet lagringstab, og samlet har der i lagringsperioden været en 'energigevinst' på 24 pct. (21-32 pct. afhængig af silo).

Det skal nævnes, at i en tredje forsøgsserie med sam-ensilering med halm og roetop blev der ikke opnået nogen klar synergieffekt ved ensileringen. Den manglende ensileringseffekt skyldes formodentlig, at i den serie var metanpotentialet i ikke-ensileret halm betydeligt højere (i niveauet 270 Nm³ CH₄ pr. ton VS), og det er givetvis vanskeligere at opnå en synergieffekt med et i forvejen højt metanpotentiale.





Billede 1 og 2. Sam-ensilering af halm og roetop i forsøg i 2015-2016. Til venstre ses den friske blanding, og til højre ses blandingen efter ensilering i 6 måneder i pilot-skala siloer. Ensilagen havde en god, syrlig lugt. (Foto: Søren Ugilt Larsen, Teknologisk Institut).

FORSØG MED SAM-ENSILERING AF HALM OG EFTERAFGRØDE

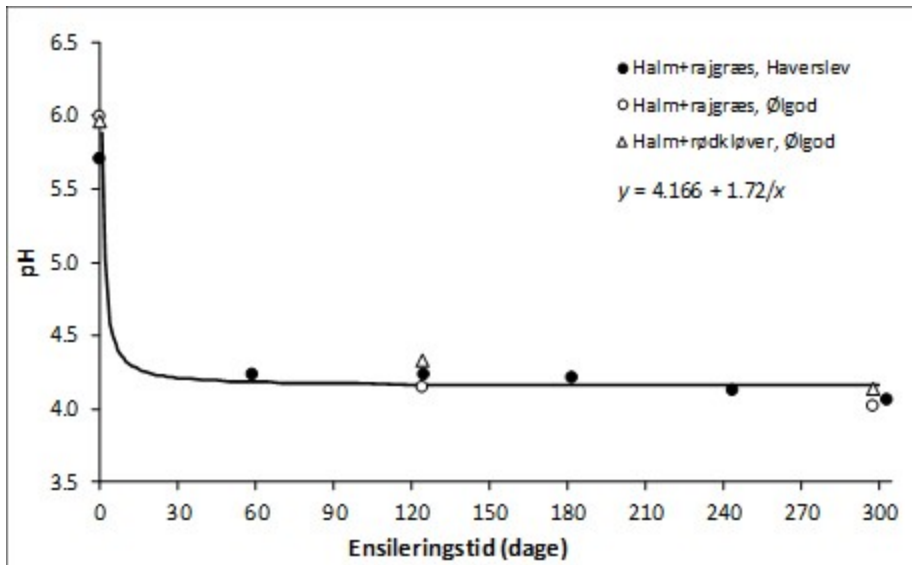
Efterafgrøder er ligesom roetop kategoriseret som restbiomasse, der må bruges ubegrænset i biogasproduktionen. Ofte er tørstofindholdet i efterafgrøder relativt lavt, og da det kan være vanskeligt at øge tørstofindholdet ved f.eks. forvejring på marken i oktober måned, er der risiko for saftafløb ved ensilering af ren efterafgrøde. Ved sam-ensilering med halm vil halmen kunne absorbere overskydende saft fra efterafgrøderne, og samtidig vil vand og vandopløseligt sukker fra efterafgrøden kunne sikre en god ensileringsproces. En mulig måde at få blandet halm og efterafgrøder kan være at høste kornet med ribbehøst eller mejetærskes det med høj stub, lade strået stå på marken indtil om efteråret, hvor halm og efterafgrøder kan finsnittes samlet og køres i ensilagestak ([se artikel om høst af halm og efterafgrøder til biogasproduktion](#)).

Der blev i 2015-2016 lavet forsøg med sam-ensilering af 3 blandinger af halm og efterafgrøder, hvor efterafgrøden var italiensk rajgræs i de to prøver (fra forsøg i hhv. Haverslev og Ølgod) og rødkløver i den tredje prøve (fra forsøg i Ølgod). Vårbyggen blev ribbehøstet enten 1/8 eller 12/8 2015, og vårbyg+efterafgrøder blev høstet samlet enten 12/10 eller 19/10 2015 (Larsen, 2015). Tørstofindholdet i de tre blandinger var 36-37 pct., og halmen udgjorde i størrelsesordenen 75, 50 og 45 pct. af tørstoffet i de tre blandinger.

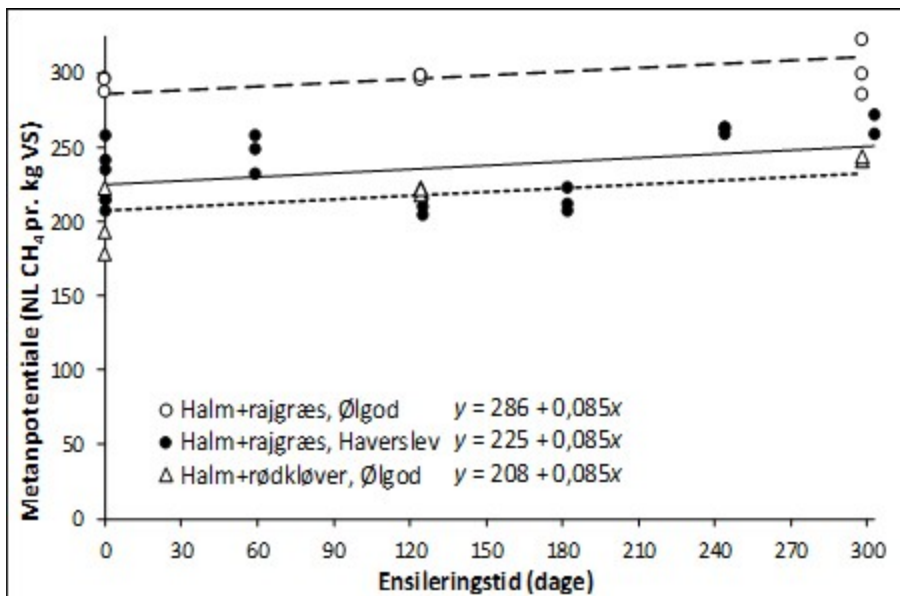
Blandingerne blev snittet groft, hvorefter prøver blev ensileret i vakuumposer i enten 0, 2, 4, 6, 8 eller 10 måneder, hvorefter de blev nedfrosset, indtil der blev målt pH-værdi og metanpotentiale i prøverne (se boks om analyse af metanpotentiale). Figur 6 viser udviklingen i pH-værdien afhængig af ensileringstiden, og pH-værdien var efter 2 måneder nede på et lavt niveau på 4,1-4,3 i alle blandingerne, hvorefter den forblev på et lavt niveau op til de 10 måneders ensilering. Dette tyder på, at der har været tilstrækkeligt vandopløseligt sukker til at opnå en god ensilering.

I figur 7 ses metanpotentialet i de tre blandinger afhængig af ensileringstiden, eksemplificeret ved 58 dages udrådningstid. Metanpotentialet varierede mellem de tre blandinger, og det højere metanpotentiale i halm+rajgræs fra Ølgodforsøget skyldes givetvis en større andel af efterafgrøde i denne blanding. Der var en signifikant stigning ($P < 0,001$) i metanpotentiale som funktion af ensileringstiden med en stigning på 0,085 NL CH₄ pr. dag pr. kg VS. Der var ingen tegn på, at ensileringen virkede forskelligt på de tre blandinger ($0,305 < P < 0,778$). Over 10 måneders ensilering svarede udviklingen til en stigning i metanpotentialet på 9-12 pct.. Ensilerings-effekten var derfor knap så stor som i forsøgene med sam-ensilering af halm og

roetop, men der er tale om en stigning, der formodentlig vil være større end lagringstabet i løbet af ensileringsperioden.



Figur 6. Udvikling i pH-værdi gennem 0 til 10 måneders sam-ensilering af vårbyghalm sammen med efterafgrøde af enten italiensk rajgræs eller rødkløver. Forsøg i 2015-2016.



Figur 7. Udvikling i metanpotentiale gennem 0 til 10 måneders sam-ensilering af vårbyghalm sammen med efterafgrøde af enten italiensk rajgræs eller rødkløver. Metanpotentialet er angivet for 58 dages udrådningstid. Forsøg i 2015-2016.





Billede 3 og 4. Til venstre ses samlet høst af vårbyghalm og italiensk rajgræs som efterafgrøde i forsøg ved Haverslev i 2015. Vårbyggen blev ribbehøstet i august, og i oktober blev halm og efterafgrøde høstet samlet. Til højre ses blandingen efter snitning, klar til at blive ensileret. (Foto: Søren Ugilt Larsen, Teknologisk Institut).

LOVENDE FORBEHANDLINGSMETODE – MEN HVORDAN PRAKTISERES DET BEDST?

Forsøgene med sam-ensilering af halm med enten roetop eller efterafgrøde tyder på, at sam-ensileringen generelt har en positiv effekt på metanpotentialitet med forbedringer på mellem 10 og 34 pct.. Dermed kan sam-ensilering vise sig at være et alternativ til andre former for forbehandling af halm til biogas. Der foreligger dog ikke nogen systematisk undersøgelse af, hvor meget sam-ensileringen evt. reducerer halmens tendens til at danne flydelag i biogasreaktoren. Ligeledes bør det afdækkes, hvor stort behov der er mht. at findele halmen og den grønne biomasse og mht. at opblende de to biomasser for at få en god ensilering. Samlet høst af halm og efterafgrøder vil give en naturlig opblanding, men ved sam-ensilering af halm og roetop er det relevant at undersøge, om det er tilstrækkeligt at indlægge skiftevis halm og roetop i ensilagestakken, samt hvor tykke lagene kan være, så halmen opsuger tilstrækkeligt saft fra den grønne biomasse. For at kunne udnytte sam-ensileringens muligheder er det afgørende, at der kan opnås en høj kapacitet og lave omkostninger ved høst, transport og sammenblanding af biomasserne.

Analyse af metanpotentiale

En biomasses metanpotentiale kan analyseres ved en såkaldt 'batch test': En mængde af biomassen blandes med en mængde af podemateriale (inokulum) fra reaktoren på et biogasanlæg, og blandingen får lov at 'udrådne' i en lukket beholder over en periode på f.eks. 60 dage. Gennem udrådningsperioden måles der løbende metanproduktion fra beholderen. Metanproduktionen gennem udrådningsperioden vises typisk som en kurve med akkumuleret metanproduktion, som f.eks. vist i figur 4.

Der kan generelt være store forskelle i resultaterne af metanpotentialeanalyser mellem forskellige laboratorier og endda mellem forskellige analyseserier indenfor samme laboratorium. Denne variation kan bl.a. skyldes forskelle i det anvendte podemateriale (hvilke populationer af bakterier der dominerer), men der kan også være forskelle i metodikken i analysen, f.eks. forskellig udrådningsstemperatur, forskelligt forhold mellem den testede biomasse (substrat) og podemateriale. Ligeledes kan findelingsgraden af biomassen gøre en forskel. Nogle af disse analyse-mæssige faktorer kan være medvirkende til den store variation i metanpotentiale i hvedehalm, der ses i tabel 1 – men variationen kan naturligvis også skyldes,

at der faktisk er forskel på metanpotentialiet mellem forskellige partier af hvedehalm.

I forsøgene med sam-ensilering af halm og roetop er prøver fra laboratorieskalaforsøgene og pilot-skalaforsøgene analyseret for metanpotentialer i to uafhængige laboratorier og med inokulum fra to forskellige biogasanlæg. At der opnås en positiv ensileringseffekt i samme størrelsesorden i begge disse uafhængige forsøg bestyrker, at sam-ensilering kan give en synergieffekt.

REFERENCER

Larsen, S.U. (2015). Efterafgrøder giver større udbytte, når kornet ribbehøstes, end når det mejetærskes ved modenhed. Oversigt over Landsforsøgene 2015, s.199-203.

Larsen, S.U., Hjort-Gregersen, K., Vazifehkhora, A.H. & Triolo, J.M. (2017). Co-ensiling of straw with sugar beet leaves increases the methane yield from straw. Artikel i Bioresource Technology, accepteret 18/8 2017.

Møller, H.B., Sommer, S.G. & Ahring, B.K. (2004). Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. Biomass Bioenergy 26, 485-495.

Nørgaard Pedersen, E.J. & Witt, N. (1979). Ensilering af bederoetop iblandet halm. Tidsskrift for Planteavl 83, 137-150 (Beretning nr. 1449 fra Statens Planteavlsforsøg).

Thompson, D.N., Barnes, J.M. & Houghton, T.P. (2005). Effect of additions on ensiling and microbial community of senesced wheat straw. Applied Biochemistry and Biotechnology, 121-124, 21-46.